

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально - науковий інститут екології
Кафедра екології та менеджменту довлілля

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

ЯКІСТЬ ПИТНОЇ ВОДИ З РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСТАЧАННЯ НА ТЕРИТОРІЇ ХОЛОДНОГІРСЬКОГО РАЙОНУ МІСТА ХАРКОВА

Виконав: студент 5 курсу, групи ЗДЕ-51

спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Автор _____ / Артур ШАХБАЗЯН

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Керівник _____ / Людмила БАСКАКОВА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / Костянтин КАРПЕЦЬ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

В. о. зав. кафедри _____ / Андрій АЧАСОВ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Валентина ШАПОВАЛОВА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / Раїса САВІЦЬКА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Харків – 2021 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра – екології та менеджменту довкілля
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність: 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

/ Андрій АЧАСОВ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«21» травня 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Артуру ШАХБАЗЯНУ

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Якість питної води з різних джерел постачання на території Холодногірського району міста Харкова

керівник роботи Людмила БАСКАКОВА, доцент
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «12» березня 2021 року № 0210-07/099

2. Строк подання студентом роботи «11» травня 2021 року

3. Перелік питань, які потрібно розробити.

1) Провести огляд літературних джерел з проблематики дослідження.

2) Провести аналіз нормативних документів, які регламентують вимоги до якості питної води в Україні.

3) Здійснити відбір проб питної води з різних джерел водопостача _____ Холодногірського району м. Харків.

4) Провести аналіз результатів за фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Огляд літературних джерел
2	Аналіз нормативних документів
3	Відбір проб питної води
4	Аналіз результатів

5. Дата видачі завдання «21» травня 2020 року

Студент _____ Артур ШАХБАЗЯН
(підпис) (ім'я і прізвище)

Керівник роботи _____ доц. Людмила БАСКАКОВА
(підпис) (посада, ім'я і прізвище)

АНОТАЦІЯ

ЯКІСТЬ ПИТНОЇ ВОДИ З РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСТАЧАННЯ НА ТЕРИТОРІЇ ХОЛОДНОГІРСЬКОГО РАЙОНУ МІСТА ХАРКОВА

Артур ШАХБАЗЯН

Кваліфікаційна робота «Якість питної води з різних джерел постачання на території Холодногірського району міста Харкова» містить 50 сторінок, 3 розділи, 9 таблиць, 14 рисунків, 59 використаних джерел та 2 додатки.

Мета роботи – оцінка якості питної води з різних джерел постачання на території Холодногірського району м. Харків.

Актуальність. Водопостачання у містах, де посилений антропогенний вплив, не завжди відповідає встановленим законодавством санітарно-гігієнічним нормам. В результаті вживання неякісної питної води і недотримання стандартів та норм, у організмі людини може з'явитися велика кількість специфічних захворювань. Тому моніторингові дослідження якості води, яку населення використовує для питних потреб, є нагальною і актуальною проблемою сьогодні для запобігання та уникнення згубних наслідків для здоров'я населення.

Завдання: дослідження передбачали: проведення огляду літературних джерел з проблематики дослідження; аналіз нормативних документів, які регламентують вимоги до якості питної води в Україні; здійснення відбору проб питної води з різних джерел водопостачання Холодногірського району м. Харків та проведення аналізу результатів за фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками.

Методи дослідження: польовий, атомно-абсорбційний, колориметричний, титриметричний, фотоколориметричний, метод титрування, методи аналітичних досліджень та статистичний метод обробки даних.

Результати. В результаті аналізу проб за органолептичними та фізико-хімічними показниками виявлено, що вода Холодногірського району м. Харків, відібрана з систем водопостачання: кранів у квартирах, питних гідрантів (колонок) та джерела у парку «Юність», не відповідає встановленим вимогам та

Примечание [k1]: Нумерація починається зі вступу. Налаштуйте ПРАВИЛЬНО поля
Левое – 2,5;
Правое – 1,0;
Верх/низ – 2,0.
Посмотрите по тексту, после установления полей, не поплы ли текс в таблицах. Проверьте на искажения все страницы, ОСОБЕННО первые 3: титулка и задание.

нормам за показниками загальної жорсткості та хлоридів, проба води із квартири №2 – за показником прозорості, проба води із джерела – за показником лужності. Для покращення якості води необхідно застосовувати додаткові засоби очищення. Концентрація важких металів у пробах води відповідає встановленим нормам. Сезон зима-весна не впливає на якість питної води, а вид джерела водопостачання: водопровід чи колонка, чи природне джерело впливає на показники загальної мінералізації, вміст марганцю та заліза.

ПИТНА ВОДА, ЯКІСТЬ ВОДИ, ВОДОПОСТАЧАННЯ, ДЖЕРЕЛО, ВОДО-
ПРОВІД, ВАЖКІ МЕТАЛИ

ANNOTATION

**QUALITY OF DRINKING WATER FROM DIFFERENT SOURCES OF
SUPPLY ON THE TERRITORY OF KHOLODNOGORSKY DISTRICT OF
KHARKIV**

Artur SHAKHBAZIAN

Qualification work «Quality of drinking water from different sources of supply on the territory of Kholodnohirsky district of Kharkiv» contains 50 pages, 3 sections, 9 tables, 14 figures, 59 used sources and 2 appendices.

Purpose: assessment of drinking water quality from various sources of supply in the Kholodnohirsky district of Kharkiv.

The urgency of the study. Water supply in cities where anthropogenic impact is increased does not always comply with sanitary and hygienic norms established by law. As a result of use of low-quality drinking water and non-observance of standards and norms, a large number of specific diseases can appear in a human body. Therefore, monitoring studies of the quality of water used by the population for drinking purposes is an urgent and urgent problem today to prevent and avoid detrimental effects on public health.

The objectives of the study included: a review of literature sources on the research; analysis of normative documents regulating requirements for drinking water quality in Ukraine; sampling of drinking water from various sources of water supply of Kholodnohirsky district of Kharkiv and analysis of results by physico-chemical and sanitary-toxicological indicators.

Research methods: field method, atomic absorption, colorimetric, titrometric, photocolorimetric, titration method, methods of analytical research and statistical method of data processing.

Results. As a result of analysis of samples by organoleptic and physicochemical parameters, it was found that the water of Kholodnohirsky district of Kharkiv, taken from water supply systems: taps in apartments, drinking hydrants (columns) and springs in the park «Youth», does not meet the requirements and standards for indicators of

total hardness and chlorides, water sample from the apartment №2 – in terms of transparency, water sample from the source – in terms of alkalinity. Additional cleaning agents must be used to improve water quality. The concentration of heavy metals in water samples meets the established standards. The winter-spring season does not affect the quality of drinking water, but the type of water supply systems: water or column, or springs affects the overall mineralization, manganese and iron content.

DRINKING WATER, WATER QUALITY, WATER SUPPLY, SOURCE,
PLUMBING, HEAVY METALS

АННОТАЦИЯ

**КАЧЕСТВО ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ РАЗНЫХ ИСТОЧНИКОВ
СНАБЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ХОЛОДНОГОРСКОГО РАЙОНА
ГОРОДА ХАРЬКОВА**

Артур ШАХБАЗЯН

Квалификационная работа «Качество питьевой воды из различных источников снабжения на территории Холодногорского района города Харькова» содержит 50 страниц, 3 главы, 9 таблиц, 14 рисунков, 59 использованных источника и 2 приложения.

Цель работы: оценка качества питьевой воды из различных источников на территории Холодногорского района города Харькова.

Актуальность исследования. Водоснабжения в городах, где усиленное антропогенное воздействие, не всегда соответствует установленным законодательством санитарно-гигиеническим нормам. В результате употребления некачественной питьевой воды и несоблюдения стандартов и норм в организме человека может появиться большое количество специфических заболеваний. Поэтому мониторинговые исследования качества воды, которую население использует для питьевых нужд, является насущной и актуальной проблемой сегодня для предотвращения и избежания пагубных последствий для здоровья населения.

Задачи исследования предусматривали: проведение обзора литературных источников по проблематике исследования; анализ нормативных документов, регламентирующих требования к качеству питьевой воды в Украине; осуществление отбора проб питьевой воды из различных источников водоснабжения Холодногорского района города Харькова и проведение анализа результатов по физико-химическим и санитарно-токсикологическим показателям.

Методы исследования: полевой, атомно-абсорбционный, колориметрический, титриметрический, фотоколориметрический, метод титрования, методы аналитических исследований и статистический метод обработки данных.

Результаты. В результате анализа проб по органолептическим и физико-химическим показателям выявлено, что вода Холодногорского района города Харькова, отобранная из систем водоснабжения: кранов в квартирах, питьевых гидрантов (колонок) и источники в парке «Юность», не соответствует установленным требованиям и нормам по показателям общей жесткости и хлоридов, проба воды из квартиры №2 – по показателю прозрачности, проба воды из источника – по показателю щелочности. Для улучшения качества воды необходимо применять дополнительные средства очистки. Концентрация тяжелых металлов в пробах воды соответствует установленным нормам. Сезон зима-весна не влияет на качество питьевой воды, а вид источника водоснабжения: водопровод или колонка, или природный источник влияет на показатели общей минерализации, содержание марганца и железа.

ПИТЬЕВАЯ ВОДА, КАЧЕСТВО ВОДЫ, ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ИСТОЧНИК,
ВОДОПРОВОД, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ

ЗМІСТ

ВСТУП	11
РОЗДІЛ 1 ВПЛИВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ.....	13
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ.....	23
2.1 Постановка експерименту.....	23
2.2 Методи дослідження.....	26
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ З РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСТАЧАННЯ ХОЛОДНОГІРСЬКОГО РАЙОНУ м. ХАРКІВ.....	29
3.1 Результати дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників.....	29
3.2 Результати дослідження вмісту важких металів.....	39
ВИСНОВКИ.....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46
ДОДАТКИ.....	51

ВСТУП

Якість питної води в Україні має визначатися згідно Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [1]. Питна вода потрапляє до населення через джерела постачання такі як централізовані (водовод) та децентралізовані (колонки, природні джерела та артезіанські свердловина). Для великого міста Харків водопостачання здійснюється за рахунок перекидання води до Краснопавлівського водосховища по каналу Дніпро-Донбас [2].

Актуальність. Водопостачання у містах, де посилений антропогенний вплив, не завжди відповідає встановленим законодавством санітарно-гігієнічним нормам. В результаті вживання неякісної питної води і недотримання стандартів та норм, у організмі людини може з'явитися велика кількість специфічних захворювань. Тому моніторингові дослідження якості води, яку населення використовує для питних потреб, є нагальною і актуальною проблемою сьогодні для запобігання та уникнення згубних наслідків для здоров'я населення.

Метою роботи є оцінка якості питної води з різних джерел постачання на території Холодногірського району м. Харків.

Для виконання мети роботи необхідно вирішити такі *завдання*:

- провести огляд літературних джерел з проблематики дослідження;
- провести аналіз нормативних документів, які регламентують вимоги до якості питної води в Україні;
- здійснити відбір проб питної води з різних джерел водопостачання Холодногірського району м. Харків;
- провести аналіз результатів за фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками.

Об'єкт дослідження – питна вода з різних джерел постачання на території Холодногірського району м. Харків.

Предмет дослідження – фізико-хімічні та санітарно-токсикологічні показники проб питної води.

Методи дослідження: польовий, атомно-абсорбційний, методи аналітичних досліджень та статистичний метод обробки даних.

Використано матеріали Департаменту екології та природних ресурсів Харківської ОДА, літературні джерела, особисті спостереження та лабораторні дослід.

РОЗДІЛ 1

ВПЛИВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

Сьогодні однією із головних проблем людства є якість питної води, яка має бути безпечною для щоденного вживання людиною [3, 4]. Вода відіграє важливу роль у обміні речовин, процесах кровотворення, травленні, терморегуляції організму, підтримує імунну систему, тощо.

Для нормального функціонування організму людина повинна вживати 1,5–3 літри чистої питної води, між прийомами їжі, щодня [5].

Відповідно до Закону України, питна вода – це вода, призначена для споживання людиною для використання споживачами для задоволення фізіологічних, санітарно-гігієнічних, побутових та господарських потреб, а також для виробництва продукції, що потребує її використання, склад якої за органолептичними, мікробіологічними, паразитологічними, хімічними, фізичними та радіаційними показниками відповідає гігієнічним вимогам [6].

На рисунку 1.1 показано показники якості питної води, які можна розділити на 5 категорій, згідно [1].

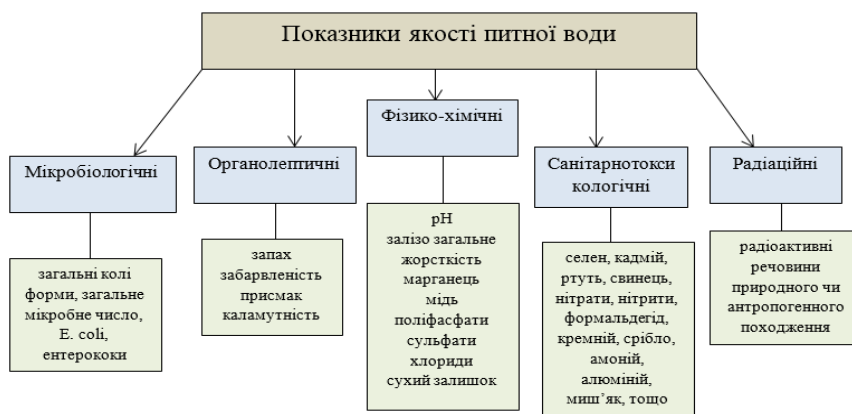


Рис. 1.1 – Показники якості питної води [1]

Роль фізико-хімічних показників щодо впливу на організм людини надано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Вплив фізико-хімічних показників на організм людини

Примечание [k2]: Междустрочный интервал между названием таблицы и самой таблицей 1,0. Посмотрите дальше по тексту и исправьте.

Показник	Надлишок	Нестача
pH водне	негативно впливає на роботу шлунково-кишечного тракту	викликає розлади шлунку, порушує обмінні процеси, збільшує вірогідність отруєнь, викликає тромбоутворення, розвиток онкологічних захворювань, розмноження шкідливих мікроорганізмів, зменшує кількість K, Mg, Ca та Si, стає причиною втоми, стресів
Загальна жорсткість	порушення роботи серцево-судинної системи, моторики кишечника, сечокам'яна хвороба, накопичення у суглобах значної кількості солей	гіпертензії, карієс, хронічний гастрит, захворювання серця, виразка шлунка і дванадцятипалої кишки, зниження імунітету
Хлориди	екземи, астми та онкозахворювання	млявість і сонливість, погіршення пам'яті, ураження шкіри, випаданням волосся і зубів
Нітрити	Кислородне голодування, гіпоксія, інтоксикація	
Нітрати	Виникає горсте отруєння, хронічна нітратна токсикація	
Аміак	подрознення епідермісу, некроз тканин, ураження слизових оболонок тощо	

Одним із важливих показників якості води є її pH. Для крові, лімфи, слини, клітинної та міжклітинної рідини людини водневий показник складає 7,5-7,6 один. pH. Вода, у якої pH показник має нижче значення, негативним чином впливає на організм людини, а саме: викликає розлади шлунку, порушує обмінні процеси, збільшує вірогідність отруєнь, викликає тромбоутворення, розвиток онкологічних захворювань, розмноження шкідливих мікроорганізмів, зменшує кількість K, Mg, Ca та Si, стає причиною втоми, стресів, тощо. Висока лужність питної води (> 8,5) також негативно впливає на роботу шлунково-кишечного тракту, погіршуючи вироблення ферменту шлункового соку, що нейтралізує негативний вплив бактерій на організм [7].

Показник заліза у питній воді повинен складати $< 0,2 \text{ мг/дм}^3$. Залізо є мікроелементом, який впливає на вироблення гемоглобіну у кістковому мозку та дихальних ферментів [8]. Також воно відіграє важливу роль у роботі щитовидної залози та формуванні багатьох білків.

Надлишковий вміст заліза призводить до порушень в роботі шлунково-кишкового тракту, спричиняє алергічні реакції, пошкоджує роботу печінки, серцево-судинної системи тощо. Для видалення всіх форм заліза із питної води використовують фільтри, виготовлені на основі каталітичних матеріалів [9].

Загальна жорсткість води характеризується наявністю катіонів магнію та кальцію [10]. Максимальна допустима жорсткість води повинна бути менше 7 ммоль/дм^3 [1]. Постійне вживання жорсткої води людиною викликає негативний вплив на серцево-судинну систему. Також така вода активно осідає на стінках кишечника, порушуючи його моторику, відкладаються солі.

Органічні сполуки Ca та Mg здебільшого потрапляють в організм людини із продуктами харчування. Неорганічні сполуки, що містяться у питній воді, гірше засвоюються. Це призводить до сечокам'яної хвороби, порушення діяльності жовчних проток та накопичення у суглобах значної кількості солей [11].

Одним із фізико-хімічних показників якості питної води є марганець. Згідно з нормативом [1], його допустима концентрація у воді, що вживається для питних потреб, не повинна перевищувати $0,05 \text{ мг/дм}^3$. Марганець володіє високими кумулятивними властивостями і може накопичуватись у головному мозку, лімфатичних вузлах, нирках та печінці [12]. Значна концентрація даного елемента, при потрапленні в організм людини з водою, викликає проблеми серцево-судинної та нервової системи, захворювання легень та головного мозку, болі у суглобах, постійну втому, алергічні реакції тощо [13].

Корисна дія марганцю, якщо його концентрація не перевищує допустиму, включає: підтримання правильного функціонування щитовидної залози, регулювання рівня цукру в крові людини, формування сполучної тканини тощо [14].

В результаті корозії у трубах водопровідної системи відбувається забруднення води міддю. Вона є дуже важливим мікроелементом для людського організму.

Концентрація міді у питній воді не повинна перевищувати $1,0 \text{ мг/дм}^3$. Вона грає безпосередню роль в процесі метаболізму, проявляє бактерицидну дію, зменшує запальні процеси у організмі, нормалізує тиск тощо [15]. Надлишок міді в організмі призводить до накопичення та її відкладення у тканинах, бронхіальної астми, погіршення пам'яті, захворювання печінки та нирок, анемії [16].

Гігієнічний норматив поліфосфатів у питній воді становить $< 3,5 \text{ мг/дм}^3$ [1]. Поліфосфати, потрапляючи у організм людини у значній кількості, погіршують обмінні процеси, кислотно-лужний баланс клітин шкіри, що викликає дерматологічні хвороби, змінюють кількість білка, вміст гемоглобіну та щільність сироватки у крові. Якщо фосфати у питній воді містяться в межах норми, то це не викликає загрозу для людського організму [17].

Дуже часто зустрічаються сульфати у питній воді. Вони не є токсичними для нашого організму, проте змінюють смак води. Ці елементи можуть бути органічного (сірковмісні органічні речовини) та мінерального походження (джерелом надходження є ґрунт, який містить сірчаноокислі сполуки магнію, кальцію та інших елементів) [18]. Вміст сульфатів у воді, призначеної для питних потреб, не повинен бути більшим за $250,0 \text{ мг/дм}^3$ [1].

Допустима концентрація сухого залишку повинна бути $< 1000 \text{ мг/дм}^3$ [1]. Перевищення вмісту сухого залишку у питній воді згубно впливає на воднево-сольовий баланс та секреторну функцію шлунку [19].

Хлор додається у воду з ціллю її дезінфікування. Проте, не зважаючи на його позитивну роль в боротьбі з патогенними мікроорганізмами, визначається дуже негативний вплив на здоров'я людини, а саме утворення у воді хлорорганічних сполук тригалометанів, для яких характерний високий ступінь токсичності, що викликає виникнення екземи, астми та онкозахворювання [20].

Видалити хлор з питної води можна багатьма способами, навіть за допомогою системи вугільного фільтра [21].

Цинк, що відноситься до токсичних домішок води, є дуже важливим для людини мікроелементом його недолік може викликати дефекти в печінці та

скелетних тканинах. Дефіцит цинку призводить до таких захворювань, як рак легенів, цироз печінки, атеросклероз, глаукому тощо [22].

Нафтопродукти – це такі органічні поєднання, що належать до числа найпоширеніших та небезпечних речовин, отримані з нафти. Для води, що містить такі сполуки, характерний неприємний присмак, зміна забарвлення та «бензиновий» запах [23]. Показник вмісту нафтопродуктів у питній воді, не повинен бути меншим за $0,1 \text{ мг/дм}^3$ [1]. Збільшення їх концентрації у воді, при вживанні людиною, несе пряму загрозу для її здоров'я, а саме: пошкоджує еритроцити, зменшеншує лейкоцити, призводить порушення гормонального фону, викликає хронічну втому, нудоту, головні болі, запаморочення тощо [24].

Поширення у питній воді аніонних поверхнево-активних речовин має потенціал біоаккумуляції, тобто може накопичуватись у організмі. Це, в свою чергу, може токсично впливати на людину. Концентрація цих речовин повинна бути $< 0,5 \text{ мг/дм}^3$ [1].

Не менш важливим для оцінки якості води є її мікробіологічний склад, тобто наявність у воді різноманітних бактерій, грибів тощо. Загальне мікробне число у складі води повинно бути менше за 100 КУО/см^3 . Загальні коліформи, *E. coli* та ентерококи повинні зовсім бути відсутніми [1]. Основним джерелом бактеріального забруднення води є побутові стічні води, стоки деяких підприємств харчової промисловості (переробні комбінати), стоки лікарень, птахофабрик та тваринницької галузі сільського господарства [25]. Споживання води, що має у своєму складі велику кількість бактерій, може викликати велику кількість захворювань, основні з яких: діарея, тиф, холера, лептоспіроз, гепатити тощо.

Для дезінфекції води і попередження захворювань використовують такі технології знезараження, як: використання хлоромісних препаратів, озонування, зворотній осмос та ультрафіолет [26].

Серед важливих показників якості питної води особливу увагу треба приділити наявності у складі важких металів (табл. 1.2). До них відносять відносять метали з високим значенням атомної маси, більше Fe [27].

Примечание [k3]: Сантиметры кубические, оформляем с помощью степени.

Важкі метали та їх сполуки по-різному впливають на живі організми та людину. Є метали, необхідні та життєво важливі для людського організму, а є ті – токсичні метали, що призводять до отруєння або загибелі організмів.

До життєвоважливих відносять: Ca, K, Fe, Mn, Co, V, Zn, Na, тощо. Отруйну дію, при збільшених концентраціях, можуть спричиняти такі важкі метали, як: Cd, Pb, Al, Se, Hg, Cr, Ba, Cu, As, Ni і т.п.

Існують природні та антропогенні чинники надходження важких металів у довкілля. Природне надходження обумовлене процесом випаровування їх із земної кори, антропогенне – викиди та скиди від промисловості, підприємств теплоенергетики, діяльність транспорту, побутові стоки та спалювання сміття.

Важкі метали здатні акумулюватися в кістках та органах людини та можуть виводити із організму необхідні для життя елементи, такі як: Mg, Fe, Ca та інші. Серед позитивних сторін можна визначити, що велика кількість важких металів є складовою білків, які беруть участь у виробленні антитіл, утворенні ферментів та гормонів, відтворенні клітин людини. Кожен важкий метал відноситься до певного класу токсичності [28].

Таблиця 1.2

Вплив важких металів на організм людини

Показник	Надлишок	Нестача
Zn	затримку росту, порушення функцій імунної системи, порушення вуглеводного обміну, анемія, збільшення печінки та селезінки, гератогенез, ураження шкіри, випадання волосся та порушення зору	рак легенів, цироз печінки, атеросклероз, глаукома
Fe	призводить до порушень в роботі шлунково-кишкового тракту, спричиняє алергічні реакції, пошкоджує роботу печінки, серцево-судинної системи	Порушення вироблення гемоглобіну у кістковому мозку та дихальних ферментів, збій у роботі щитовидної залози та формуванні багатьох білків
Cu	бронхіальна астма, погіршення пам'яті, захворювання печінки та нирок, анемія	збій в процесі метаболізму, збільшення запальних процесів у організмі, розлади тиску тощо
Mn	проблеми серцево-судинної та нервової системи, захворювання легень та головного мозку, болі у суглобах, постійну втоми, алергічні реакції, тощо	збій правильного функціонування щитовидної залози, регулювання рівня цукру в крові людини, формування сполучної тканини, тощо.

Продовження таблиці 1.2

Cg	хвороби шкіри, дерматити та алергічні прояви	вугрова висипка, варикозне розширення вен, збільшення кількості глюкози в організмі
Cd	гостре отруєння організму, наслідками якого можуть бути: патології легеневої та ниркової функції, підвищення тиску, порушення у роботі серцево-судинної системи, дисбаланс у роботі нервової системи та інтенсивне виведення Ca з кісток	

Найбільш токсичними для людини є такі важкі метали, як: свинець і кадмій, які є потенційно канцерогенними елементами.

Розглянемо більш детально, як деякі важкі метали впливають на організм людини.

Кадмій – це важкий метал, що відноситься до II класу небезпеки. Для Cd характерна гепато- та нефротоксичність. Його допустима концентрація у воді не повинна перевищувати 0,001 мг/дм³ [1]. При споживанні води, у складі якої є кадмій з підвищеною концентрацією, виникає гостре отруєння організму, наслідками якого можуть бути: патології легеневої та ниркової функції, підвищення тиску, порушення у роботі серцево-судинної системи. Високий вміст кадмію в організмі викликає дисбаланс у роботі нервової системи та інтенсивно виводить Ca з кісток. Він дуже швидко накопичується в печінці та нирках і може десятиліттями виводитись із організму.

Наявність збільшених концентрацій Cd у питній воді може пояснюватись промисловими стічними водами та відходами [29].

Вміст ртуті (Hg) у воді, що використовується для питних потреб, не повинен перевищувати 0,0005 мг/дм³. У природних умовах ртуть знаходиться у земній корі. Даний елемент потрапляє у оточуюче середовище в результаті вивітрювання порід, вулканічної діяльності та антропогенної діяльності, що є основною причиною. Спалювання вугілля, промислові процеси, вироблення енергії на вугільних електростанціях, використання сміттєспалювальних установок та

видобуток металів спричиняють появу ртуті у компонентах навколишнього середовища, в тому числі воді.

Ртуть та її з'єднання є токсичними та наносять шкідливий вплив на легені, травну, нервову, та імунну системи людини, викликають ниркову недостатність та можуть викликати загибель організму. Неорганічні солі ртуті знищують шлунково-кишковий тракт [30].

Pb або свинець, зазвичай, потрапляють у питну воду в результаті антропогенного впливу людини, а саме в результаті забруднення ґрунту або зі свинцевих труб та резервуарів водопровідної мережі. Від вихлопних газів автотранспорту, свинець потрапляє на поверхню ґрунтового покриття і далі відбувається його змивання дощовою водою, таким чином Pb потрапляє у водоносні горизонти, а з них у мережі централізованого водопостачання [31].

Норма свинцю для питної води повинна бути $\leq 0,010 \text{ мг/дм}^3$ [1]. При перевищенні межі, будуть проявлятися симптоми передозування Pb, а саме: з'являється запаморочення та головні болі, дисфункція нирок, тощо. Pb може викликати психологічну депресію у крові, а це, в свою чергу, викликає порушення процесів у ЦНС людини.

Найефективнішим способом очищення питної води від Pb є використання фільтрів із активованого вугілля, що зменшують концентрацію даного елементу на 89-90 % [31].

Хром є одним із біогенних хімічних елементів, існування організму без якого неможливе, так як він бере участь у вуглеводному та білковому обміні. Підвищені концентрації хрому (Cr) виявляються в результаті промислової діяльності людини. У хрома є дві валентності – III та VI. Перший, потрібен організму людини і повністю безпечний. Проте, VI-валентний хром утворює канцерогенні та токсичні з'єднання [32]. Норма хрому у водопровідній воді не повинна перевищувати $\leq 0,05 \text{ мг/дм}^3$ [1].

Вживання води з підвищеним вмістом хрому, може викликати серйозні проблеми зі здоров'ям. Це проявляється у хворобах шкіри, дерматитах та алергічних проявах [32].

Нікель (Ni) потрапляє у водні об'єкти в результаті діяльності електростанцій, металургійних, хімічних і металообробних підприємств та сміттєспалювальних споруд. Нікель вивільнюється з різних галузей промисловості від вивантаження поверхневих вод. Його розчинні сполуки, в більшій мірі, надходять в організм людини при вживанні питної води. Нормою є наявність в питній воді Ni в межах $\leq 0,02$ мг/дм³.

Потрапляючи до організму людини в допустимій кількості, нікель виявляє сприятливу дію на організм людини. Він сприяє синтезу гемоглобіну, покращує артеріальний тиск, підтримує мембрани клітин, тощо. Дефіцит Ni, на відміну від надлишку цього елемента, не призводить до порушення функцій організму і не несе загрозу людському життю.

Надлишок Ni порушує дихання, серцево-судинну систему, роботу ШКТ, знижує функції щитовидної залози та призводить до дисбалансу інших мікроелементів. Від отруєння нікелем може бути летальний результат [33].

Со та його сполуки потрапляють у джерела водопостачання в результаті вилуговування їх із різноманітних руд, зі стічними водами підприємств металургійної та хімічної промисловості.

Кобальт є важливим елементом, який бере участь у утворенні гідроксокобаламіну, ферментативних процесах, сприяє росту кісткової тканини, знищує ракові клітини, покращує імунітет, тощо. Його допустимий вміст у питній воді $\leq 0,1$ мг/дм³. Надмірне споживання цього мікроелемента призводить до порушення функції щитовидної залози, підвищення артеріального тиску, склероз легенів, ураження шкіряного покриву, тощо. Дефіцит кобальту також призводить до певних порушень, а саме: сильної стомлюваності, аритмії, порушення пам'яті, аритмії, алергічного дерматиту [34].

Дослідженням якості питної води природних джерел у Харкові присвячена робота Некос А. Н., Максимов О. М., Шевчик К. В. [35], де проби води відбиралися з джерел: у парку «Юність» (Холодногірський район м. Харкова), Жуковського джерела та джерела Саржин Яр (Шевченківський район м. Харкова). Проби води проаналізовано за показниками: рН, прозорість, мутність, жорсткість води та на

вміст нітратів, хлоридів, аміаку. Найвищі значення вмісту нітратів, нітритів, а також рівень лужності й жорсткості виявлено в пробах з Холодногірського джерела (джерело у парку «Юність»). Порівняння значень показників 2019 року з показниками 2015 року для проб води джерела в парку Юність (джерело Холодногорське) у 2019 році визначило збільшення індексу жорсткості майже в 6 разів [35].

В роботі Сафранова Т. А. [36] надана оцінка мінералізації питних вод із поверхневих та підземних джерел постачання і вказано, що характерні відхилення від діапазону оптимальних значень мінералізації та інших показників фізіологічної повноцінності мінерального складу. Також відзначається зв'язок між збалансованістю мінерального складу питних вод і станом здоров'я населення [36].

Представлено результати дослідження якості проб питної води з водоводу (вул. Клочківська) та природних джерел м. Харкова, що знаходяться у парку «Юність», Саржиному ярі та на території Свято-Пантелеймонівського храму у роботі Кочанова Е. О., Острікової М. О. [37]. Ті ж самі проби проаналізовано після очистки за допомогою фільтру «Ecosoft Dewberry». Визначено, що до фільтрації у всіх пробах рН водне та вміст нітритів, нітратів, аміаку та хлоридів знаходиться у межах норми. Лише у водопровідній воді значення жорсткості перевищує норму ДСанПІН 2.2.4-171-10. Після фільтрації води рН зменшилося та стало нижче ніж вказані нормативи ДСанПІН 2.2.4-171-10. Значення нітратів зменшилося, нітрити залишилися без змін [37].

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

2.1 Постановка експерименту

Для дослідження якості питної води відібрано 14 проб води з різних джерел Холодногірського району м. Харків. Проби відбирали двічі – взимку (7) та навесні (7) 2021 року згідно з ДСТУ ISO 5667-6:2009 [38]. Два рази було проаналізовано 3 проби з водопроводу квартир мешканців Холодногірського району, 3 проби з водозабірних колонок (гідрантів) та 1 пробу з природного джерела. Аналіз проб проводили у навчально-дослідній лабораторії аналітичних екологічних досліджень Каразінського навчально-наукового інституту екології.

Згідно з картою підземних водних ресурсів [39] Холодногірський район розташований в межах Новопетрівського та Межигірського водоносного горизонту, проте у місті Харків, у зв'язку з техногенним забрудненням, цей водоносний горизонт не використовується для центрального водопостачання

Водозабір для водопостачання Холодногірського району м. Харкова здійснюється з сеноман-нижньокрейдяного водоносного горизонту. Цей водоносний комплекс підстиляється юрськими глинами. Для нього характерні глауконітові пісковики та піски сеноманського ярусу нижньої крейди та відкладення альбапського ярусу нижньої крейди. Потужність водоутримуючих порід складає від 20 до 100 м. Характерний хімічний склад води з даного водоносного горизонту – гідрокарбонатно-кальцієвий, мінералізація – 1 г/дм³ [40].

На рисунку 2.1 показані місця відбору проб води різних джерел Холодногірського району м. Харків.



Рис. 2.1 – Місця розташування точок відбору проб води

У таблиці 2.1 надана інформація про відібрані проби води, яку споживають у якості питної у Холодногірському районі м. Харків.

Склад води, що проходить через водопровідну систему, залежить від її якості. Важливе значення відіграє стан не тільки магістральних водопроводів, але й внутрішньодомових мереж.

Будинок, розташований за адресою вул. Кашуби 2/1, був побудований у 1982 році. Строк експлуатації трубопроводу складає 39 років. Склад труб магістрального водопроводу – чавун, внутрішньодомові труби – сталеві. У 2019 році проводили ремонтні роботи по частковій заміні труб.

Таблиця 2.1

Відбір проб питної води Холодногірського району м. Харків

Дата відбору	№ проби	Назва проби	Місце відбору (адреса)	Назва джерела постачання
22.02.2021, 18.04.2021	1	Кв1	вул. Кашуби, 2/1	водопровід (квартира)
22.02.2021, 18.04.2021	2	Кв2	вул. Полтавський шлях, 148/2	водопровід (квартира)
22.02.2021, 18.04.2021	3	Кв3	вул. Холодногірська, 6	водопровід (квартира)
22.02.2021, 18.04.2021	4	К1	пров. Хорошевський	водорозбірна колонка (гідрант)
22.02.2021, 18.04.2021	5	К2	вул. Печерська	водорозбірна колонка (гідрант)
22.02.2021, 18.04.2021	6	К3	пров. Москвіна	водорозбірна колонка (гідрант)
22.02.2021, 18.04.2021	7	Дж	вул. Полтавський шлях, 196 (парк «Юність»)	джерело

Примечание [к4]: Если это интервал времени – через тире. Если 2 отбора, то через запятую

Строк експлуатації трубопроводу квартири за адресою вул. Полтавський шлях, 148/2 – 43 роки. Склад труб магістрального водопроводу – чавун, внутрішньодомові труби – сталеві.

Строк експлуатації трубопроводу будинку за адресою: вул. Холодногірська, 6 складає 41 рік. Матеріал, з якого побудовані труби – чавун. Ремонтні роботи участків трубопроводу проводили у 2020 році.

Усі водозабірні колонки, воду з яких відбирали для дослідження, були побудвані у 1982 році. Строк їх експлуатації – 39 років. Матеріал труб – чавун.

Водозабір для водопостачання здійснюється з сеноман-нижньокрейдяного водоносного горизонту.

Джерело у парку Юність є природним джерелом, що розташоване у Залютінському яру. Підживлює річку Залютінку, ліва притока р. Уди. Має 3 труби водопостачання, одна з яких є доступною для питних потреб.

Зазначені проби води аналізували за органолептичними та фізико-хімічними показниками, а також на наявність важких металів.

Усі результати досліджуваних показників було порівняно з нормативами для водопровідної води, що встановлені Державними санітарними нормами та правилами «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) [1].

2.2 Методи дослідження

В ході дослідження використані такі методи: колориметричний, титриметричний, фотоколориметричний, метод титрування та атомно-абсорбційний.

Дослідження рН води проводилось за допомогою іономіра, який визначає активність іонів Н (водню) у воді. Запах визначався органолептичним методом, прозорість – оптичним, каламутність – фотометричним методом. Загальна мінералізація води досліджуваних проб – за допомогою TDS тестера.

Наявність нітритів визначається за допомогою проведення якісної реакції на присутність нітрат-іонів у пробах води з використанням $((C_6H_5)_2NH)$ (розчин дифеніламіну) та кількісне їх визначення за допомогою фотоколориметра (колориметричним методом). Для виявлення нітратів у пробах води застосовують сацилат сірчаної кислоти та натрію [41].

Вміст заліза загального у пробах води визначається також із застосуванням колориметричного методу. Масову частку Fe, після вимірювання оптичної щільності, визначають за градувальним графіком [42].

Вміст хлоридів визначається титриметричним методом, який полягає у порівнянні об'єму відомого реактиву з певною концентрацією, з розчином тієї речовини, для якої визначається концентрація. Титрування проводять за участі

розчину азотнокислого срібла [43]. Лужність також визначалась тетрометричним методом.

Концентрація аміаку визначається за допомогою фотоелектроколориметра, в результаті порівняння інтенсивності забарвлення стандартного розчину з певною концентрацією азоту з інтенсивністю забарвлення проб води, що досліджується [44]. На рисунку 2.2 зображено прилад для визначення концентрації аміаку у пробах води.



Рис. 2.2 – Фотоколориметр [45]

Загальна жорсткість визначається методом титрування, який полягав у використанні робочого розчину трилону Б.

Кількісний вміст важких металів у пробах води Холодногірського району визначався за спектрами поглинання методом атомно-абсорбційної спектрометрії. На рисунку 2.3 показано прилад Атомно-абсорбційний спектрометр МГА-915 МГ.



Рис. 2.3 – Атомно-абсорбційний спектрометр МГА-915 МГ [46]

Даний метод оснований на спроможності атомів вибірково абсорбувати в різноманітних ділянках спектра електромагнітне випромінювання. Такий метод відзначається декількома варіантами проведення: спеціальний, полум'яний та електротермічний (атомізація гідридів, метод холодного випаровування та атомізація в тліючому розряді) [47].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ З РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ
ПОСТАЧАННЯ ХОЛОДНОГІРСЬКОГО РАЙОНУ м. ХАРКІВ

3.1 Результати дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників

Примечание [k5]: Название раздела по центру, подраздела – по левому краю.

Аналіз органолептичних та фізико-хімічних показників якості проб води включав дослідження: прозорості, запаху, каламутності, рН водного, заг. жорсткості, лужності та загальної мінералізації, а також вмісту в ній нітратів, нітритів, аміаку та хлоридів.

У таблиці 3.1 зазначені результати дослідження якості питної води за органолептичними показниками: запахом, прозорістю та каламутністю.

Таблиця 3.1

Органолептичні показники

Показник		Кв1	Кв2	Кв3	К1	К2	К3	Дж.	Норматив [1]
Запах	Зима	0	0	0	0	0	0	0	≤ 2
	Весна	0	0	0	0	0	0	0	
Прозорість	Зима	30	0	30	30	30	30	30	≥ 20
	Весна	30	30	30	30	30	30	30	
Каламутність	Зима	1	1	1	1	1	1	1	$\leq 1,0$
	Весна	1	1	1	1	1	1	1	

В результаті дослідження проб, які відібрані взимку, за показниками запаху та каламутності перевищень нормативів виявлено не було. За показником прозорості, вода проби № 2 (Кв2) не відповідає встановленим нормативам. Це може бути обумовлено наявністю в такій воді хімічних чи механічних домішок, органічного та мінерального походження [48]. Вода, прозорість якої складає менше ніж 20 см, потребує освітлення [49].

Порівнюючи проби, що відібрані взимку та навесні, значення показників запаху та каламутності залишаються незмінними. Прозорість води з квартири № 2 нормалізувалась і не перевищує норматив для питної води за цим показником.

Значення фізико-хімічних показників проб питної води надано в таблиці 3.2. Для визначення впливу сезону року на значення показників проб питної води розраховано також середнє значення кожного мінливого показника для різних джерел водопостачання (водопроводу та каптажів), тобто для трьох квартир і трьох гідрантів, що вказано на відповідних рисунках.

Таблиця 3.2

Фізико-хімічні показники

Показник		Кв1	Кв2	Кв3	К1	К2	К3	Дж.	Норма- тив
рН водне	Зима	8,43	7,87	7,71	8,5	7,9	7,61	7,62	6,5- 8,5
	Весна	8,64	8,77	8,72	8,1	7,88	8,67	7,64	
Жорсткість	Зима	9,6	9,4	8,6	8,4	10	10,4	11	7 (10)
	Весна	8,2	9,8	10	8,1	10	9,2	10	
Лужність	Зима	4,7	4,1	4,5	4,8	4,3	4,6	7	6,5
	Весна	4,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	8	
Марганець	Зима	0,0003	0,0003	0,0002	0,0003	0,0003	0,0002	0,0033	0,05(0,5)
	Весна	0,0018	0,0004	0,0005	0,0001	0,0004	0,0001	0,0004	
Хлориди	Зима	424	424	400	440	400	456	400	250(350)
	Весна	400	440	408	424	416	440	432	
Цинк	Зима	0,0305	0,037	0,0381	0,0421	0,0531	0,0401	0,0412	1,0
	Весна	0,0513	0,0303	0,0549	0,0348	0,0538	0,0142	0,0399	
Заг. мінералізація	Зима	676	679	673	679	659	674	653	1000
	Весна	667	691	673	680	682	726	673	

З аналізу показника рН (табл. 3.2, рис. 3.1) визначено, що значення цього показника весною у пробах води з усіх квартир та колонки № 3 перевищують нормативне значення. Така вода є лужною.

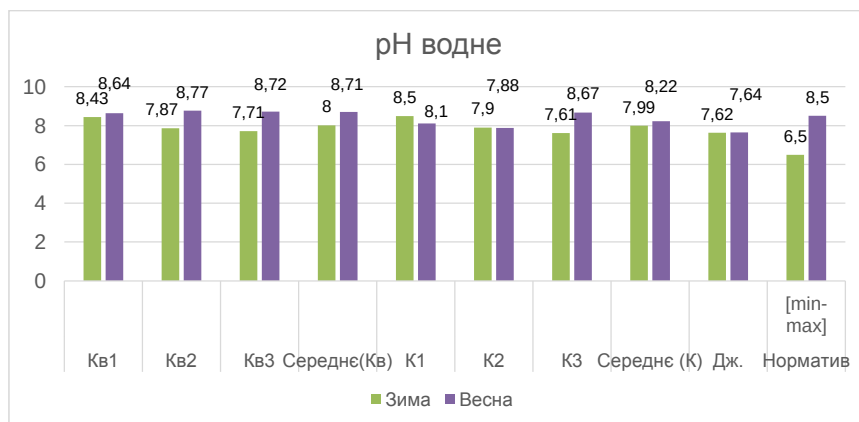


Рис. 3.1 – Показник рН проб питної води

Примечание [k6]: В показателе рН принято писать до 2х знаков после запятой. Исправьте показатели на диаграмме. Цифры с разным количеством знаков в одной диаграмме не годятся. Цифры слева, от 0 до 10, это что? Подпишите данные в диаграмме. Во ВСЕХ диаграммах исправьте подписи на столбцах на 8 шрифт. Пример рис. 3.1 и 3.3.

Величина рН для питної води може залежати від матеріалу водопроводу, складу вихідної води і температури на вулиці. Можливо, що на збільшення значень рН вплинуло збільшення температури повітря навесні [50]. Для зниження показників рівня рН треба застосовувати фільтри зворотного осмосу. Вони очищають воду від понаднормативної кількості мінералів, роблячи її більш кислою, тим самим понижуючи рівень рН [51].

З аналізу рисунка 3.2 зазначено порівняння жорсткості води у пробах питної води зі встановленим нормативом [1].

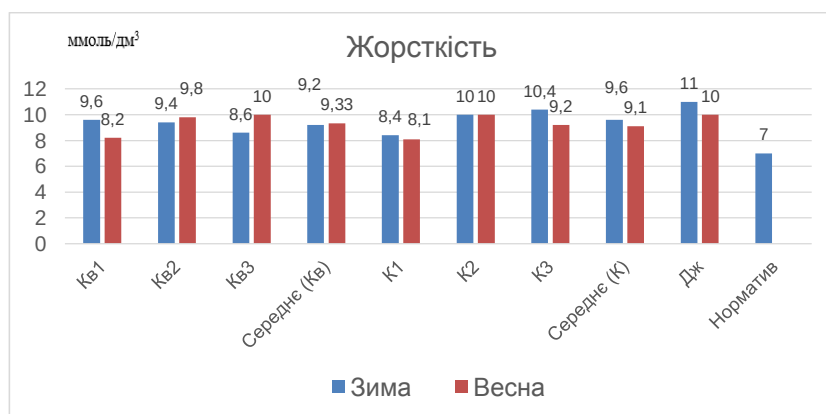


Рис. 3.2 – Показник загальної жорсткості проб питної води

Примечание [k7]: Междустрочный интервал между рисунком и названием рисунка 1,0. Просмотрите все рисунки и исправьте интервал.

Як бачимо, в усіх пробах відмічається перевищення нормативу за показником жорсткості, також і за середніми значеннями, тому така вода не є придатною для систематичного споживання людиною без вживання заходів із її пом'якшення. Загальна жорсткість визначається насиченістю води Mg та Ca [54]. Так, ґрунтові води, проходячи крізь вапняні складові ґрунту, розчиняють їх і насичуються різними мінералами, в тому числі солями кальцію і магнію. Що стосується води із джерел, то її жорсткість зазвичай в рази перевищує показники водопровідної [55].

Найбільш жорстка вода, серед відібраних взимку, визначається у пробі Дж (джерело у парку Юність, вул. Полтавський шлях, 198), найменш жорстка серед усіх – у пробі К1 (колонка, пров. Хорошевський).

Жорсткість води у одного і того ж джерела води може змінюватися в залежності від сезону року. Навесні, під час паводку, жорсткість води різних вододжерел, зменшується [56]. Це пояснюється інтенсивним таненням снігу, який являє собою м'яку воду, відбувається розведення природних вод і зменшується жорсткість [57]. Літом навпаки збільшується в результаті підвищеного випаровування води, рідкісних дощів тощо [56].

У результаті аналізу проб води, які відібрано навесні, виявлено, що у 4 джерел централізованого водопостачання значення показників знизились (Кв1, К1, К3 та Дж), у 1 – залишилось незмінним (К2) та у 2 – перевищує минулі значення. Так само, в усіх випадках, спостерігається перевищення нормативу для якості питної води. Середні значення показників перевищують норматив в усіх випадках.

Найпростішими способами для зниження загальної жорсткості води у побуті є кип'ятіння води та застосування систем фільтрації (зворотний осмос).

Результати дослідження проб води на лужність вказані на рисунку 3.3.

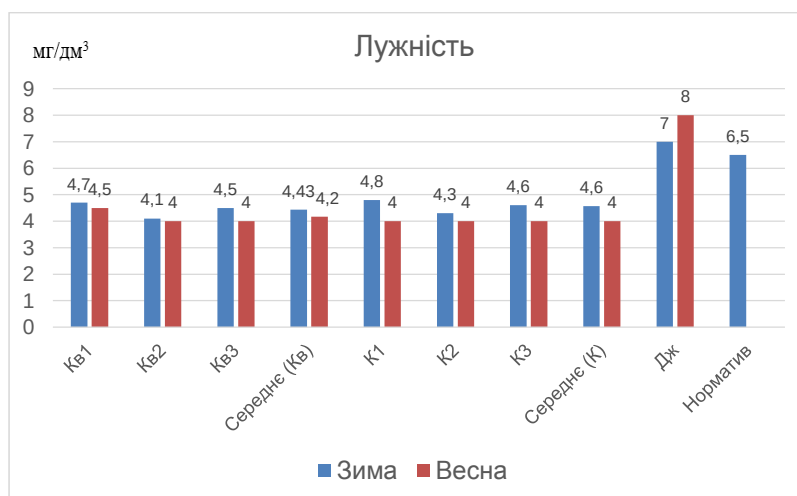


Рис. 3.3 – Показник лужності у пробах питної води

Перевищення встановленого норматива за показником лужності виявлено у пробі води з джерела як взимку, так і навесні. Навесні показник лужності у воді з джерела парку «Юність» має більше значення, ніж було взимку. Середнє значення також перевищує норматив. Це може пояснюватись періодом паводків та водопілля. Речовини, що містяться в підстилаючих породах та ґрунті, швидко розчиняються і потрапляють у воду, тому їх концентрація у складі води збільшується [57].

В усіх інших пробах води спостерігається зниження значень показників лужності. Така вода повністю відповідає встановленим нормативам. Загальна лужність питних вод практично повністю обумовлена концентрацією гідрокарбонат-іонів, які називаються також бікарбонат-іонами [58].

Найбільш простим і ефективним методом зниження загальної лужності води є метод зворотнього осмосу. Він сприяє зниженню лужних аніонів, загальної мінералізації води, знезаражує її, покращує склад води [59].

Також досліджений вміст заліза загального у пробах та порівняно з нормативом (рис. 3.4).



Рис. 3.4 – Порівняння концентрації заліза загального у пробах води з нормативом

В результаті дослідження виявлено, що залізо загальне у жодній пробі не перевищує значення нормативу для питної води. Тобто можна казати, що така вода є придатною і безпечною для вживання людиною для задоволення її питних потреб. Даний показник не було досліджено в пробах води, що були відібрані навесні.

На рисунку 3.5 показано порівняння вмісту хлоридів у пробах води з нормативом.

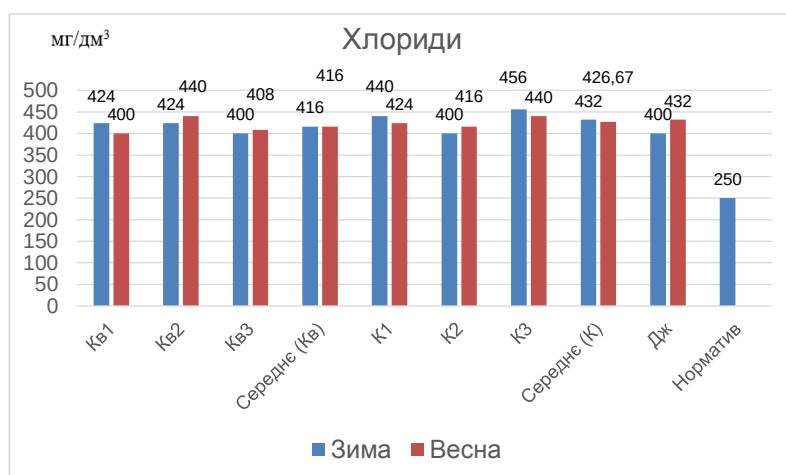


Рис. 3.5 – Вміст хлоридів у пробах води

Примечание [k8]: Количество знаков после запятой!! Просмотрите ВСЕ рисунки и исправьте ошибки в оформлении. Пример рис. 3.1 и 3.3..

В усіх пробах питної води вміст хлоридів і середні значення для водопроводу і каптажів перевищує норматив. Найбільша концентрація хлоридів виявлена у воді з водозабірної колонки (К3). Найменший вміст – у Кв3 (квартира, вул. Полтавський шлях, 148/2), К2 (колонка, вул. Печерська) та К3 (квартира, вул. Холодногірська, 6). При постійному вживанні питної води з підвищеним вмістом хлоридів у її складі, відбувається негативний вплив на видільну функцію організму людини та порушується властивість нирок [52]. Така вода не відповідає встановленим нормативам і не рекомендується до вживання у якості питної. Значне перевищення хлоридів у воді говорить про те, що, швидше за все, була порушена технологія водопідготовки. Основними методами боротьби з хлоридами є відстоювання та фільтрація [53].

Визначається перевищення нормативу за показником хлоридів і у пробах, відібраних навесні, причому концентрація хлоридів має ще більші значення ніж попередні у чотирьох пробах (Кв2, Кв3, К2 та Дж). У інших пробах значення показників незначно зменшилось. В період танення льоду, у водойми змиваються забруднюючі речовини, тому воду ретельно хлорують для її знезараження [53]. Середні значення показників також перевищують норматив.

Порівняння загальної мінералізації води показано на рисунку 3.6.

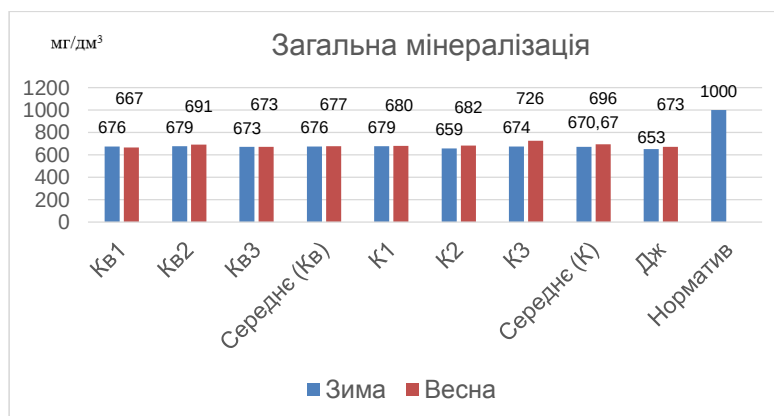


Рис. 3.6 – Показник загальної мінералізації проб питної води

Аналіз показав, що перевищень нормативу за показником загальної мінералізації у жодній пробі води не виявлено. Тобто вода з усіх проб, за показником вмісту мінеральних речовин, є приданою для споживання людиною у якості питної. У досліджуваних пробах, які було відібрано взимку та навесні, спостерігаються незначні відмінності значень. Найбільше значення показника виявлено у пробі з колонки № 3 (К3).

На рисунку 3.7 представлено порівняння вмісту Zn у пробах води зі встановленим нормативом.

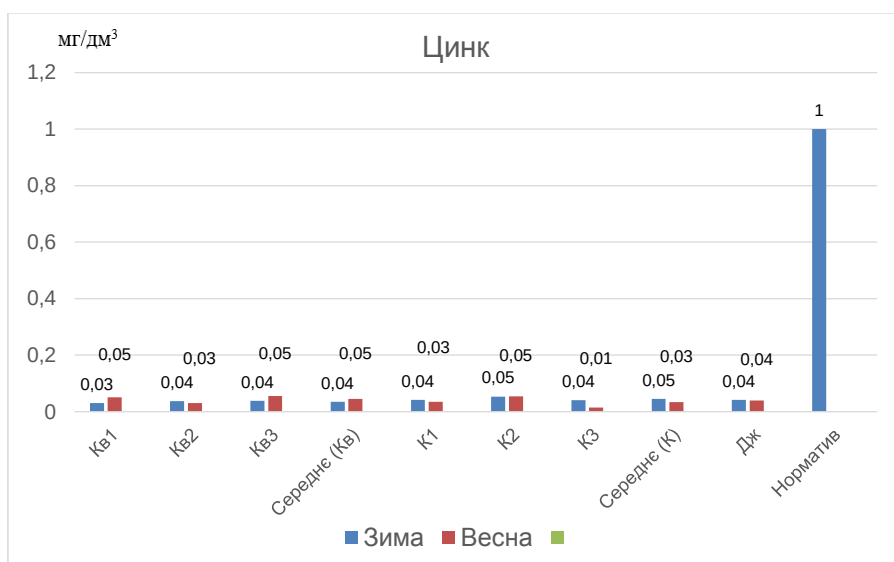


Рис. 3.7 – Вміст цинку у пробах питної води

Взимку, максимальний вміст Zn виявлено у пробі К2, мінімальний – пробі Кв1. Восени, максимальне значення спостерігається у пробі з квартири № 3, мінімальне – колонці №3. Як видно, вміст цинку у пробах не перевищує встановлені нормативи.

На рисунку 3.8 представлено вміст Cu у пробах та встановлений норматив.

Примечание [k9]: Интервал между рисунком и названием рисунка. Слева на диаграмме что? Подпишите ед. измерения. Количество знаков после запятой!!!

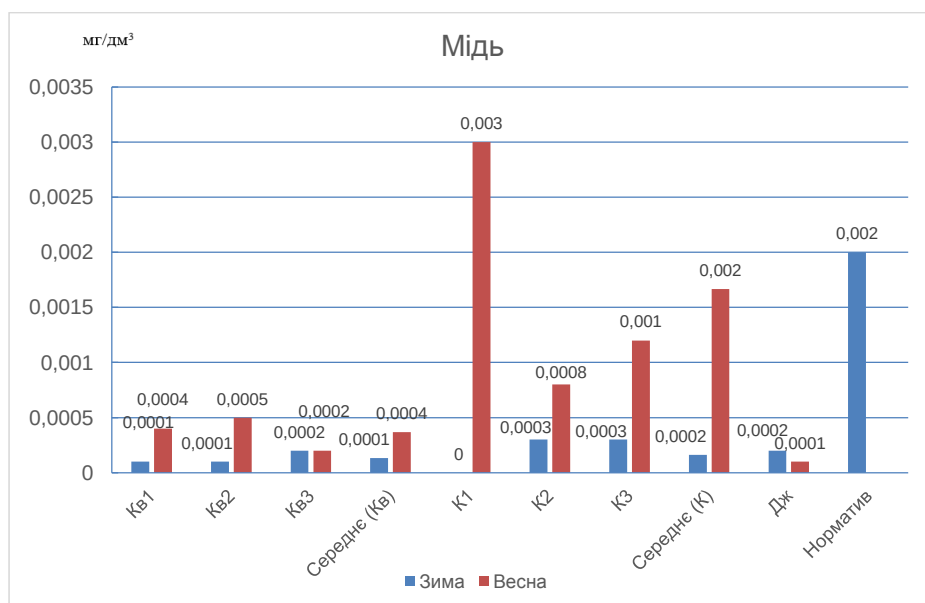


Рис. 3.8 – Вміст міді у пробах питної води

При порівнянні концентрації Cu у досліджуваних пробах, які були відібрані взимку, з нормативом для питної води перевищень не виявлено. У пробі води з гідранту (К1) мідь відсутня. Найбільший вміст даного хімічного елементу знайдена у пробах К2 та К3.

У пробах, які було відібрано навесні, спостерігається збільшення значень в усіх пробах, тобто простежується сезонна динаміка. Значення міді у пробі з колонки № 1 з нуля зросло до значення (0,003), що перевищує норматив (0,002). Найбільш вірогідне пояснення цьому є корозія труб або водопровідної арматури. Така вода не може бути безпечною для задоволення питних потреб людини, може виникнути гостре отруєння. Основним рішення цієї проблеми є перевірка та заміна водопровідної конструкції. Середні значення не перевищують норматив.

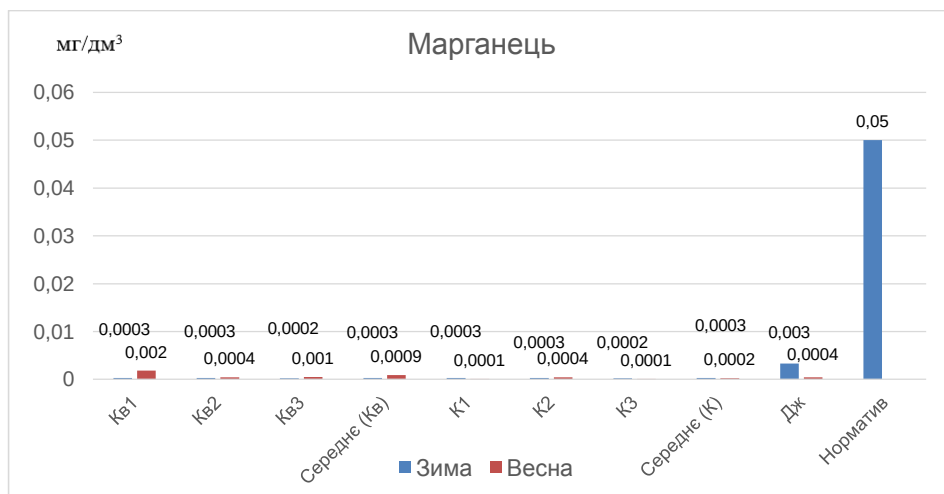


Рис. 3.9 – Вміст марганцю у пробах питної води

При дослідженні вмісту марганцю зі встановленими нормативами [1] перевищень не виявлено. Найбільша концентрація Мп знайдена у пробі води, що була відібрана взимку із джерела (Дж), найменша – у пробах Кв3 та К3.

Навесні спостерігається збільшення концентрації марганцю у досліджуваних пробах води. Проте, перевищень значень нормативу також не було виявлено. Середні значення знаходяться в межах норми.

Отже, в результаті аналізу проб за органолептичними та фізико-хімічними показниками виявлено, що вода Холодногірського району м. Харків, відібрана з систем водопостачання: кранів у квартирах, питних гідрантів (колонок) та джерела у парку «Юність», не відповідає встановленим вимогам та нормам за показниками загальної жорсткості та хлоридів, проба води із джерела – за показником лужності. Проба води, відібрана взимку із квартири № 2, не відповідала встановленим вимогам за показником прозорості. Проте, навесні цей показник не перевищує норматив. Для покращення якості води Холодногірського району м. Харків необхідно застосовувати додаткові засоби очищення.

Аналіз проб питної води також виконано за санітарно-токсикологічними показниками. Значення вмісту нітритів і нітратів та аміаку і нормативи наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Вміст нітратів, нітритів та аміаку

Показник		Кв1	Кв2	Кв3	Середнє (Кв)	К1	К2	К3	Середнє (К)	Дж.	Норма- тив
Нітрити, мг/дм ³	Зима	0,001	0,001	0,002	0,0013	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,5
	Весна	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,0013	0,002	
Нітрати, мг/дм ³	Зима	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
	Весна	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Аміак, мг/дм ³	Зима	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,5
	Весна	0,08	0,04	0,08	0,067	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	

Отже, вміст нітритів в усіх досліджуваних пробах не перевищує встановлені нормативи. Найбільша концентрація нітритів, серед досліджуваних зразків, що були відібрані взимку, виявлена у пробах з квартири № 3 та джерела. У пробах, що відбирали навесні, найбільшу концентрацію виявлено у пробі води з джерела та колонки № 3. У пробі з квартири № 3 значення зменшилось.

Нітрати відсутні у всіх зразках. Вміст аміаку в усіх пробах взимку був однаковий і не перевищував встановлені нормативи. Навесні збільшилась концентрація даного елементу у пробі з квартир № 1 та № 3. Проте, за даними показниками, вода з досліджуваних вододжерел відповідає оптимальному вмісту та придатна для питних потреб тому, що не перевищує норматив. Середні значення за всіма показниками також в межах норми.

3.2 Результати дослідження вмісту важких металів

В ході дослідження проведено аналіз проб води на вміст важких металів таких, як: Fe, Cd та Cr. Якщо такі метали, серед зазначених, як цинк, залізо, мідь та марганець є безумовно необхідними для організму людини, то Cd є вкрай небезпечним та викликає токсичну дію. У таблиці 3.4 представлені результати дослідження кадмію у пробах води.

Таблиця 3.4

Вміст важких металів у пробах води								
Cd (мг/дм ³)	Дата	Кв1	Кв2	Кв3	К1	К2	К3	Дж
	22.02	0	0	0	0	0	0	0
	18.04	0,0004	0	0	0,0002	0,0001	0	0
Cr (мг/дм ³)	22.02	0,0001	0	0,0002	0,0001	0,0005	0,0004	0
	18.04	0	0,0005	0,0001	0,0002	0,0002	0,0004	0
Норматив Cd ≤ 0,001; Cr ≤ 0,05;								

При дослідженні кадмію бачимо, що даного хімічного елементу не було виявлено у жодній пробі води, що досліджувалась взимку. Навесні, незначні концентрації з'явились у пробах Квартири № 1, колонок № 1 та № 2. Перевищення нормативу не виявлено. Середнє значення також знаходиться в межах норми.

При дослідженні вмісту Cr зі встановленими нормативами [5] перевищень не виявлено. Хром відсутній у пробах води з джерела (Дж). Взимку та навесні спостерігаються незначні коливання. Середні значення не перевищують норматив.

На рисунку 3.10 зображено вміст заліза в пробах води з досліджуваних вододжерел.

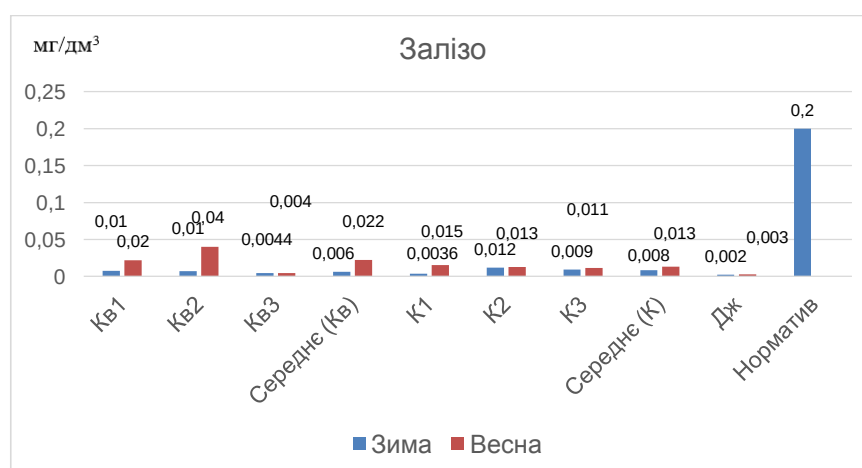


Рис. 3.10 – Вміст Fe у пробах питної води

Найбільша концентрація Fe виявлена у пробі води з квартири (K2), найменша для природного джерела. Просліджується сезонна зміна вмісту заліза у пробах. Весною, в усіх досліджуваних пробах, виявлено збільшення показників даного елементу. Концентрація Fe у всіх зразках менша за допустиму. Середні значення в межах норми.

Таким чином, вода у пробі з колонки № 1 не може бути безпечною для задоволення питних потреб людини, в результаті перевищення нормативу за показником міді. У всіх пробах значення показників відповідають встановленим нормам питних потреб за вмістом інших важких металів.

Для визначення впливу фактору сезонності зима–весна на показники питної води різних джерел постачання, а саме водопроводу та каптажів, застосовано парний t-критерій Стьюдента для порівняння середнього, який використовується для визначення змін до і після дії чинника з одним і тим же об'єктом. Результати порівняння деяких найбільш мінливих показників надано у таблиці 3.5. Результат t-критерія є значення параметру p-level, який визначає ймовірність на користь нульової гіпотези. Нульова гіпотеза у нашому експерименті формулюється так: середні значення певного показника зимою не відрізняються від середніх значень цього ж показника весною. Якщо значення p-level більше 0,05, то нульову гіпотезу підтверджуємо, тобто сезон значимо не впливає, і навпаки, якщо p-level менше 0,05, то нульову гіпотезу відкидаємо та стверджуємо, що сезон значимо впливає на показник.

З аналізу значень параметра p-level (табл. 3.5) можна зробити висновок, що усі його значення більше ніж 0,05 – це дозволяє визначити, що сезон зима–весна не впливає значно на зміни вказаних показників.

Для визначення впливу різних джерел постачання застосовано t-критерій Стьюдента для незалежних змінних.

Таблиця 3.5

Результати використання парного t-критерія Стьюдента для визначення впливу сезону зима-весна

Показник	Параметр		
	Середнє		p-level
	Зима	Весна	
pH (Кв)	8,0	8,71	0,105
pH (К)	7,99	8,22	0,67
Залізо (Кв), мг/дм ³	0,006	0,022	0,24
Залізо (К), мг/дм ³	0,0082	0,0131	0,28
Марганець (Кв) мг/дм ³	0,0003	0,0009	0,28
Марганець (К) мг/дм ³	0,0003	0,0002	0,53
Мідь (Кв) мг/дм ³	0,0001	0,0004	0,192
Мідь (К), мг/дм ³	0,0004	0,0017	0,196
Хлориди (Кв) мг/дм ³	416	416	1,0
Хлориди (К), мг/дм ³	432	426,6	0,67

Нульова гіпотеза для цього випадку така: середні значення кожного показника при постачанні питної води водопровідом не відрізняються від середніх значень цього ж показника при постачанні з каптажу або з природного джерела. Умова прийняття цієї нульової гіпотези чи її откидання залишається незмінною: якщо розраховане значення p-level більше 0,05, то нульову гіпотезу підтверджуємо, і робимо висновок, що джерело водопостачання значимо не впливає, і навпаки, якщо p-level менше 0,05, то нульову гіпотезу відкидаємо та стверджуємо, що джерело водопостачання значимо впливає на цей показник. Результати використання t-критерія Стьюдента для незалежних змінних для визначення впливу джерела постачання питної води наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Результати використання t-критерія Стьюдента для незалежних змінних для визначення впливу джерела постачання питної води

Показник	Зима					
	Середнє			p-level		
	Кв	К	Дж	Кв/К	Кв/Дж	К/дж
Жорсткість, ммоль/дм ³	9,2	9,6	11	0,6	0,07	0,17
Загальна мінералізація, мг/дм ³	676	671	653	0,48	0,0015	0,1
Марганець, мг/дм ³	0,00026	0,00026	0,0033	1	0,0016	0,0016
Залізо, мг/дм ³	0,006	0,008	0,0024	0,52	0,057	0,14
Цинк, мг/дм ³	0,0352	0,0455	0,0412	0,125	0,127	0,436
Показник	Весна					
	Середнє			p-level		
	Кв	К	Дж	Кв/К	Кв/Дж	К/дж
Жорсткість, ммоль/дм ³	9,33	9,1	10	0,78	0,45	0,32
Загальна мінералізація, мг/дм ³	677	696	673	0,34	0,64	0,27
Марганець, мг/дм ³	0,0009	0,0002	0,0004	0,26	0,39	0,26
Залізо, мг/дм ³	0,022	0,013	0,0027	0,48	0,198	0,013
Цинк, мг/дм ³	0,0455	0,0343	0,0399	0,47	0,54	0,67

В результаті аналізу отриманих результатів (табл. 3.6) можна зробити висновок, що вид джерела постачання питної води весною значимо впливає на показники загальної мінералізації: питна вода з водопровіду, чи з природного джерела, так як p-level дорівнює 0,0015, та на вміст марганцю різниця є водопровід – природне джерело, так як p-level дорівнює 0,0016, та каптаж – природне джерело, так як p-level також дорівнює 0,0016. А навесні значимо впливає різниця між джерелами каптаж – природне джерело на вміст заліза, так як p-level дорівнює 0,013.

ВИСНОВКИ

1. На території Холодногірського району міста Харків населення споживає питну воду з трьох джерел постачання: водопровід, каптажів та природного джерела.

2. За результатами аналізу органолептичних показників перевищень не виявлено за показниками запаху та каламутності. За показником прозорості взимку вода проби Кв2 не відповідає встановленим нормативам. Проте весною значення показника нормалізувалось і не перевищує норматив для питної води.

3. За результатами фізико-хімічних та санітарно-токсикологічних показників можна зробити такі висновки:

– значення рН у пробах з усіх вододжерел взимку відповідали нормативу, навесні значення показника у воді з усіх квартир та колонки № 3 перевищують норматив. Для зниження показників рівня рН треба застосовувати фільтри зворотного осмосу;

– в усіх пробах питної води вміст хлоридів перевищує норматив. Основними методами боротьби з хлоридами є відстоювання та фільтрація;

– перевищень нормативу за показником загальної мінералізації у жодній пробі води не виявлено;

– вміст нітритів в усіх досліджуваних пробах не перевищує встановлені нормативи;

– нітрати відсутні у всіх зразках;

– вміст аміаку в усіх пробах взимку був однаковий і не перевищував встановлені нормативи;

– відмічається перевищення нормативу за показником жорсткості в усіх пробах, тому така вода не є придатною для систематичного споживання людиною без вживання заходів із її пом'якшення;

– показник залізо загальне у жодній пробі не перевищує значення нормативу для питної води;

Примечание [k10]: После двоеточия пишем с маленькой буквы, в конце точка с запятой. Исправьте.

– за вмістом важких металів вода у пробі з колонки № 1 не може бути безпечною для задоволення питних потреб людини, в результаті перевищення нормативу за показником міді. За всіма іншими показниками перевищень не виявлено.

4. Застосовуючи парний t-тест Ст'юдента доведено, що на показники питної води з водопроводу та каптажів значно не впливає зміна сезону зима-весна.

5. За t-тестом Ст'юдента для незалежних змінних доведено значну різницю між джерелами постачання питної води весною за загальною мінералізацією для водопровіду і з природного джерела, та на вміст марганцю різниця є між водопровід – природне джерело, та каптаж – природне джерело. А навесні значимо впливає різниця між джерелами каптаж – природне джерело на вміст заліза.

Загальний висновок: рекомендовано населенню Холодногірського району міста Харкова вживати питну воду з додатковим очищенням через фільтр.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державні санітарні норми і правила ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/sanpin/dsanpin_2_2_4_171_10/25-1-0-1180.
2. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2015 році. Харків : Департамент екології та природних ресурсів, 2016. 216 с.
3. Безпека питної води – здоров'я нації. *Науковий центр прикладних екологічних досліджень*. URL: <https://cutt.ly/ZcEUExG> (дата звернення: 12.03. 2021 р.).
4. Вода питна. *Фармацевтична енциклопедія*. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/7771/voda-pitna> (дата звернення: 03.03. 2021 р.).
5. Правила вживання рідини: що пити, кому і скільки. *TCH*. URL: <https://tsn.ua/lady/zdorovye/zdorovy-obraz-zhizni/pravila-vzhivannya-ridini-723294.html> (дата звернення: 28. 02. 2021 р.).
6. Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення: Закон України від 10.01.2002 р. № 2918-III. *Відомості Верховної Ради України*. 2002. № 16. Ст.112.
7. Якість та безпечність питної води. *Новопсковська селищна рада*. URL: <https://novopskovrada.gov.ua/news/1550648900/> (дата звернення: 18.03. 2021 р.).
8. Залізо у воді. URL: <https://max-aqua.com.ua/uk/news/zhelezo-v-vode.html> (дата звернення: 28. 02. 2021 р.).
9. Залізо у воді. *Ecosoft*. URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/zhelezo-v-vode/> (дата звернення: 12.03. 2021 р.).
10. Твердість води. *Вікіпедія*. URL: <https://cutt.ly/tcEJ6k9> (дата звернення: 12.03. 2021 р.).
11. Жорстка вода та здоров'я. URL: <https://www.akvantis.com.ua/ua/stati-i-obzory/zhestkaya-voda-i-zdorove> (дата звернення: 03.03. 2021 р.).
12. Марганець у питній воді та методи його видалення. *Український центр водно-екологічних проблем*. URL: <https://cleanwater.org.ua/marhanets-v-pytevoj-vode-y-metody-yeho-udalenyua/> (дата звернення: 18. 03. 2021 р.).

13. Марганець у воді. *Зіко*. URL: <https://ziko.com.ua/all-article-marhanets-u-vodi/> (дата звернення: 18. 03. 2021 р.).
14. Вплив марганцю на організм людини. *Судова незалежна експертиза України*. URL: <https://ekspertiza.com.ua/uk/tse-korisno-znati/902-vplyv-marhantsiu-na-orhanizm-liudu> (дата звернення: 04. 03. 2021 р.).
15. Користь і шкода мідної води для здоров'я людини. URL: <https://jak.waykun.com/articles/korist-i-shkoda-midnoi-vodi-dlja-zdorov-ja-ljudini.html> (дата звернення: 18. 03. 2021 р.).
16. Мідь. *Вікіпедія*. URL: <https://cutt.ly/0cENnmt> (дата звернення: 27.03. 2021 р.).
17. Чи можна пити воду з великим вмістом поліфосфатів? *Судова незалежна експертиза України*. URL: <https://ekspertiza.com.ua/uk/tse-korisno-znati/713-chy-mozhna-pyty-vodu-z-velykym-vmistom-polifosfativ> (дата звернення: 04.03. 2021 р.).
18. Визначення хімічних показників води. URL: http://socrates.vsau.org/b04213/elbook/view_page.php?book_id=1&user=575&page_id=22 (дата звернення: 01. 03. 2021 р.).
19. Вплив сольового складу води на організм людини. URL: <https://cutt.ly/tcE1TDdb> (дата звернення: 01. 03. 2021 р.).
20. Шушковська С. В. Хлорорганічні сполуки у питній воді та їх вплив на здоров'я населення (огляд літератури та результатів особистих досліджень). *Гігієна населених місць*. 2011. № 58. С. 88–103.
21. Небезпека вмісту хлору у питній воді. *Судова незалежна експертиза України*. URL: <https://ekspertiza.com.ua/uk/tse-korisno-znati/760-nebezpeka-vmistu-khloru-u-pytinii-vodi> (дата звернення: 28.02. 2021 р.).
22. Цинк в питъевой воде. *Справочник химика 21*. URL: <https://chem21.info/info/1274945/> (дата звернення: 11.03. 2021 р.).
23. Небезпека нафтопродуктів у воді. *Держводагенство офіційний сайт*. URL: <https://www.davr.gov.ua/news/nebezpeka-naftoproduktiv-u-vodi> (дата звернення: 12.03. 2021 р.).
24. Аналіз води на нафтопродукти. *УкрХимАнализ*. URL: <https://himanaliz.ua/uk/analiz-vodi-na-naftoprodukti/> (дата звернення: 12. 03. 2021 р.).

25. Бордюг Н. С., Пати́ка В. С. Оцінка стану якості питної води децентралізованого водопостачання за епідеміологічним показником. Київ : Наукові доповіді НУБіП України, 2010. 1 (17).

26. Мікроорганізми у воді. *Ecosoft*. URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/mikroorganizmy-v-vode/> (дата звернення: 01. 03. 2021 р.).

27. Важкі метали. *Фармацевтична енциклопедія*. URL: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/14974/vazhki-metali> (дата звернення: 12.03.2021 р.).

28. Важкі метали в організмі людини. URL: <http://batareiky.in.ua/post/vazhki-metali-v-organizmi-lyudini-konspekt-lekciyi-nadi-krizhanovskoyi> (дата звернення: 02.03.2021 р.).

29. Важкі метали у воді. *Ecosoft*. URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/tyazhelye-metally-v-vode/> (дата звернення: 09.03.2021 р.).

30. Ртуть и здоровье. *Всемирная организация здравоохранения*. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health> (дата звернення: 02.03.2021 р.).

31. Свинець у питній воді. *Управління з питань цивільного захисту, оборонної роботи та взаємодії з правоохоронними органами*. URL: <https://cutt.ly/ScE6QZi> (дата звернення: 02.03.2021 р.).

32. Хром в воде. URL: <http://v0da.com/hrom-v-vode.html> (дата звернення: 11.03.2021 р.).

33. Чи можна пити воду з великим вмістом нікелю? URL: <https://ekspertiza.com.ua/uk/tse-korisno-znati/723-chy-mozhna-pyty-vodu-z-velykym-vmistom-nikeliu> (дата звернення: 11.03.2021 р.).

34. Кобальт в організмі людини. *Портал для пацієнтів*. URL: <https://euromd.com.ua/21-zdorove-zhittya/138-krasa-i-sport/4-vitamini-i-bad/post-4187-kobalt-v-organizmi-lyudini/> (дата звернення: 28. 02. 2021 р.).

35. Некос А. Н., Максимов О. М., Шевчик К. В. Екологічна якість природних вод з міських джерел м. Харкова. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. Вип. 31. С. 96–103. URL: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-09>.

36. Сафранов Т. А. Мінералізація питних вод як показник їх якості та фактор впливу на здоров'я населення. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2018. Вип. 29. С. 73–80. URL: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2018-29-08>
37. Кочанов Е. О., Острікова М. О. Оцінка якості питної води з водопроводу та підземних джерел міста Харкова. *Охорона довкілля: матеріали XV Всеукраїнських наукових Таліївських читань*. 2019. С. 41–43.
38. ДСТУ ISO 5667-6:2009 Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб з річок і струмків (ISO 5667-6:2005, IDT). [Чинний від 2009-12-03]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт_України, 2009.
39. Карта підземних водних ресурсів Харківської області. Харків, 2005.
40. Екологічний атлас Харківської області. Харків, 2005.
41. Кількісне визначення нітратів у воді. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/04/33-1.pdf> (дата звернення: 11. 03. 2021 р.).
42. Аналітична хімія. URL: <http://college.zsmu.edu.ua> (дата звернення: 20. 03. 2021 р.).
43. Титриметричні методи хімічного аналізу. URL: https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/03/Titrimetrichni_metodi_himichnogo_analizu (дата звернення: 11.03 2021 р.).
44. Фотоколориметр. URL: <https://cutt.ly/xcRd6yf> (дата звернення: 11. 03. 2021).
45. Фотометр. *Стандарт М*. URL: <http://standart-m.com.ua> (дата звернення: 11.03.2021 р.).
46. Спектрометр атомно-абсорбційний. Лабораторное оборудование. URL: <http://proflab.com.ua/produkt/product-details/2514-spektrometr-atomno-absorbcionnyj-mga-915md.html> (дата звернення: 20. 03. 2021 р.).
47. Атомно-абсорбційний аналіз. *Вікіпедія*. URL: <https://cutt.ly/xcRg7IE> (дата звернення: 15.03. 2021 р.).
48. Органолептичні властивості питної води. *Аквасвіт*. URL: <https://akvasvit.com.ua/ua/articles/organolepticheskie-svoistva-vodi.html> (дата звернення: 15.03.2021).
49. Визначення якості питної води. URL: <https://cutt.ly/EzVZzec> (дата звернення: 10.03. 2021 р.).

50. Стандарты и нормы pH для питьевой воды. URL: <https://cutt.ly/dbzuooD> (дата звернення: 30. 04. 2021 р.).

51. Кислая и щелочная вода. URL: <https://cutt.ly/SbzamHo> (дата звернення: 02.05.2021).

52. Коткова Т. М., Федючка М. І., Карась І. Ф. Екологічна оцінка питної води Лугинського району Житомирської області на вміст хлоридів, сульфатів та нітратів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2018. Т. 28. № 7. С. 83–87.

53. Анализ воды на хлор, хлориды. *УкрХимАнализ*. URL: <https://himanaliz.ua/analiz-vody-na-khlor-khlorydy/> (дата звернення: 22.03. 2021 р.).

54. Твердість води. URL: <https://cutt.ly/4cRkD3m> (дата звернення: 02.04.2021 р.)

55. Жесткая вода: плюсы и минусы. *Water Service*. URL: <https://waterservice.com.ua/blog/zhestkost-vody> (дата звернення: 02.04.2021 р.).

56. Мягкая и жёсткая вода. URL: <http://cgon.rospotrebnadzor.ru/content/shkola-gramotnogo-potrebitelya/2119> (дата звернення 01. 05. 2021 р.).

57. Ермолаева В. А. Изучение сезонных изменений жесткости и щелочности питьевой воды. *Вода и экология: проблемы и решения*. 2019. № 1. Вип. 77. С. 44 - 53.

58. Повышение щелочности питьевой воды. URL: <https://www.severyanka.spb.ru/povyshenie-shelochnosty-pitievoy-vody/> (дата звернення: 03. 04. 2021 р.).

59. Фильтры для понижения щелочности воды. URL: <https://cutt.ly/abzaxSC> (дата звернення: 02. 05. 2021 р.).

ДОДАТКИ

Додаток 1

Додаток 2