

ДВНЗ «Донецький Національний Технічний Університет»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет «Машинобудування, екології та хімічної технології»

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра «Хімічної технології»

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_/Збиковський Є.І./

“\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2021 року

## Випускна кваліфікаційна робота

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Дослідження альтернативних джерел водопостачання м. Краматорськ»

Виконала: студентка 2 курсу, групи ХТзм-19

спеціальності 161 «Хімічна технологія та інженерія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Номеровська Г. В.

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник доц. каф., к.х.н., Швець І. І.

\_\_\_\_\_  
(посада, наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(посада, наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(посада, наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Нормоконтроль: доц. каф., к.х.н., Швець І. І.

\_\_\_\_\_  
(посада, наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

*Засвідчую, що у цій  
кваліфікаційній роботі немає  
запозичень з праць інших авторів  
без відповідних посилань*

Студентка Номеровська Г. В.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

ДВНЗ «Донецький Національний Технічний Університет»

Факультет Машинобудування, екології та хімічних технологій

Кафедра Хімічних технологій

Освітньо-кваліфікаційний рівень (освітній ступінь) магістр

Спеціальність 161 «Хімічна технологія та інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_/Збиковський Є.І./  
 “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

## З А В Д А Н Н Я

### НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРУ

**Номеровська Ганна Василівна**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження альтернативних джерел водопостачання м. Краматорськ

керівник роботи Швець Ігор Іванович, доцент кафедри, к.х.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом № \_\_\_\_\_ від “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 року

2. Строк подання студентом роботи «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 року

3. Вихідні дані до роботи Матеріали переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Стан питання по даним науково-технічної літератури; методи та технологічні процеси водопідготовки; методики проведення досліджень; опис досліджень та обробка результатів; висновки.

## 5. Консультанти розділів роботи

| Розділ         | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|----------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| 1              | Швець І. І., доц. каф. ХТ, к.х.н.         |                |                  |
| Нормо-контроль | Швець І. І., доц. каф. ХТ, к.х.н.         |                |                  |
|                |                                           |                |                  |
|                |                                           |                |                  |
|                |                                           |                |                  |

6. Дата видачі завдання «17» лютого 2021 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| №<br>n/n | Назва етапів роботи                                                           | Термін виконання етапів роботи | При-мітка |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------|
| 1        | Стан питання по даним научно-патентної літератури                             | Лютий , 2021                   | -         |
| 2        | Методи та технологічні процеси водопідготовки                                 | Березень, 2021                 | -         |
| 3        | Методики проведення досліджень                                                | Квітень, 2021                  | -         |
| 4        | Визначення показників якості та безпечності природної води р. Казенний Торець | На протязі 2020 року           | -         |
| 5        | Оформлення роботи і підготовка до захисту                                     | Травень, 2021                  | -         |

Студент \_\_\_\_\_  
( підпис )Номеровська Г. В.  
(прізвище та ініціали)Керівник роботи \_\_\_\_\_  
( підпис )Швець І.І.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Номеровська Г. В. «Дослідження альтернативних джерел водопостачання м. Краматорськ» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 161 «Хімічна технологія та інженерія» –ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2021.

Магістерська робота присвячена вирішенню актуальної проблеми щодо пошуку альтернативних джерел водопостачання м. Краматорськ, в якості доступного джерела природної води запропоновано р. Казенний Торець.

Проведено щомісячне дослідження основних показників якості природних вод каналу Сіверський Донець – Донбас та р. Казенний Торець.

Виявлено, що вода каналу Сіверський Донець – Донбас відповідає нормативним вимогам майже за всіма визначеними показниками якості, відхилення від норм можуть бути ліквідовані під час етапів водопідготовки.

Вода р. Казенний Торець за більшістю показників (крім нітрат-, нітрит-іонів та амонійного азоту) не відповідає вимогам нормативних актів.

Проведені дослідження показали, що природні води р. Казенний Торець не можуть бути використані в якості альтернативного джерела водопостачання м. Краматорськ, тому що вони не відповідають санітарно-хімічним показникам безпеки та якості води

У кваліфікаційній роботі наведені 79 сторінок машинного друку, 6 таблиць, 3 рисунки, 33 джерел літератури.

Ключові слова: питна вода, водопостачання, альтернативні джерела, показники якості.

Список публікацій здобувача:

1. Номеровська Г. В., Швець І. І. Дослідження альтернативних джерел водопостачання м. Краматорськ / Міжнародна науково-практична конференція «Наукові досягнення та відкриття сучасної молоді»: Збірник тез доповідей, Покровськ: ДонНТУ, 28 квітня, 2021 р.

## ABSTRACT

Nomerovska Hanna "Research of alternative sources of water supply in Kramatorsk" / Graduation thesis for the degree of "master" in the specialty 161 "Chemical Technology and Engineering" - SHEI DonNTU, Pokrovsk, 2021.

The master's thesis is devoted to solving the current problem of finding alternative sources of water supply in Kramatorsk, as an available source of natural water proposed by r.K. Torets.

A monthly study of the main indicators of natural water quality of the Seversky Donets - Donbass and K. Torets rivers was conducted.

It was found that the water of the Seversky Donets - Donbass canal meets the regulatory requirements for almost all defined quality indicators, deviations from the norms can be eliminated during the stages of water treatment.

K. Torets river water in most respects (except for nitrate, nitrite ions and ammonium nitrogen) does not meet the requirements of regulations.

The possibility of using the city of Kramatorsk, Kazeny Torets, as an alternative source of water supply has been investigated. The main sanitary-chemical indicators of water safety and quality are determined and their dependence on the season is investigated.

The qualifying work contains 79 pages of machine printing, 6 tables, 3 figures, 33 sources of literature.

Keywords: drinking water, water supply, alternative sources, quality indicators.

### List of Zdobuvach's publications:

1. Nomerovska H., Shvets I. Research of alternative sources of water supply in Kramatorsk / International scientific-practical conference "Scientific achievements and discoveries of modern youth": Collection of abstracts. Pokrovsk:DonNTU, 28 April, 2021.

## ЗМІСТ

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....                                              | 8  |
| ВСТУП.....                                                                  | 9  |
| 1 ПИТНА ВОДА .....                                                          | 11 |
| 1.2 Вимоги до якості питної води.....                                       | 16 |
| 1.3 Водопостачання Донецької області.....                                   | 20 |
| 2 МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВОДОПІДГОТОВКИ .....                       | 26 |
| 2.1 Освітлення та коагуляція .....                                          | 26 |
| 2.2 Флокуляція.....                                                         | 29 |
| 2.3 Підлугівання води.....                                                  | 32 |
| 2.4 Хлорування .....                                                        | 34 |
| 3 МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....                                        | 40 |
| 3.1 Методи визначення смаку, запаху, кольоровості і каламутності .....      | 40 |
| 3.1.1 Метод визначення запаху води.....                                     | 40 |
| 3.1.2 Органолептичний метод визначення смаку.....                           | 41 |
| 3.1.3 Фотометричний метод визначення кольоровості .....                     | 41 |
| 3.2 Метод визначення загальної жорсткості.....                              | 42 |
| 3.3 Метод визначення масової концентрації загального заліза .....           | 44 |
| 3.4 Метод визначення вмісту сульфатів .....                                 | 45 |
| 3.5 Метод визначення сухого залишку .....                                   | 47 |
| 3.6 Методи визначення хлоридів.....                                         | 49 |
| 3.7 Методи визначення вмісту залишкового активного хлору.....               | 52 |
| 3.8 Методи визначення мінеральних азотовмісних речовин .....                | 54 |
| 3.8.1 Визначення масової концентрації аміаку й іонів амонію (сумарно) ..... | 54 |
| 3.8.2 Визначення масової концентрації нітритів.....                         | 55 |
| 3.8.3 Визначення вмісту нітратів.....                                       | 56 |
| 3.9 Визначення рН.....                                                      | 57 |
| 4 ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД р. КАЗЕННИЙ ТОРЕЦЬ .....                   | 59 |
| ВИСНОВКИ .....                                                              | 66 |

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....                                                  | 67 |
| ДОДАТКИ .....                                                           | 70 |
| Показники епідемічної безпеки питної води .....                         | 70 |
| Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води .....     | 72 |
| Таблиця 1 .....                                                         | 72 |
| Таблиця 2 .....                                                         | 76 |
| Таблиця 3 .....                                                         | 78 |
| Показники питомої альфа- і бета-активності питної води.....             | 79 |
| Радіаційні показники безпеки питної води.....                           | 79 |
| Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води . | 79 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ДСанПіН – Державні санітарні правила і норми;

ДСТУ – Державні стандарти України;

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я;

ЕНЯ – екологічний норматив якості;

БСК – Біохімічне споживання кисню;

ДДТ – дихлордифенілтрихлорметилметан;

АВ – активоване вугілля;

ТГМ – тригалогенметан:

рН – водневий показник;

НОК – нефелометричні одиниці каламутності

## ВСТУП

Актуальність роботи. В Україні вже давно назріває проблема питної води, оскільки за запасами доступних до використання водних ресурсів країна належить до малозабезпечених.

Головною річкою Донецького регіону є Сіверський Донець. Ця ж річка забезпечує свіжою водою комунальні та промислові об'єкти.

Якість питної води централізованих систем водопостачання залежить від якості вихідної води, ефективності технологій її підготовки, а також стану водопровідних мереж і регулярності їх експлуатації.

Постачання питної та технічної води на місто Краматорськ здійснюється КП «Компанія «Вода Донбасу» КП «Компанія “Вода Донбасу» (питна вода), а також каналом Сіверський Донець - Донбас КП «Компанія “Вода Донбасу» (технічна вода). Альтернативних джерел водопостачання місто поки що не має.

На сьогоднішній день в системі водопостачання м.Краматорськ існує декілька істотних проблем, одна з яких відсутність альтернативних джерел для централізованого водопостачання м. Краматорська та прилеглих селищ, повна залежність від постачальника питної та технічної води на місто КП «Компанія «Вода Донбасу», що призводить до значних витрат на покупну воду.

Мета роботи. Дослідити можливість використання води річки Казенний Торець в якості альтернативного джерела водопостачання м. Краматорськ.

Об'єктом дослідження є питна вода

Предмет дослідження – природна вода каналу Сіверський Донець – Донбас та р.Казенний Торець.

Завдання, що поставлені в даній кваліфікованій роботі:

1. Дослідити методи та технологічні процеси водопідготовки.
2. Дослідити методики проведення досліджень.
3. Дослідити основні показники якості природних вод каналу Сіверський

Донець - Донбас та р. Казенний Торець.

4. Вивчити вплив змін пір року на динаміку показників якості природних вод.

5. Визначити можливість використання природних вод р. Казенний Торець в якості альтернативного джерела водопостачання м. Краматорськ.

Структура і обсяг роботи. Кваліфікована дипломна робота викладена на 79 сторінках машинописного тексту, складається з вступу, чотирьох основних глав, висновків, переліку посилань та додатків.

## 1. ПИТНА ВОДА

### 1.1 Загальна характеристика і принципи класифікації питної води

Згідно з Законом України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» питна вода – вода, призначена для споживання людиною (водопровідна, фасована, з бюветів, пунктів розливу, шахтних колодязів та каптажів джерел), 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 [1].

Будь-яка використовувана людиною вода, в тому числі питна, в своїй основі є природною, оскільки спочатку виходить з природних джерел. Штучно синтезована вода для питних цілей не придатна, об'єми її виробництва незначні, витрати на отримання колосальні. За ступенем зміненості складу і властивостей використовуваної питної води в порівнянні з початковим природним виділяються два види питної води – натуральна і підготовлена [2].

Питна вода, отримана безпосередньо з високоякісних природних вододжерел без застосування методів водопідготовки, що змінюють її природний хімічний склад і фізичні властивості, і спочатку відповідає встановленим до питної води вимогам, може бути умовно названа «натуральною питною водою». Натуральними можуть бути визнані артезіанські, ґрунтові, джерельні, льодовикові, річкові, озерні, атмосферні та інші види природної питної води, що не проходять зазначену вище підготовку. Вода, якість якої на рівні питної може бути досягнута лише після відповідної водопідготовки, в результаті якої змінюються її початковий склад і властивості може бути названа «підготовленою питною водою». Виділяються наступні основні види підготовленої води - очищена, доочищена, кондиціонована і змішана. Очищена питна вода, як випливає з самої назви, отримується шляхом її очищення, що проводиться з метою зниження надмірного вмісту в воді

шкідливих речовин і мікроорганізмів. Способів, методів і установок з очищення безліч. Їх вибір визначається виходячи з початкової і необхідної якості води, що очищається і економічних можливостей. Попередньо очищена питна вода, що пройшла повторну очистку (доочистку) з метою подальшого поліпшення її якісних показників, називається доочищеною питною водою. На практиці під «доочищена» найбільш часто розуміється вода, отримана на локальних водоочисних установках в системах централізованого водопостачання, або в побутових водоочисних пристроях, де попередньо очищена на головних спорудах водопроводу природна вода, очищається повторно [3].

Теоретично число ступенів очищення (доочищення) води необмежене і визначається вимогами до одержуваної води, технічними можливостями водоочисних пристроїв і економічними міркуваннями. Кондиціонована питна вода – це вода, в якій штучно підвищується концентрація тих чи інших речовин (наприклад, шляхом додавання йод- або фторовмісних речовин) з метою досягнення встановлених для них значень нормативних показників. Питна вода змішаного виду виходить шляхом комбінування при її підготовці методів очищення, доочищення і кондиціонування. Найбільш яскравим прикладом підготовленої води змішаного виду є бутильована питна вода вищої категорії якості. У природі вода з таким складом і властивостями до сих пір не виявлена [3].

З точки зору безпосереднього місця знаходження питної води і отримання її споживачами можуть бути виділені:

- -питна вода в системах питного водопостачання (централізованих, нецентралізованих, автономних, в системах питного водопостачання на транспорті та ін.)
- питна вода, отримана за допомогою побутових водоочисних пристроїв;
- питна вода, розфасована в ємності (бутлі, контейнери, пакети).

В особливу категорію можна виділити питні мінеральні води, в тому числі бутильовані. Очевидно, що якість будь-якої води може оцінюватися лише стосовно конкретних видів її використання (водокористування), число яких величезне. Вода цілком придатна для поливу сільгоспкультур або

рибогосподарських цілей, може повністю вивести з ладу системи вироблення пари і охолодження устаткування на теплових електростанціях. Вода, яка з успіхом використовується в багатьох галузях промислового виробництва, як правило, не придатна для пиття [4].

Під гігієнічними нормативами якості питної води мається на увазі «сукупність науково обґрунтованих і встановлених санітарними правилами гранично допустимих значень показників органолептичних властивостей, епідеміологічної та радіаційної безпеки, вмісту хімічних речовин і мікроорганізмів у питній воді, що гарантують безпеку і нешкідливість питної води для життя і здоров'я людини незалежно від тривалості її використання» [5].

Забезпечення нормативних показників якості будь-якої, в тому числі питної води пов'язане з певними, найчастіше значними витратами. Тому самі нормативи якості води в значній мірі обумовлені загальноекономічними, регіональними і технологічними можливостями їх досягнення і встановлюються диференційовано для різних систем водозабезпечення. Якість безпосередньо питної води також нормується стосовно існуючої (проектованої) системи водопостачання, або конкретного способу забезпечення водою. При цьому нормативи якості встановлюються диференційовано для питної води в системах питного водопостачання, питної води, розфасованої в ємності. Далі ці нормативи конкретизуються за видами систем водопостачання (централізовані і нецентралізовані), за категоріями розфасованої води (перша та вища) і умов використання води (аварійні, надзвичайні і ін.) [5].

Тому, хоча мова у всіх випадках йде про питну воду (тобто воду придатною безпосередньо для пиття і приготування харчових продуктів), слід мати на увазі, що вимоги до її якості в різних системах водопостачання і умовах різні. Найбільш суворі критерії та нормативи якості встановлені для розфасованих питних вод. Найменш суворі – для води нецентралізованого водопостачання. Проміжне становище за суворістю встановлюваних критеріїв і нормативів якості займає питна вода в системах централізованого

водопостачання. Для періодів надзвичайних ситуацій розроблені та можуть вводитися особливі вимоги до якості питної води [6].

З багатьох визначень питної води, в тому числі тих, що приводяться в нормативних документах, слід, що питна вода крім прямого призначення повинна задовольняти побутові потреби людини. Наслідком цього є, зокрема, триваюче відтворення систем централізованого господарсько-питного водопостачання з використанням величезних обсягів води питної (або близького до нього) якості не стільки для пиття, приготування їжі та цілей особистої гігієни, скільки для господарсько-побутових потреб, включаючи розведення і відведення відходів життєдіяльності населення, для задоволення яких не потрібна вода питної якості.

Прісні водні ресурси існують завдяки вічному круговороту води. Річки завжди були джерелом прісної води. У сучасну епоху вони стали транспортувати відходи. Відходи на водозбірній території по руслах річок стікають в моря і океани. Найбільша частина використаної річкової води повертається назад в річки і водойми у вигляді стічних вод. До сих пір зростання очисних споруд відстає від зростання споживання води. Навіть при найоптимальнішому очищенні, включаючи біологічне, усі розчинені неорганічні речовини і до 10 % органічних забруднюючих речовин залишаються в очищених стічних водах. Тому така вода знову може стати придатною для споживання тільки після багаторазового розведення чистою природною водою [6].

При отриманні питної води розрізняють дві основні групи за її походженням: поверхневі і підземні води.

Поверхневі води поділяються на:

1. Річкова вода. Річкова вода найчастіше піддається забрудненню, тому в останню чергу придатна для пиття. Більшою мірою забруднення річкових вод відбувається стічними водами, які надходять від промислових підприємств і т.д. Підготовка річкової води є метою питного водопостачання. Цей процес

ускладняється через сильні коливань забруднення питної води, як в кількісному відношенні, так і за своїм складом [7].

2. Озерна вода. Це вода, яка видобувається навіть з великих глибин, вкрай рідко є бездоганною в біологічному плані й тому повинна проходити спеціальну очистку до питної кондиції.

3. Вода з водосховищ. Вода складається з невеликих річок і струмків, які заповнені у верхній течії, де забруднення найменше.

4. Морська вода. Морська вода не може подаватися в мережу питного водопостачання без знесолення. Вона видобувається і проходить водопідготовку тільки у морського узбережжя і на островах, якщо немає можливості використовувати інше джерело водопостачання.

Підземні води, в свою чергу, поділяють на:

а) Артезіанські води. Йдеться про води, які завдяки насосам піднімаються на поверхню з поверхневого простору. Вони можуть залягати під землею в кілька шарів або так званих ярусів, які повністю захищені один від одного. Артезіанська вода є найкращою для цілей питного водопостачання. Хімічний склад артезіанської води, як правило, є постійним.

б) Інфільтраційні води. Ці води видобуваються зі свердловин насосами, глибина яких відповідає відміткам дна струмка, озера чи річки. Якість такої води в значній мірі визначається поверхневою водою в самому водотоці, де вода, видобута за допомогою інфільтраційного водозабору, є придатною для питних цілей. При цьому можуть мати місце коливання її температури, запаху і хімічного складу.

в) Джерельні води. Джерельні води самовиливаються природним шляхом на поверхню землі. Будучи підземною водою, вона в біологічному відношенні бездоганна і за своїми якостями прирівнюється до артезіанських вод. Джерельна вода за своїм складом відчуває сильні коливання не тільки в короткочасні періоди часу (дощ, посуха), але і за порами року (наприклад танення снігу) [7].

## 1.2 Вимоги до якості питної води

Питна вода повинна бути безпечною в епідемічному й радіаційному відношенні, нешкідлива за хімічним складом і мати сприятливі органолептичні властивості.

Нешкідливість питної води визначається за хімічним складом і визначається її відповідністю нормативам по:

- узагальненими показниками і вмісту шкідливих хімічних речовин, що найчастіше зустрічаються в природних водах на території свого міста;
- вмісту шкідливих хімічних речовин, що надходять і утворюються у воді в процесі її обробки в системі водопостачання;
- вмісту шкідливих хімічних речовин, що надходять в джерела водопостачання в результаті господарської діяльності людини.

Безпека питної води в епідемічному відношенні визначається її відповідністю нормативам за мікробіологічними та паразитологічними показниками. Сприятливі органолептичні властивості води визначаються її відповідністю нормативам, а також нормативам вмісту речовин, що впливають на органолептичні властивості води [9].

Якість питної води повинна відповідати гігієнічним нормативам перед її надходженням у розподільну мережу, а також в точках водозабору зовнішньої і внутрішньої водопровідної мережі.

Показники якості питної води поділяються на три загальні підрозділи:

- хімічні
- мікробіологічні
- фізичні.

Хімічні властивості охоплюють: концентрації шкідливих речовин в цілому і важких металів зокрема, сліди органічних сполук, загальну мінералізацію води. Хімічні параметри стосуються ризику шкоди здоров'ю людини через накопичення в організмі важких металів та інших сполук: переважна більшість шкідливих речовин при перевищенні гранично

допустимих концентрацій чинить негативний вплив на життя та здоров'я людини.

Мікробіологічні показники епідемічної безпеки стосуються коліформних бактерій, кишкової палички, а також певних видів патогенних бактерій (таких, як холерний вібріон), вірусів і найпростіших паразитів, перевищення яких може призвести до виникнення інфекційних хвороб у людини [10].

Фізичні властивості води визначаються органолептичними показниками, такими, як смак та присмак, забарвленість, запах і каламутність питної води, що сприймаються органами чуття. Відповідно до стандартів якості питної води України, кожен органолептичний показник не має перевищувати встановлену граничну межу у балах, градусах чи нефелометричних одиницях каламутності (НОК), в той час як згідно зі стандартами якості питної води в Євросоюзі та США органолептичні показники питної води не мають жорстко встановлених рамок і умовно поділяються на прийнятні та неприйнятні для споживачів [10].

З 01.02.2015 року набув чинності національний стандарт України ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» [11]. Стандарт розширює спектр показників, які контролюються. У цьому стандарті реалізовано норми Закону України «Про питну воду та питне водопостачання», ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [12], основні вимоги Директиви Ради Європейського Союзу №98/83 ЄС від 03.11.1998 р. про якість води, призначеної для споживання людиною, Керівних принципів забезпечення якості питної води ВООЗ від 2011 р. і документа Комісії Аліментаріус «Загальний стандарт на розфасовані у пляшки/паковані питні води (відмінні від мінеральних вод)» CODEX STAN 227-2001. Вимоги нормативного документа направлені на підвищення якості та безпечності питної води, яка виробляється. Виробництво води - це складний багато етапний процес і на кожному виробничому процесі існує ризик зниження якості та безпечності продукту. Тому першочергова задача виробничих та контролюючих лабораторій не допустити виходу неякісної продукції, яка б могла принести шкоду здоров'ю споживачів [13].

Державний стандарт України «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні й екологічні вимоги до якості питної води та правила відбору» ДСТУ 4808:2007 введений в дію 01.01.2012. Цей стандарт поширюється на джерела централізованого питного водопостачання й установлює гігієнічні, екологічні й технологічні вимоги до вибору нових й оцінці існуючих джерел водопостачання [14].

Класифікація якості поверхневих вод України – джерел централізованого питного водопостачання – по гігієнічних й екологічних критеріях охоплює 80 показників, які застосовуються для оцінки якості питної води згідно санітарного законодавства й мають сім окремих груп (див. Додатки):

I група – 4 органолептичних показників;

II група – 17 загальносанітарних показників хімічного складу води;

III група – 6 гідробіологічних показників;

IV група – 6 мікробіологічних показників;

V група – 2 паразитологічних показники;

VI група – 9 показників радіаційної безпеки;

VII група – 36 пріоритетних токсикологічних показників хімічного складу води (з них 25 – неорганічних та 11 – органічних).

Також класифікуються джерела по чотирьох класах якості води, кожен клас по всім 7 групам. Для централізованого водопостачання використовуються в першу чергу джерела 1-3 класів.

Основними показниками якості води є:

1. Запах – це показник якості води, який визначається органолептичним методом за допомогою нюху на підставі шкали сили запаху. Встановлюється в холодному або в гарячому стані. Силу запаху вказують за 5-бальною шкалою: 0 – немає запаху, 1 – дуже слабкий запах, 2 – слабкий запах, 3 – виразний запах, 4 – сильний запах, 5 – дуже сильний запах. Запах води поділяють на кілька видів: болотний, гнильний, землистий, сірководневий, ароматичний, хлорний, фенольний, хлорфенольного, нафтової та ін.

2. Присмак води може бути: кислуватим, солонуватий, гіркуватим, солодкуватим.

Наявність запахів і присмаків говорить про вміст (можливо перевищення) в воді газів, мінеральних солей, органічних речовин, нафтопродуктів, мікроорганізмів. Як правило, з підвищенням температури запахи і присмаки посилюються.

3. рН – показує ступінь кислотності або лужності води і кількісно визначається концентрацією іонів водню. Визначення рН виконується колориметричним або електрометричним методом. Вода з низьким значенням рН відрізняється корозійною активністю, вода з високим значенням рН виявляє схильність до утворення піни. У воді питних водопроводів значення рН повинне знаходитися в межах 6,5-8,5.

4. Нітрати і нітрити. Нітрати у воді в 1,5 рази більш токсичні нітратів, які містяться в овочах. Підвищений вміст нітратів у воді викликає токсичний ціаноз. Всмоктування нітратів призводить до підвищення вмісту метгемоглобуліна в крові людини.

5. Жорсткість – фізичні і хімічні властивості води, яке показують наявність в питній воді розчинених солей кальцію і магнію. При високому вмісті таких солей вода називається жорсткою, при низькому рівні – м'якою.

Жорстка вода згубно впливає на побутові прилади. При тривалому використанні такої води в чайниках і каструлях з'являється щільна кірка накипу. Накип утворюється в батареях, що погіршує в рази їх роботу. Так само призводить до поломок пральних, посудомийних машин. Сантехніка дуже реагує на жорстку воду.

Жорстка вода несприятливо впливає на шкіру людини, органи травлення. Найбільше страждає серцево-судинна система. Так само впливає на захворювання суглобів і утворення каменів в нирках.

6. Залізо – одна з найпоширеніших проблем води. Рівень заліза не повинен перевищувати 0,2 мг/л. Якщо цей показник вище, вода має терпкий металевий смак, з'являється руда кольоровість. На сантехніці утворюються руді

плями. У трубопроводах формуються залізисті відкладення. Така вода не придатна для вживання людиною як в побуті, так і в промислових цілях.

7. Марганець зустрічається в воді разом з розчиненим залізом. Визначити наявність Mn можливо без аналізу. Присутній чорний осад, вода мутно-темна. Відкладається на стінках труб, що призводить до зниження продуктивності. При використанні людиною такої води руки і нігті фарбуються. Вміст марганцю в питній воді не повинен перевищувати 0,05 мг/л.

8. Окиснюваність – умовний показник якості води, який визначає вміст у воді речовин, що окислюються перманганатом калію. Величина окиснюваності більше 5 мг кисню в літрі вказує на можливе забруднення джерела стічними водами; викликає спінювання води в парових котлах; вказує на можливість розвитку органічних обростань в охолоджуваних водою теплообмінних апаратах.

9. Забарвленість – забарвлення води в той чи інший колір. Свідчить про наявність у воді вище норми високомолекулярних сполук ґрунтового характеру, заліза в колоїдній формі. Забарвленість не повинна перевищувати 20 ° стандартної платінокобальтової шкали.

10. Каламутність – прозорість води. Залежить від наявності у воді зважених часток. Каламутність питної води не повинна перевищувати 0,5 мг/л. Використання каламутної води для питного водопостачання небажано, а іноді і просто неприпустимо.

11. Сірководень часто зустрічається в підземних водах. Він володіє різким неприємним запахом (тухлих яєць). Викликає корозію металевих стінок труб, баків і котлів і є отрутою. Сірководень в сукупності з залізом утворюють чорні відкладення на трубах, фарбують речі.

### 1.3 Водопостачання Донецької області

Водні ресурси області формуються за рахунок транзитної притоки поверхневих вод по р. Сіверський Донець, місцевого річкового стоку, що

формується в межах області, стічних, шахтних і кар'єрних вод, а також експлуатаційних запасів підземних вод [15].

Згідно гідрографічного районування територія області поділяється на три частини: Північну (суббасейн Сіверського Дінця район річкового басейну річки Дон), Південну (басейн річок Приазов'я) та західну (суббасейн нижнього Дніпра).

По території області протікає 246 річок довжиною більше 10 км. Це всього лише 1 % від загальної кількості річок України. З них, згідно класифікації річок України, одна відноситься до великих – Сіверський Донець, загальною довжиною 1053 км. Вісім середніх річок, до яких відносяться Казенний Торець, Лугань (суббасейн Сіверського Дінця район річкового басейну річки Дон), Кальміус, Міус, Кринка (басейн річок Приазов'я) та Самара, Вовча та Мокрі Яли (суббасейн нижнього Дніпра). Решта річок відноситься до категорії малих.

В області розташовано:

- 129 водосховищ, загальним об'ємом 858,30 млн м<sup>3</sup>;
- 2147 ставків, загальним об'ємом 270,00 млн м<sup>3</sup>;
- 63 озера;
- 45 кар'єрів [16].

Головною річкою Донецького регіону є Сіверський Донець. Ця ж річка забезпечує свіжою водою комунальні та промислові об'єкти. Северско-Донецьке басейнове управління, розташоване в м Слов'янськ, контролює якість вод в трьох регіонах, безпосередньо пов'язаних з річкою: Харківському, Луганському та Донецьком.

Басейн Сіверського Дінця – транскордонного водного об'єкта – дуже складна і чутлива екологічна система, яка містить унікальний водогосподарський комплекс з каналами, магістральними водоводами і водосховищами. Довжина річки становить 1053 км, в межах Донецького регіону – 96 км (15%), в межах Луганського – 252 км (45%). Всього в басейні р. Сіверський Донець понад 266 річок (довжиною більше 10 км) загальною

протяжністю понад 7610 км, в який і входить канал Сіверський Донець – Донбас потужністю 43 м<sup>3</sup>/с для забезпечення водою значної частини Донбасу [16].

Крім Сіверського Дінця до порівняно великих річках Донецького басейну відносяться і його притоки - Айдар, Деркул, Красна, Казенний Торець, Лугань, Бахмутка, Велика Кам'янка, а також річки, що безпосередньо впадають в Азовське море, - Міус, Кальміус, Грузький Еланчик. На західних схилах Донецького кряжа розташовані верхів'я річок Самари і Вовчої, що належать до басейну Нижнього Дніпра [16, 17].

Найбільш істотним фактором, що впливає на чистоту води в поверхневих водоймах регіону, є кількість і якість скидаються в них стічних вод, оскільки головними забруднювачами води є її найбільші споживачі – промислові підприємства [18].

За даними державної звітності [19] водокористування у 2019 році в Донецькій області здійснювали 677 водокористувачів, у тому числі по галузях економіки: промисловість – 144 (21%), сільське господарство – 358 (53%) з них 254 водокористувачі рибного господарства, які здійснюють використання води без її вилучення (71% від сільськогосподарської галузі), комунальне господарство – 81 (12%), інші галузі – 94 (14% від загальної кількості водокористувачів по галузях).

Об'єм забору води з природних водних об'єктів (поверхневі, у тому числі морська вода та підземні водні ресурси) у 2019 році складав 1791 млн м<sup>3</sup>, у тому числі по джерелах забору:

- поверхневої прісної – 1202 млн м<sup>3</sup> (67% від загального забору води по області),
- підземної – 97,95 млн м<sup>3</sup> (5,5% від загального забору води по області), з яких 68,43 млн м<sup>3</sup> шахтно-кар'єрних (70% від загального забору підземних вод по області);

У межах Донецької області негативний вплив на формування якості в р. Сіверський Донець мають скиди підприємств безпосередньо в р. Казенний Торець та його основний приток – Кривий Торець.

У басейн річки Казенний Торець здійснюють скиди 45 підприємств із загальним об'ємом скиду – 492,4 млн м<sup>3</sup>, з них 3,4% (16,6 млн м<sup>3</sup>) забруднених. Найбільшими забруднювачами поверхневих водних об'єктів басейну р. Казенний Торець є підприємства: Горлівське, Мирноградське, Костянтинівське, Торецьке і Дружківське ВУВКГ, Донецьке РВУ та РУЕК КП «Компанія «Вода Донбасу», на які приходить 97% від скиду забруднених зворотних вод по басейну. Скид шахтно-кар'єрних вод без категорії в басейні склав 17,5 млн м<sup>3</sup> (4% від скиду по басейну).

Значний вплив на формування якості води у р. Сіверський Донець має р. Бахмутка. У басейн р. Бахмутка здійснюють скид 12 підприємств із загальним об'ємом скиду 3,51 млн м<sup>3</sup>, з яких 0,24 млн м<sup>3</sup> (7%) забруднених зворотних вод, скид шахтно-кар'єрних вод без категорії в басейні склав 0,388 млн м<sup>3</sup> (11% від скиду по басейну).

У 2019 році Сіверсько-Донецьким басейновим управлінням водних ресурсів державний моніторинг поверхневих вод здійснюється в суббасейні річки Сіверський Донець, в т.ч. діагностичний моніторинг масивів поверхневих вод з метою встановлення їх хімічного стану [16].

Державний моніторинг поверхневих вод в Донецькій області здійснюється у 14 пунктах моніторингу на річках Сіверський Донець, Казенний Торець, Кривий Торець, Сухий Торець, Бичок (Клебан-Бик) та Бахмутка. Вимірювання здійснювались за 37 показниками, в т.ч.:

- фізико-хімічними (у районах поверхневих питних водозаборів) – 12 показників: температура, розчинений кисень, мінералізація, водневий показник, біологічне споживання кисню, хімічне споживання кисню, азот загальний, азот амонійний, азот нітритний, азот нітратний, фосфор загальний, фосфор ортофосфатів;
- забруднюючими речовинами для визначення хімічного стану масивів поверхневих вод – 9 показників: кадмій, свинець, ртуть, нікель, ДДТ,  $\alpha$ -гексахлорциклогексан, трифлуралін, атразін, сімазін [16];
- специфічними для суббасейну Сіверського Дінця – 6 показників, у т.ч.

З – визначеними на основі скринінгу: прометрін, цинк, жорсткість; З – речовини, що скидаються до поверхневих водних об'єктів у великій кількості: марганець, мідь, хром заг.;

– додатковими речовинами для питних пунктів моніторингу – 10 показників: зважені речовини, сульфати, хлориди, залізо заг., кобальт, СПАРАН., алюміній, кальцій, магній, нафтопродукти.

Оцінка хімічного стану масивів поверхневих вод виконувалась за показниками:

– важкі метали (кадмій, свинець, ртуть, нікель);  
– пестициди (ДДТ,  $\alpha$ -гексахлорциклогексан, трифлуралін) та гербіциди (атразін, сімазін).

За результатами вимірювань у 2019 році спостерігається перевищення середньорічних концентрацій показників відносно ГДК<sub>риб</sub> по:

– р. Сіверський Донець: по БСК5 – 1,8 ГДК, залізу загальному – 1,1-1,9 ГДК, марганцю 3,7-5,9 ГДК, міді 1,8-3,5 ГДК, нікелю 1,6-2,1 ГДК, цинку 1,2-2,1 ГДК;

– р. Казенний Торець: по залізу загальному – 1,7 ГДК, кобальту 1,1-1,2 ГДК, марганцю 4,3-5,3 ГДК, міді 3,5-4,1 ГДК, нафтопродуктам 2,2-2,6 ГДК, нікелю 2,3-2,4 ГДК, цинку 2,4-2,5 ГДК;

– р. Кривий Торець: по залізу загальному – 1,5-1,8 ГДК, кобальту до 1,1 ГДК, марганцю 4,3-5,2 ГДК, міді 2-3,4 ГДК, нафтопродуктам 2,1-2,3 ГДК, нікелю 2-2,3 ГДК, цинку 1,3-2,5 ГДК [16].

Максимальні концентрації. Серед досліджуваних важких металів по всіх пунктах моніторингу в Донецькій області зафіксовано перевищення  $ЕНЯ_{\text{МАХ}}$  лише по вмісту свинцю. Концентрація цього показника перевищувала максимально допустиму концентрацію  $ЕНЯ_{\text{МАХ}}$  по всіх пунктах, мінімально в 1,21 рази у пункті р. Сіверський Донець, с. Крива Лука (у квітні, травні, липні, серпні та листопаді) та максимально в 3,14 рази у пункті р. Бахмутка, гирло, с. Дронівка (у березні).

Середньорічні концентрації. Перевищення середньорічних концентрацій

згідно нормативу екологічної якості ЕН<sub>ЯСР</sub> по:

- свинцю – мінімально у 14,7 (р. Сіверський Донець, с. Крива Лука),  
максимально у 35,4 рази (р. Бахмутка, гирло, с. Дронівка),
- нікелю – мінімально у 3,6 (р. Сіверський Донець, с. Крива Лука),  
максимально у 6,6 рази (р. Бахмутка, гирло, с. Дронівка).

У цілому за результатами спостережень у 2019 році якісний стан поверхневих водних об'єктів басейну річки Сіверський Донець в межах Донецької області на рівні минулих років, концентрації забруднюючих речовин коливаються в межах середньобогаторічних значень в залежності від періоду року та фактичної водності річок [16].

## 2 МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВОДОПІДГОТОВКИ

Основними методами поліпшення якості води для господарсько-питних цілей є освітлення, знебарвлення й знезаражування.

### 2.1 Освітлення та коагуляція

Освітлення води це первісна стадія водопідготовки. Ціль його забезпечити можливо повне очищення вихідної води від зважених частинок, присутніх у всяких поверхневих водах.

Природними процесами, що приводять до очищення природної води від зважених речовин, є відстоювання та фільтрація.

Для того, щоб освітлення води шляхом відстоювання і фільтрування можна було б здійснювати в промислових умовах, необхідні заходи щодо укрупнення присутніх у природній воді тонкодисперсних і колоїдних частинок. Основним у числі цих заходів є коагуляція [6].

Термін «коагуляція» латинського походження й означає згортання. При коагуляції води відбувається укрупнення тонкодисперсних, дрібних та колоїдних частинок у результаті чого збільшується швидкість його осадження, а також здатність затримуватись пористими фільтруючими матеріалами.

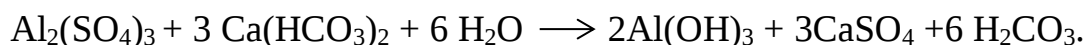
Колоїді частинки, маючи електричний заряд, взаємно відштовхуються, що перешкоджає їх укрупненню. Для усунування цієї перешкоди в оброблювану воду, що містить звичайно негативно заряджені колоїдні частинки, вводять штучно створені колоїдні частинки, що мають позитивний електричний заряд. Взаємодія протилежно заряджених колоїдних частинок приводить до їх взаємного притягання, нейтралізації зарядів та укрупнення.

Позитивно зарядженими колоїдами є гідрати окислів металів, з яких найбільше застосування для освітлення води одержали гідрати окислів алюмінію. Для одержання цих колоїдів в оброблювану воду вводять добру розчинну сіль

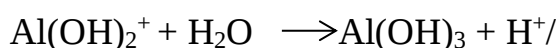
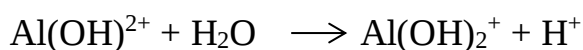
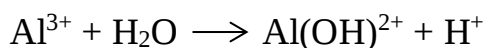
алюмінію, що у результаті гідролізу утворить малорозчинний гідрат окислу, що випадає у вигляді колоїдних частинок з позитивним зарядом [6].

На фільтрувальній станції в якості коагулянту застосовується алюміній сульфат  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14-18 \text{ H}_2\text{O}$ , що дозується в оброблювану воду у вигляді розчинів з концентрацією 3-10%.

Процес утворення колоїдів гідроксиду алюмінію у скороченому вигляді можна представити рівнянням:



Гідроліз солей алюмінію перебігає у декілька стадій:



Ступінь гідролізу підвищується з розведенням розчину, підвищенням його температури та рН.

Алюмінію гідроксид – типова амфотерна сполука, тобто володіє як кислотними, так і лужними властивостями.

Великий вплив на процес коагуляції чинять концентрація іонів водню та гідроксид-іонів, тобто рН розчину. Алюмінію гідроксид має максимальну розчинність при рН=6,5-7,5. Осадження  $\text{Al}(\text{OH})_3$  починається при рН=3 і досягає повноти при рН=7. Надалі, з підвищенням рН, осад починає розчинятися, що стає помітним при рН=9.

Утворення алюміній гідроксиду пов'язане з появою у воді іонів водню, які зв'язуються присутніми в природній воді бікарбонат-іонами з утворенням вуглекислоти.

Отже, при коагуляції лужність води знижується. Тому в таких випадках, коли лужність оброблюваної води недостатня, для зв'язування всіх іонів водню, що утворюються при гідролізі коагулянту, необхідно додавати лугу, щоб уникнути після коагуляції кислого середовища води. По зміні величини

лужності води до та після її коагуляції можна контролювати дозування коагулянту (тільки у випадку дозування лише розчину коагулянту).

Розрахунковим шляхом неможливо точно визначити яку кількість солі алюмінію необхідно вводити в оброблювану воду для забезпечення оптимального режиму процесу коагуляції, якщо враховувати різноманіття всіх факторів, що тією чи іншою мірою чинять вплив на цей процес. До того ж, основний з цих факторів – якість оброблюваної води – не залишається постійним, особливо в поверхневих водах, для яких характерні різкі зміни складу у періоди сильних дощів або весняних паводків.

Крім цього, на процес коагуляції впливає величина загального сольового складу води та його характеристика, температура води та інше.

Для визначення оптимального режиму коагуляції проводять лабораторні дослідження по пробній коагуляції води, що подається на фільтрувальну станцію.

На фільтрувальній станції застосовуються дози алюмінію сульфату 4,0-120 г/м<sup>3</sup>. Найбільш раціональний спосіб додавання коагулянтів ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , Полвак) оснований на максимальному використанні їх властивостей:

1. Фракційне коагулювання – передбачає введення дози коагулянту не однією, а двома або декількома порціями за годину;
2. Переривчасте коагулювання – складається в чергуванні періодів збільшених доз коагулянтів з періодом подачі дефіцитних доз або з повним припиненням подачі коагулянту.

Слід зазначити, що коагулянт алюміній сульфат має ряд недоліків, основним з яких є чутливість до рН та температури очищуваної води. Ізоелектрична область для алюмінію гідроокису, у якій він має найменшу розчинність, відповідає рН = 6,5-7,8. При менших значеннях рН утворюються частково розчинні солі, при більш високих – алюмінати. При температурі менше 4°C, в результаті зростання гідратації алюмінію гідроокису, спостерігається процес хлопкоутворення та відстоювання, швидке засмічення фільтрів, відкладання осаду гідроксиду алюмінію в трубах і, нарешті, влучення

надлишкового алюмінію в очищену воду та утворення пластівців гідроксиду алюмінію у воді вже після розбору її споживачами.

Щоб уникнути зазначених недоліків застосовуються коагулянти серії «Полвак» (розчини гідроксихлоридів алюмінію різного ступеня основності  $\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{Cl}_{6n}$ ).

«Полвак» має наступні переваги в порівнянні з алюміній сульфатом:

- прискорення процесу хлопкоутворення;
- підтримання концентрації залишкового алюмінію в очищеній воді в межах, визначених нормативними актами;
- збереження ефективної коагуляції при низьких температурах;
- розширення робочого діапазону при рН і лужному резерві й збереження цих показників на практично незмінному рівні;
- спрощення роботи через відсутність оптимальної дози;
- досягнення нормативних показників очищення води при менших дозах коагулянту;
- висока міцність пластівців, що збільшує межі проясненої зони при відстоюванні;
- менша токсичність (в 5-10 раз).

Недоліком «Полваку» є більша ціна.

## 2.2 Флокуляція

Для штучного збільшення рухливості колоїдних часток розчини в процесі коагуляції перемішують або укрупнюють, «зшивають» мікро-пластівці вторинних коагуляційних структур, їх поєднують у більші й важчі агрегати (флокули). Цей процес називають флокуляцією. Речовини, застосовувані в технології водопідготовки для інтенсифікації процесу утворення пластівців алюмінію гідрооксиду, називаються флокулянтами. Вони належать до класу лінійних полімерів, для яких характерна ланцюгова форма макромолекул. Молекулярна маса флокулянтів перебуває в межах від десятків тисяч до

декількох мільйонів. Високо молекулярні флокулянти поділяють на органічні (природні та синтетичні) та неорганічні [6].

На фільтрувальній станції застосовується неорганічний флокулянт – активна кремнієва кислота (АК) – колоїдний водний розчин оксиду кремнію. Її утворення засноване на частковій або повній нейтралізації лужності силікату натрію. Молекули кремнієвої кислоти при утворенні конденсуються з розчину у вигляді негативно заряджених колоїдних часток. Взаємодія АК з гідроксидами заліза й алюмінію відбувається або за механізмом взаємної коагуляції різнойменно заряджених часток, або за впливом на властивості сверхміцелярної структури, що виникає при обробці води коагулянтами.

АК виготовляється безпосередньо перед використанням, сировиною служить силікат натрію (рідке скло) і активатор алюмінію сульфат.

З 2000 року застосовуються флокулянти нового покоління: «Магнофлок» (Німеччина) та «Суперфлок» (Великобританія). Це поліакриламідні високого ступеня очищення, з різною щільністю заряду й молекулярною масою. Вони виготовляються в декількох модифікаціях. Дослідним шляхом обрана серія «Магнофлок» ІТ-25 – слабо аніонний з високою молекулярною масою, зі змістом основної речовини 98%; «Суперфлок» А-110, аніонний з високою молекулярною масою, та змістом основної речовини 95%. Концентрація флокулянтів складає 0,01-0,1 г/м<sup>3</sup>.

Магнітний активатор. З метою інтенсифікації процесів водопідготовки застосовується магнітний активатор реагентів. Він призначений для магнітно-електричної активації розчину коагулянту сульфату алюмінію з метою збільшення його коагулюючої здатності в процесі очищення води.

Принцип дії магнітного активатора реагентів полягає в тому, що розчин сірчаноокислого алюмінію піддається впливу магнітного поля та електрокоагуляції, у процесі якої насичується анодно-розчиненим залізом. В результаті цього зростає сорбційна ємкість продукту гідролізу коагулянту стосовно забруднень води, збільшується щільність і гідравлічна крупність пластівців коагульованої суспензії.

Погіршення смакових показників природних вод зазвичай викликається їх забрудненням молекулярними та іонними домішками мінерального й органічного походження. Джерелами цих забруднень можуть бути як природні явища й біологічні процеси (розкладання одноклітинних водоростей), так і стічні води населених пунктів, промислових підприємств, дренажні та зливні води.

Обробка природних вод активованим вугіллям (АВ) застосовується для видалення природних речовин, що зумовлюють запах, кольоровість, смак та окиснюваність води, фенолів, олій, нафтопродуктів, пестицидів і синтетичних ПАР, канцерогенних речовин. Застосування АВ інтенсифікує знезаражування води за рахунок сорбції вірусів і бактерій. АВ може використовуватись у гранульованому та порошкоподібному вигляді. При цьому досить важливе значення має правильний вибір марки вугілля, його дисперсності, дози, місці введення та час контакту з оброблюваною водою. Найбільш підходящим є крупнопористе освітлююче пилоподібне АВ ОУ-А лужне. У відповідності з нормативними документами рекомендують наступні дози;

- 20 мг/л перед відстойниками;
- 5 мг/л перед швидкими фільтрами.

У зв'язку з тим, що окиснювачі мають меншу вартість, ніж АВ та можуть значно зменшити витрати АВ на дезодорацію води, можливе застосування комбінацій використання окиснювачів (хлору, калію перманганату) і сорбенту АВ. Це підвищить ефект очищення води та зменшить вартість процесу.

У зв'язку із задовільною якістю води, що поступає на фільтрувальну станцію (вміст фенолів не перевищує 0,00 мг/л, нафтопродуктів – 0,3 мг/л, не має присмаків біологічного походження), обробка води АВ не проводиться.

На станції в робочому стані в наявності установка для фторування води, але фторування не проводиться у зв'язку з тим, що фтор є мікроелементом, для яких характерний відносно різкий перехід від фізіологічно корисних концентрацій до небезпечних, а також з огляду на погану розчинність застосовуваного реагенту – кремнефтористого натрію, обласна СЕС дозволила не фторувати воду, що поступає на фільтрувальну станцію.

### 2.3 Підлуговівання води

На станції передбачено підлуговівання води у випадку, якщо лужного резерву природної води недостатньо для повного гідролізу коагулянту [13].

Знаючи лужність оброблюваної води й дозу введеного коагулянту, можна обчислити дозу вапна, необхідну для гідролізу та забезпечення резервної залишкової лужності, що дорівнює 1 мг-екв/л:

$$X = \frac{6}{342} D - Щ + 1,$$

де  $X$  – доза вапна, що забезпечує нормальне протікання гідролізу;

$\frac{6}{342}$  – на кожні 342 мг сульфату алюмінію витрачається 6 мг-екв

гідрокарбонат-іонів (з рівняння гідролізу  $Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6H_2CO_3$ );

$D$  – доза сульфату алюмінію;

$Щ$  – лужність вихідної води.

Вапно також використовується для стабілізації складу води.

Стабільність води – один з основних показників її якості. Порушення стабільності води може бути викликано наявністю розчиненої вуглекислоти або кисню, низьким рН, перенасиченням карбонатом кальцію, або гідроксидом магнію, підвищеною концентрацією сульфатів або хлоридів.

Відповідно до [11] стабільною вважається вода, що не виділяє й не розчиняє осад карбонату кальцію. Великою, що характеризує цю властивість, служить показник стабільності  $I$ , його визначають наступним чином:

$$I_0 = \frac{Щ_{\text{факт}}}{Щ_{\text{насих}}},$$

де  $Щ_{\text{факт}}$  – фактична лужність води в природному стані, мг-екв/л;

$\text{Щ}_{\text{насих}} - \text{лужність води після струшування її з карбонатом кальцію, мг-екв/л.}$

При збовтуванні води, що містить агресивну вуглекислоту, з карбонатом кальцію, останній розчиняється, переходячи у бікарбонат, у результаті чого лужність і рН води підвищується. Якщо ж вода пересичена карбонатом кальцію, то він відкладається на зернах введеного у воду перед збовтуванням карбонату кальцію – рН та лужність води при цьому знижується.

Таким чином, якщо відношення  $\frac{\text{Щ}_{\text{факт}}}{\text{Щ}_{\text{насих}}} < 1$ , вода вважається агресивною, якщо  $\frac{\text{Щ}_{\text{факт}}}{\text{Щ}_{\text{насих}}} > 1$ , – вода схильна до відкладення карбонату кальцію.

Або іншим чином:

$$I_v = \frac{pH_{\text{факт}}}{pH_{\text{насих}}},$$

$pH_{\text{факт}}$  – фактичне значення рН досліджуваної води;

$pH_{\text{насих}}$  – рН води, що відповідає граничному насиченню її карбонатом кальцію.

Вода вважається стабільною, якщо показник стабільності, розрахований по наведених формулах, дорівнює одиниці [11].

Доза вапна при підлугуванні води до бажаної величини рН визначається за формулою:

$$Q_{\text{вап}} = \frac{\text{Щ}_0 (3_2)_{\text{про}} (10 \Delta pH - 1)}{2\text{Щ}_0 10 \Delta pH - (3_2)_{\text{про}}},$$

де  $\text{Щ}_0$  – лужність обробленої води;

$(3_2)_{\text{об}}$  – зміст вугільної кислоти в оброблюваній воді, мг-екв/л;

$\Delta pH$  – бажана зміна рН води.

Розрахункові орієнтовні дози реагентів встановлюються згідно з [20].

Фактичні дози встановлюються за результатами пробних лабораторних обробок води.

## 2.4 Хлорування

Для видалення з води домішок біологічного походження використовується її обробка хлором. З його допомогою забезпечується припинення життєдіяльності мікроорганізмів, окислювання гумусових речовин, молекулярних органічних речовин, іонів металів зі зміною валентності. Найбільш чутливі до хлору бацили черевного тифу, дизентерії й холерні вібріони. Однак при хлоруванні повної стерилізації води не відбувається, в ній залишаються одиничні хлоррезистентні організми, що зберігають життєздатність. Бактерицидний ефект хлору в значній мірі залежить від його початкової дози й тривалості контакту з водою. Звичайно для руйнування бактерицидних кліток витрачається лише незначна частина хлору, що вводять в воду. Більша частина його витрачається на реакції з різними органічними й мінеральними домішками води, що протікають з різною швидкістю. Залежно від концентрації хлору, рН, температури води й інших факторів води вони можуть зупинятись на тій чи іншій стадії [13].

Кількість хлору, що реагує з домішками, характеризує хлоропоглинаємість води. Вона визначається кількістю хлору (мг/л), що витрачається при 30-хвилинному контакті його з досліджуваною водою на окислювання та хлорування домішок, що містяться у воді. У відомій мірі вона є показником ступеня забруднення води. Різке підвищення хлоропоглинаємості свідчить про зниження якості води й можливе погіршення її санітарно-бактеріологічних показників.

При введенні у воду хлор та хлоровмісні сполуки взаємодіють з нею, піддаючись гідролізу. Гідроліз хлору перебігає за наступними реакціями:





Хід цих реакцій залежить від рН та температури води. Дисоціація  $\text{HOCl}$  (хлорноватистої кислоти) сильно залежить від рН. При  $\text{pH} > 4$  хлор майже повністю гідролізован, при  $\text{pH} < 9$   $\text{HCl}$  та  $\text{HClO}$  повністю дисоційовані.

Таким чином, при обробці води в інтервалі рН 7-8 основними дезінфікуючими сполуками-окисниками є хлорноватиста кислота, гіпохлорид-іони та монохлорамін.

Молекулярний хлор, хлорноватисту кислоту, іони гіпохлориту і двоокис хлору відносять до вільного хлору на відміну від зв'язаного хлору, що входить до складу різних хлорамінів. Вільний хлор має більш високий окисний потенціал й в 6-25 разів більш бактерицидний, що відбито й у вимогах до залишкового хлору. Бактерицидність неорганічних хлорамінів в 8-10 разів вище чим хлорпохідних органічних похідних.

На практиці при визначенні необхідної для знезараження води дози хлору виходять із загальної хлоропотреби води, що включає хлоропоглинаємість її й деякий залишок хлору, що забезпечує протягом заданого відрізка часу бактерицидний ефект. У зв'язку з цим, дослідження величини й швидкості хлоропоглинання знезараження води здобуває велике значення.

Оскільки і хлор, і хлорноватиста кислота є окислювачами, вони взаємодіють з відновниками, присутніми у воді:

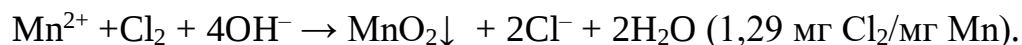
– залізом ( $\text{Fe}^{2+}$ ), яке зазвичай присутнє в формі бікарбонату, перетворюється в хлорид тривалентного заліза, який швидко гідролізується до гідроксида заліза III:



Реакція призводить до зниження значення рН (закислення води) і протікає при оптимальному значенні  $\text{pH} = 7$ . Реакція практично миттєва для

неорганічного заліза, тоді як для орґано-сольових комплексів заліза швидкість її уповільненена;

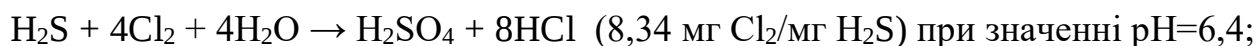
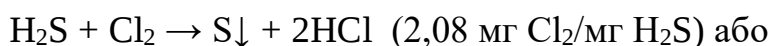
– марґанцем ( $Mn^{2+}$ ), який зазвичай присутній у вигляді двовалентного марґанцю і окислюється до діоксиду марґанцю (IV):



Реакція протікає в лужному середовищі при значенні рН від 8 до 10.

Оптимальне значення рН = 10;

– сульфiдами ( $S^{2-}$ ), які найчастіше зустрічаються в підземних водах і можуть окислюватися в залежності від значення рН води до сірки або сірчаної кислоти:



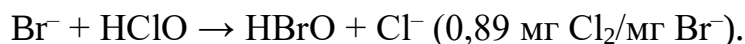
– нітритами ( $NO_2^-$ ), які активно реагують з хлорнуватистою кислотою, що утворюється при розчиненні хлору:



– ціанідами ( $CN^-$ ), які також окислюються хлором (хлорнуватистою кислотою) при значенні рН вище 8,5:

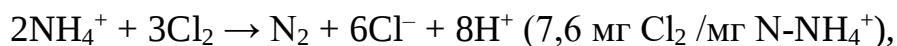


– бромiдами ( $Br^-$ ), окислюючи їх до бромноватистої кислоти:



При значенні рН менше 7 можуть утворюватися невеликі кількості броматов.

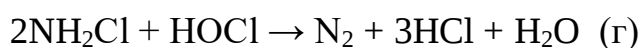
Що стосується амонію, то тут треба зупинитися докладніше. Загальна реакція взаємодії амонійного азоту з хлором описується наступним рівнянням:



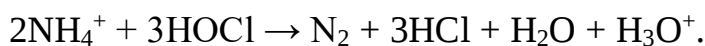
але реакція має надзвичайно складний механізм, перші стадії якого призводять до утворення хлорамінів:

- монохлораміна:  $\text{NH}_4^+ + \text{HOCl} \rightarrow \text{NH}_2\text{Cl} + \text{H}_3\text{O}^+$ ; (а)
- діхлораміна:  $\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} \rightarrow \text{NHCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ; (б)
- трихлораміна:  $\text{NHCl}_2 + \text{HOCl} \rightarrow \text{NCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . (в)

Весь комплекс органічних і неорганічних хлорамінів утворює «пов'язаний хлор», званий так на противагу «вільному хлору». Вивільнення азоту відбувається при підвищеному рівні хлорування в ході подальших реакцій моно- і діхлораміна (гідроліз, нейтралізація, окислення). При нейтральному значенні рН монохлорамін є домінуючою формою, якщо величина молярного співвідношення  $\text{HOCl}:\text{NH}_4^+$  менше одиниці. Ця сполука окислюється хлором по реакції:



При цьому сумарна реакція є результатом складання рівнянь а й г:



При взаємодії хлору з органічними речовинами можлива реакції окислювання і заміщення. У реакціях окислювання основну роль грає

окислювально-відновний потенціал окиснювача, що визначає можливість протікання реакції між речовинами.

Різноманіття складу природних вод і наявність в них широкого спектра органічних і неорганічних речовин, що реагують з хлором, є причиною того, що дотепер ці складні процеси комплексно оцінюються лише сумарною характеристикою – величиною хлоропоглинаємості.

Залежно від цілей хлорування методи обробки води хлором можна об'єднати в дві основні групи: прехлорування та постхлорування.

Ціль прехлорування – попередня обробка води перед очисними спорудженнями для поліпшення або полегшення подальшого її очищення.

Постхлорування використовується для знезараження води, що є завершальним етапом очищення води.

Хлор та хлоровмісні сполуки значно впливають на органолептичні показники води (смак, запах), а в певних концентраціях дратують слизуваті оболонки ротової порожнини й шлунку, шкідливо впливають на організм. Дослідження, проведені по даному питанню показали, що припустима концентрація залишкового хлору в питній воді для вільного хлору складає 0,3-0,5 мг/л, а для зв'язаного – до 1,2 мг/л. По токсикологічній ознаці максимально припустима концентрація активного хлору в питній воді складає 2,5 мг/л.

При всіх позитивних аспектах хлорування є небезпека утворення токсичних і навіть канцерогенних сполук хлорфенолів, хлорціанів, тригалогенметанів, хлороформу, що викликають онкологічні захворювання. Її концентрація пропорційна загальному вмісту органічних речовин у воді та дозам хлору. Згідно [12] ГДК ТГМ – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, хлороформу – 0,06 мг/дм<sup>3</sup>. Канцерогенну дію малих концентрацій вільного хлору не встановлено.

Дослідження зі знезаражування води хлором з метою запобігання утворення хлороформу й тригалогенметанів рекомендують різні методи: аерування, сорбція або окислювання; найбільш повне видалення з води органічних речовин перед її хлоруванням, використання для знезаражування води інших реагентів, наприклад двоокису хлору й озону, що приводить до

утворення ТГМ. Досить ефективним методом є амонізація води, тому що встановлено, що при обробці природних вод зв'язаним хлором ТГМ утворюються в десятки разів менше, ніж при хлоруванні вільним хлором. У першу чергу амонізацію варто впроваджувати при довжині водовода більше 5 км, тривалому перебуванні води в розподільних мережах (більше 2-3 годин), при високій хлоропоглинаємості поверхневих вод і застосуванні доз хлору більше 6 мг/л.

Залежно від якості води загальна доза хлору розділяється на декілька введень: 30-35 % від загальної дози вводиться перед контактною камерою, 50-55 % вводиться в змішувальний канал після відстійників перед фільтрами, забезпечуючи концентрацію хлору не більше 1,5 мг/л, 10-20 % загальної дози вводиться безпосередньо в резервуар.

### 3 МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1 Методи визначення смаку, запаху, кольоровості і каламутності

##### 3.1.1 Метод визначення запаху води

Характер запаху води визначають відчуттям сприйманого запаху (землистий, хлорний, нафтопродуктів та ін.) [21].

У колбу з притертою пробкою місткістю 250-350 см<sup>3</sup> відмірюють 100 см<sup>3</sup> випробуваної води температурою 20°C. Колбу закривають пробкою, вміст колби кілька разів перемішують обертальними рухами, після чого колбу відкривають і визначають характер і інтенсивність запаху.

В колбу відмірюють 100 см<sup>3</sup> випробуваної води. Шийку колби закривають годинниковим склом і підігрівають на водяній бані до 50-60°C.

Вміст колби кілька разів перемішують обертальними рухами.

Зрушуючи скло в сторону, швидко визначають характер і інтенсивність запаху.

Інтенсивність запаху води визначають при 20 і 60 ° С і оцінюють за п'ятибальною системою відповідно до вимог табл.1.

Таблиця 1 – Характер запаху води

| Інтенсивність запаху | Характер прояву запаху                                                          | Оцінка інтенсивності запаху, бал |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Немає                | Запах не відчувається                                                           | 0                                |
| Дуже слабка          | Запах не відчувається споживачем, але виявляється при лабораторному дослідженні | 1                                |
| Слабка               | Запах помічається споживачем , якщо звернути на це його увагу                   | 2                                |
| Помітна              | Запах легко помічається і викликає несхвальний відгук про воду                  | 3                                |
| Чітка                | Запах звертає на себе увагу і змушує утриматися від пиття                       | 4                                |
| Дуже сильна          | Запах настільки сильний, що робить воду непридатною до вживання                 | 5                                |

### 3.1.2 Органолептичний метод визначення смаку

Органолептичним методом визначають характер і інтенсивність смаку і присмаку.

Розрізняють чотири основних види смаку: солоний, кислий, солодкий, гіркий.

Все інші види смакових відчуттів називаються присмаками.

Характер смаку або присмаку визначають відчуттям сприйманого смаку або присмаку (солоний, кислий, лужної, металевий тощо.).

Випробувану воду набирають у рот малими порціями, що не ковтаючи, затримують 3-5 с.

Інтенсивність смаку і присмаку визначають при 20°C і оцінюють за п'ятибальною системою відповідно до вимог табл.2.

Таблиця 2 – Характер та інтенсивність смаку

| Інтенсивність смаку і присмаку | Характер прояву смаку і присмаку                                                       | Оцінка інтенсивності смаку і присмаку, бал |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Немає                          | Смак і присмак не відчуються                                                           | 0                                          |
| Дуже слабка                    | Смак і присмак не відчуються споживачем, але виявляються при лабораторному дослідженні | 1                                          |
| Слабка                         | Смак і присмак помічаються споживачем, якщо звернути на це його увагу                  | 2                                          |
| Помітна                        | Смак і присмак легко помічаються і викликають несхвальний відгук про воду              | 3                                          |
| Чітка                          | Смак і присмак звертають на себе увагу і змушують утриматися від пиття                 | 4                                          |
| Дуже сильна                    | Смак і присмак настільки сильні, що роблять воду непридатною до вживання               | 5                                          |

### 3.1.3 Фотометричний метод визначення кольоровості

Кольори води визначають фотометрично – шляхом порівняння проб досліджуваної рідини з розчинами, що імітують колір природної води [22].

При визначенні кольоровості за допомогою електрофотоколориметра використовують кювети товщиною поглинаючого світло шару 5-10 см<sup>3</sup>. Контрольною рідиною служить дистильована вода, з якої вилучені зважені речовини шляхом фільтрації через мембранні фільтри N 4.

Оптичну щільність фільтрату досліджуваної проби води вимірюють у синій частині спектра зі світлофільтром при  $\lambda = 413$  нм.

Кольори визначають за градувальним графіком і висловлюють в градусах кольоровості .

### 3.2 Метод визначення загальної жорсткості

Метод заснований на утворенні міцної комплексної сполуки трилону Б з іонами кальцію і магнію [23].

Визначення проводять титруванням проби трилоном Б при рН 10 в присутності індикатора.

Визначенню загальної жорсткості води заважають: мідь, цинк, марганець і високий вміст вуглекислих і двовуглекислого солей. Вплив речовин, що заважають усувається в ході аналізу.

Похибка при титруванні 100 см<sup>3</sup> проби становить 0,05 моль/м<sup>3</sup>.

У конічну колбу вносять 100 см<sup>3</sup> відфільтрованої випробуваної води або менший об'єм, розведений до 100 см<sup>3</sup> дистильованої водою. При цьому сумарна кількість речовини еквівалента іонів кальцію і магнію у взятому об'ємі не повинна перевищувати 0,5 моль. Потім додають 5 см<sup>3</sup> буферного розчину, 5-7 крапель індикатора або приблизно 0,1 г сухої суміші індикатора хромогену чорного з сухим хлористим натрієм і відразу ж титрують при сильному збовтуванні 0,05 н розчином трилону Б до зміни забарвлення в еквівалентній точці (забарвлення повинно бути синє з зеленуватим відтінком).

Якщо на титрування було витрачено більше 10 см<sup>3</sup> 0,05 . розчину трилону Б, то це вказує, що у відміряному об'ємі води сумарна кількість речовини еквівалента іонів кальцію і магнію більше 0,5 моль. У таких випадках слід

визначення повторити, взявши менший об'єм води і розбавивши його до 100 см<sup>3</sup> дистильованою водою.

Нечітка зміна забарвлення в еквівалентній точці вказує на присутність міді і цинку. Для усунення впливу заважаючих речовин до відміряної для титрування проби води додають 1-2 см<sup>3</sup> розчину сульфиду натрію, після чого проводять випробування, як зазначено вище.

Якщо після додавання до відміряного об'єму води буферного розчину і індикатора титруємий розчин поступово знебарвлюється, набуваючи сірий колір, що вказує на присутність марганцю, то в цьому випадку до проби води, відібраної для титрування, до внесення реактивів слід додати п'ять крапель 1 %-ного розчину солянокислого гідроксиламіну і далі визначати жорсткість, як зазначено вище.

Якщо титрування набуває вкрай затяжний характер з нестійким і нечітким забарвленням в еквівалентній точці, що спостерігається при високій лужності води, її вплив усувається додаванням до проби води, відібраної для титрування, до внесення реактивів 0,1 н розчину соляної кислоти в кількості, необхідній для нейтралізації лужності води, з подальшим кип'ятінням або продуванням розчину повітрям протягом 5 хв. Після цього додають буферний розчин, індикатор і далі визначають жорсткість, як зазначено вище. титруванням проби трилоном Б при рН 10 в присутності індикатора.

Загальну жорсткість води (X), моль/м<sup>3</sup>, обчислюють за формулою:

$$X = \frac{v \cdot 0.05 \cdot K \cdot 1000}{V}$$

де  $v$  – кількість розчину трилону Б, витраченого на титрування, см<sup>3</sup>;

$K$  – поправочний коефіцієнт до нормальності розчину трилону Б;

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

Розбіжність між повторними визначеннями не повинно перевищувати 2 відн. %.

### 3.3 Метод визначення масової концентрації загального заліза

Метод заснований на взаємодії іонів заліза в лужному середовищі з сульфосаліциловою кислотою з утворенням забарвленої в жовтий колір комплексної сполуки. Інтенсивність забарвлення, пропорційну масовій концентрації заліза, вимірюють при довжині хвилі 400-430 нм. Діапазон вимірювання масової концентрації загального заліза без розведення проби 0,10-2,00 мг/дм<sup>3</sup>. У цьому інтервалі сумарна похибка вимірювання з ймовірністю  $P = 0,95$  знаходиться в межах 0,01-0,03 мг/дм<sup>3</sup> [24].

При масовій концентрації загального заліза не більше 2,00 мг/дм<sup>3</sup> відбирають 50 см<sup>3</sup> досліджуваної води (при більшій масовій концентрації заліза пробу розбавляють дистильованою водою) і поміщають в конічну колбу місткістю 100 см<sup>3</sup>. Якщо проба при відборі не консервувалась кислотою, то до 50 см<sup>3</sup> додають 0,20 см<sup>3</sup> соляної кислоти густиною 1,19 г/см<sup>3</sup>. Пробу води нагрівають до кипіння і упарюють до об'єму 35-40 см<sup>3</sup>. Розчин охолоджують до кімнатної температури, переносять в мірну колбу місткістю 50 см<sup>3</sup>, споліскують 2-3 рази по 1 см<sup>3</sup> дистильованою водою, зливаючи ці порції в ту ж мірну колбу. Потім до отриманого розчину додають 1,00 см<sup>3</sup> хлористого амонію, 1,00 см<sup>3</sup> сульфосаліцилової кислоти, 1,00 см<sup>3</sup> розчину аміаку (1:1), ретельно перемішуючи після додавання кожного реактиву. За індикаторним папером визначають значення рН розчину, яке повинно бути 9. Якщо рН менше 9, то додають ще 1-2 краплі розчину аміаку (1:1) до рН 9.

Об'єм розчину в мірній колбі доводять до мітки дистильованою водою, залишають стояти 5 хв для розвитку забарвлення. Вимірюють оптичну щільність забарвлених розчинів, використовуючи фіолетовий світлофільтр ( $\lambda = 400-430$  нм) та кювети з товщиною оптичного шару 2, 3 або 5 см, по відношенню до 50 см<sup>3</sup> дистильованої води, в яку додані ті ж реактиви. Масову концентрацію загального заліза знаходять по градуювальним графіком.

Масову концентрацію заліза (X) в аналізованій пробі, мг/дм<sup>3</sup> з урахуванням розведення обчислюють за формулою:

$$X = \frac{C \cdot 50}{V}$$

де  $C$  – концентрація заліза, знайдена по градуювальним графіком, мг/дм<sup>3</sup>;

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

50 – об'єм, до якого розбавлена проба, см<sup>3</sup>.

За остаточний результат аналізу приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних вимірювань, допустима розбіжність між якими не повинно перевищувати 25 % при масовій концентрації заліза на рівні гранично допустимої. Результат округлюють до двох значущих цифр.

Збіжність результатів аналізу ( $A$ ) у відсотках обчислюють за формулою

$$A = \frac{2(P_1 - P_2)}{P_1 + P_2} 100,$$

де  $P_1$  – більший результат з двох паралельних вимірювань;

$P_2$  – менший результат із двох паралельних вимірювань.

### 3.4 Метод визначення вмісту сульфатів

Визначення вмісту сульфатів засноване на осадженні в кислому середовищі іонів  $\text{SO}_4^{2-}$  хлористим барієм у вигляді сірчанокислового барію. Точність  $\pm 2$  мг/дм<sup>3</sup>  $\text{SO}_4^{2-}$  [25].

Якісна проба. В колориметричну пробірку діаметром 14-15 мм наливають 10 см<sup>3</sup> досліджуваної води, додають 0,5 см<sup>3</sup> соляної кислоти (1: 5). Одночасно готують стандартну шкалу. Для цього в такі ж пробірки наливають 2, 4, 8 см<sup>3</sup> робочого розчину сірчанокислового калію і 1,6; 3,2; 6,4 см<sup>3</sup> основного розчину  $\text{K}_2\text{SO}_4$  і доводять дистильованою водою до 10 см<sup>3</sup>, отримуючи таким чином стандартну шкалу з вмістом: 10, 20, 40, 80, 160, 320 мг/дм<sup>3</sup> сульфат-іона. Додають в кожную пробірку по 0,5 см<sup>3</sup> соляної кислоти (1: 5), потім в досліджувану воду і зразкові розчини по 2 см<sup>3</sup> 5 %-ного розчину хлористого

барію, закривають пробками, перемішують і порівнюють зі стандартною шкалою.

Кількісне визначення. Залежно від передбачуваного змісту сульфат-іона (якісна проба) відмірюють 100-500 см<sup>3</sup> води з таким розрахунком, щоб концентрація SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> не перевищувала 25-30 мг в 100 см<sup>3</sup> проби. У разі необхідності воду розбавляють. До відміряному об'єму профільтрованої досліджуваної води в стакан додають 2-3 краплі розчину метилового оранжевого і соляну кислоту (1:1) до рожевого забарвлення розчину. Суміш нагрівають до кипіння і випарюють до 50 см<sup>3</sup>. Дають відстоятися розчину, при наявності каламуті або пластівців фільтрують через беззольний фільтр "синя стрічка". Фільтр промивають дистильованою водою, підкисленою соляною кислотою, фільтрат разом з промивними водами випарюють в склянці до 50 см<sup>3</sup>. У киплячий розчин при помішуванні доливають 10 см<sup>3</sup> гарячого розчину хлористого барію. Розчин з осадом нагрівають на гарячій водяній бані. Коли розчин освітлиться, перевіряють повноту осадження, додаючи до прозорого розчину 1-2 краплі хлористого барію. Відсутність каламуті вказує на повноту осадження. Стакан накривають годинниковим склом і нагрівають 1-2 години на гарячій водяній або піщаній бані і залишають до наступного дня при кімнатній температурі. На наступний день розчин фільтрують через щільний беззольний фільтр "синя стрічка", який рекомендується попередньо промити гарячою дистильованою водою.

Осад BaSO<sub>4</sub> кілька разів декантують дистильованою водою, фільтруючи воду через беззольний фільтр "синя стрічка", потім осад кількісно переносять на той же фільтр скляною паличкою з гумовим наконечником. Осад на фільтрі промивають гарячою дистильованою водою до негативної реакції на хлорид-іон. До проби фільтрату в пробірці додають кілька крапель розчину азотнокислого срібла.

Фільтр з осадом поміщають в попередньо прожарений і зважений тигель, просушують, обвуглюють на електроплитці, не допускаючи запалення, а потім прожарюють в муфелі при температурі, що не перевищує 800°C, і доступі

повітря до отримання осаду білого кольору. Охолоджують в ексикаторі, зважують і знову прожарюють до постійної маси.

Вміст сульфатів (X), мг/дм<sup>3</sup>, обчислюють за формулою:

$$X = \frac{(a - b) \cdot 0,4115 \cdot 1000}{V}$$

де а – маса тигля з осадом, мг;

б – маса тигля, мг;

0,4115 – коефіцієнт для перерахунку BaSO<sub>4</sub> на SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>;

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

### 3.5 Метод визначення сухого залишку

Визначення сухого залишку без додавання соди (проводять в день відбору проби). 250-500 см<sup>3</sup> профільтрованої води випарюють в попередньо висушений до постійної маси фарфоровій чашці. Випарювання ведуть на водяній бані з дистильованою водою. Потім чашку з сухим залишком поміщають в термостат при 110°C і сушать до постійної маси [26].

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

$$X = \frac{(m - m_1)1000}{V}$$

де m – маса чашки з сухим залишком, мг;

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

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

Даний метод визначення сухого залишку дає дещо завищені результати внаслідок гідролізу і гігроскопічності хлоридів магнію і кальцію і важкою віддачею кристалізаційної води сульфатами кальцію і магнію. Ці недоліки усувають додаванням до води, що випаровується хімічно чистого карбонату

натрію. При цьому хлориди, сульфати кальцію і магнію переходять в безводні карбонати, а з натрієвих солей лише сульфат натрію має кристалізаційну воду, але її повністю видаляють висушуванням сухого залишку при 150-180°C.

Визначення сухого залишку з додаванням соди. 250-500 см<sup>3</sup> профільтрованої води випарюють в порцеляновій чашці, висушений до постійної маси при 150°C. Після того як в чашку додана остання порція води, вносять піпеткою 25 см<sup>3</sup> точного 1 % -ного розчину вуглекислого натрію з таким розрахунком, щоб маса доданої соди приблизно в два рази перевищувала масу передбачуваного сухого залишку. Для звичайних прісних вод досить додати 250 мг безводної соди (25 см<sup>3</sup> 1 % -ного розчину Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Розчин добре перемішують скляною паличкою. Паличку обмивають дистильованою водою, збираючи воду в чашку з осадом. Випарений з содою сухий залишок висушують до постійної маси при 150°C. Чашку з сухим залишком поміщають в холодний термостат і потім піднімають температуру до 150°C. Різниця в масі між чашкою з сухим залишком і початковою масою чашки і соди (1 см<sup>3</sup> розчину соди містить 10 мг Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) дає значення сухого залишку у взятому об'ємі води.

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

$$X = \frac{m - (m_1 + m_2)1000}{V},$$

де m – маса чашки з сухим залишком, мг;

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

m<sub>2</sub> – маса доданої соди, мг;

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

Розбіжності між результатами повторних визначень не повинні перевищувати 10 мг/дм<sup>3</sup>, якщо сухий залишок не перевищує 500 мг/дм<sup>3</sup>; при більш високих концентраціях розбіжність не повинно перевищувати 2 відн. %.

### 3.6 Методи визначення хлоридів

Визначення змісту хлорид-іона в питній воді проводять [27]:

- при вмісті хлорид-іона від 10 мг/дм<sup>3</sup> і вище титруванням азотнокислим сріблом у присутності хромовокислого калію як індикатора;
- при вмісті хлорид-іона до 10 мг/дм<sup>3</sup> титруванням азотнокислою ртуттю в присутності індикатора діфенілкарбазона.

Визначення вмісту хлорид-іона титрування азотнокислим сріблом. Метод заснований на осадженні хлорид-іона в нейтральному або слаболужному середовищі азотнокислим сріблом у присутності хромовокислого калію як індикатора. Після осадження хлориду срібла в точці еквівалентності утворюється хромокисле срібло, при цьому жовте забарвлення розчину переходить в оранжево-жовте. Точність методу 1-3 мг/дм<sup>3</sup>.

Якісне визначення. В колориметричну пробірку наливають 5 см<sup>3</sup> води і додають три краплі 10 %-ного розчину азотнокислого срібла. Приблизний вміст хлорид-іона визначають по осадку або каламуті відповідно до вимог викладених в таблиці 3.

Таблиця 3 – Якісне визначення хлорид-іона

| Характеристика осаду або каламуті          | Зміст, мг/дм <sup>3</sup> |
|--------------------------------------------|---------------------------|
| Опалесценція або слабка каламуть           | 1-10                      |
| Сильна муть                                | 10-50                     |
| Утворюються пластівці, осідають не відразу | 50-100                    |
| Білий об'ємний осад                        | Більше 100                |

Кількісне визначення. Залежно від результатів якісного визначення відбирають 100 см<sup>3</sup> випробуваної води або менший її об'єм (10-50 см<sup>3</sup>) і доводять до 100 см<sup>3</sup> дистильованою водою. Без розведення визначаються хлориди в концентрації до 100 мг/дм<sup>3</sup>. рН проби, що титрують, повинен бути в межах 6-10. Якщо вода каламутна, її фільтрують через беззольний фільтр,

промитий гарячою водою. Якщо вода має кольоровість вище 30°, пробу знебарвлюють додаванням гідроксиду алюмінію. Для цього до 200 см<sup>3</sup> проби додають 6 см<sup>3</sup> суспензії гідроксиду алюмінію, а суміш струшують до знебарвлення рідини. Потім пробу фільтрують через беззольний фільтр. Перші порції фільтрату відкидають. Відміряний об'єм води вносять у дві конічні колби і додають по 1 см<sup>3</sup> розчину хромовоокислого калію. Одну пробу титрують розчином азотнокислого срібла до появи слабкого оранжевого відтінку, другу пробу використовують в якості контрольної проби. При значному вмісті хлоридів утворюється осад хлорид срібла, який заважає визначенню. В цьому випадку до відтитрованої першої проби доливають 2-3 краплі розчину хлористого натрію до зникнення оранжевого відтінку, потім титрують другу пробу, користуючись першою як контрольною пробою.

Визначенню заважають: ортофосфати в концентрації, що перевищує 25 мг/дм<sup>3</sup>; залізо в концентрації більше 10 мг/дм<sup>3</sup>. Броміди і йодиди визначаються в концентраціях, еквівалентних Cl<sup>-</sup>. При звичайному вмісті у водопровідній воді вони не заважають визначенню.

Зміст хлорид-іонів (X), мг/дм<sup>3</sup>, обчислюють за формулою

$$X = \frac{v \cdot K \cdot g \cdot 1000}{V}$$

де v- кількість азотнокислого срібла, витраченого на титрування, см<sup>3</sup>;

K – поправочний коефіцієнт до титру розчину нітрату срібла;

g – кількість хлорид-іона, що відповідає 1 см<sup>3</sup> розчину азотнокислого срібла, мг;

V – об'єм проби, взятий для визначення, см<sup>3</sup>.

Розбіжності між результатами повторних визначень при вмісті від 20 до 200 мг/дм<sup>3</sup> – 2 мг / дм<sup>3</sup>; при більш високому вмісті – 2 відн. %.

Визначення вмісту хлорид-іонів у воді титруванням азотнокислою ртуттю у присутності індикатора діфенілкарбазона. Хлориди титрують в кислому

середовищі розчином азотнокислої ртуті в присутності діфенілкарбазона, при цьому утворюється розчинна, майже дисоціююча хлорна ртуть. В кінці титрування надлишкові іони ртуті з діфенілкарбазоном утворюють забарвлену у фіолетовий колір комплексну сполуку. Зміна забарвлення в еквівалентній точці виражена чітко, в зв'язку з цим кінець титрування визначається з великою точністю.

Точність методу 0,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Відбирають 100 см<sup>3</sup> випробуваної води, додають 10 крапель змішаного індикатора і по краплях 0,2 н розчин азотної кислоти до появи жовтого забарвлення (рН 3,6), після чого додають ще п'ять крапель 0,2 н розчину азотної кислоти і титрують з мікробюретки розчином азотнокислої ртуті. До кінця титрування забарвлення розчину набуває помаранчевий відтінок. Титрування продовжують повільно, по краплях додаючи розчин азотнокислої ртуті, сильно збовтуючи пробу до появи слабо-фіолетового відтінку.

Для визначення більш чіткого кінця титрування використовують контрольну пробу, в якій до 100 см<sup>3</sup> дистильованої води додають індикатор, 0,2 н розчин азотної кислоти і одну краплю розчину азотнокислої ртуті.

Метод може бути використаний для визначення і більш високих концентрацій хлоридів у воді (більше 10 мг/дм<sup>3</sup>). В цьому випадку відбирають менший об'єм води (вміст Cl<sup>-</sup> в відібраному об'ємі повинен бути не менше 10 мг) і розбавляють дистильованою водою до 100 см<sup>3</sup>, додають ті ж реактиви і в тій же кількості і титрують з бюретки розчином азотнокислої ртуті, як описано вище.

Визначенню не заважають кольоровість води вище 30° і залізо в концентрації, що перевищує 10 мг/дм<sup>3</sup>. Йодиди і броміди визначають в концентраціях, еквівалентних Cl<sup>-</sup>.

Зміст хлорид-іонів (X), мг/дм<sup>3</sup>, обчислюють за формулою

$$X = \frac{v \cdot 0,5 \cdot K \cdot 1000}{V}$$

де  $v$  – кількість азотнокислої ртуті, витрачений на титрування,  $\text{см}^3$ ;

$K$  – поправочний коефіцієнт до титру розчину азотнокислої ртуті;

$V$  – об'єм води, взятий для визначення,  $\text{см}^3$ .

Розбіжності між результатами повторних визначень при вмісті у воді до  $10 \text{ мг} / \text{дм}^3 - 0,5 \text{ мг} / \text{дм}^3$ .

### 3.7 Методи визначення вмісту залишкового активного хлору

Йодометричний метод. Метод заснований на окисленні йодиду активним хлором до йоду, який титрують тіосульфатом натрію. Озон, нітрити, окис заліза та інші сполуки в кислому розчині виділяють йод з йодистого калію, тому проби води підкисляють буферним розчином з  $\text{pH } 4,5$  [28].

Йодометричний метод призначений для аналізу води з вмістом активного хлору більше  $0,3 \text{ мг/дм}^3$  при об'ємі проби  $250 \text{ мл}$ . Метод може бути рекомендований також для забарвлених і каламутних вод.

У конічну колбу насипають  $0,5 \text{ г}$  йодистого калію, розчиняють його в  $1 - 2 \text{ см}^3$  дистильованої води, потім додають буферний розчин в кількості, приблизно рівній полуторній величині лужності аналізованої води, після чого додають  $250-500 \text{ см}^3$  аналізованої води. Йод, що виділився, титрують  $0,005 \text{ н}$  розчином тіосульфату натрію з мікробюретки до появи світло-жовтого забарвлення, після чого додають  $1 \text{ мл}$   $0,5 \%$ -ного розчину крохмалю і розчин титрують до зникнення синього забарвлення. При визначенні лужності воду попередньо дехлорують за допомогою тіосульфату натрію в окремій пробі.

При концентрації активного хлору менше  $0,3 \text{ мг}$  відбирають для титрування великі обсяги води.

Зміст сумарного залишкового хлору ( $X$ ),  $\text{мг/дм}^3$  розраховують за формулою

$$X = \frac{v \cdot K \cdot 0.177 \cdot 1000}{V}$$

де  $v$  – кількість 0,005 н розчину тіосульфату натрію, витрачена на титрування,  $\text{см}^3$ ;

$K$  – поправочний коефіцієнт нормальності розчину тіосульфату натрію;

0,177 – вміст активного хлору, що відповідає 1  $\text{см}^3$  0,005 н розчину тіосульфату натрію;

$V$  – об'єм проби води, взятий для аналізу,  $\text{см}^3$ .

Метод визначення вмісту залишкового активного хлору титруванням метилового оранжевого. Метод заснований на окисненні вільним хлором метилового оранжевого, на відміну від хлорамінів, окислювальний потенціал яких недостатній для руйнування метилового оранжевого.

100 мл аналізованої води поміщають в фарфорову чашку, додають 2-3 краплі 5 н розчину соляної кислоти і, помішуючи, швидко титрують розчином метилового оранжевого до появи незникаючого рожевого забарвлення.

Зміст вільного залишкового хлору ( $X_1$ ), мг/л, обчислюють за формулою

$$X = \frac{0,04 + (v \cdot 0,0217) \cdot 1000}{V}$$

де  $v$  – кількість 0,005 % -ного розчину метилового оранжевого, витраченого на титрування,  $\text{см}^3$ ;

0,0217 – титр розчину метилового оранжевого;

0,04 – емпіричний коефіцієнт;

$V$  – об'єм води, взятий для аналізу,  $\text{см}^3$ .

За різниці між вмістом сумарного залишкового хлору, визначеного методом титрування, та титрування метилоранжевим, знаходять зміст хлорамінового хлору ( $X_2$ ):

$$X_2 = X - X_1$$

### 3.8 Методи визначення мінеральних азотовмісних речовин

#### 3.8.1 Визначення масової концентрації аміаку й іонів амонію (сумарно) [29]

Метод заснований на здатності аміаку і іонів амонію утворювати забарвлену в жовто-коричневий колір сполуку з реактивом Неслера. Інтенсивність забарвлення розчину, пропорційна масовій концентрації аміаку та іонів амонію, вимірюють у фотоколориметрі при довжині хвилі 400-425 нм. Нижня межа виявлення 0,05 мг  $\text{NH}_4^+$  в 1 дм<sup>3</sup>. При вмісті у воді  $\text{NH}_4^+$  більше 3 мг/дм<sup>3</sup> пробу слід розбавляти. Відносна помилка визначення  $\pm 5\%$ .

При вмісті у воді активного залишкового хлору у кількості понад 0,5 мг/дм<sup>3</sup> додають еквівалентну кількість 0,01 н розчину тіосульфату натрію

Каламутну або кольорову (при кольоровості вище 20°) воду усувають висвітленням проби гідроокисом алюмінію. При необхідності воду з коагулянтном фільтрують через беззольний фільтр "синя стрічка", попередньо промитий гарячою безаміачною водою до відсутності в фільтраті іонів амонію. При фільтруванні проби перші порції фільтрату відкидають.

До 50 см<sup>3</sup> досліджуваної або освітленої проби (або до меншого об'єму, який містить не більше 0,15 мг  $\text{NH}_4^+$  і розбавленому безаміачною водою до 50 см<sup>3</sup>) додають 1 см<sup>3</sup> розчину виннокислого калію-натрію, перемішують, потім додають 1 см<sup>3</sup> реактиву Несслера і знову перемішують. Через 10 хв фотометрують при довжині хвилі 400-425 нм по відношенню до розчину порівняння (безаміачна вода, в яку додані ті ж реактиви, що і в пробу).

Масову концентрацію аміаку і іонів амонію знаходять за градууювальним графіком або розраховують за рівнянням регресії.

Масову концентрацію аміаку і іонів амонію (X), мг/дм<sup>3</sup>, обчислюють за формулою:

$$X = \frac{C \cdot 50}{V}$$

де  $C$  – масова концентрація, знайдена по градуовальним графіком або розрахована за рівнянням регресії,  $\text{мг/дм}^3 \text{NH}_4^+$ ;

$V$  – об'єм проби, взятий для аналізу,  $\text{см}^3$ ;

50 – об'єм стандартного розчину,  $\text{см}^3$ .

За остаточний результат аналізу приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень, допустимі розбіжності між якими не повинні перевищувати 10 %.

### 3.8.2 Визначення масової концентрації нітритів

Метод заснований на здатності нітритів діазотувати сульфанілову кислоту і на червоно-фіолетовому забарвленні діазосполуки з 1-нафтиламином. Інтенсивність забарвлення, пропорційну змісту нітритів, вимірюють на фотокалориметрі при довжині хвилі 520 нм.

Нижня межа виявлення  $0,003 \text{ мг/дм}^3$  нітритів. При вмісті у воді нітритів більше  $0,3 \text{ мг/дм}^3$  пробу слід розбавляти. Відносна помилка визначення  $\pm 5\%$ .

Заважає вплив каламутності і кольоровості води, які усувають висвітленням проби гідроокисом алюмінію.

До  $50 \text{ см}^3$  досліджуваної або освітленої проби (або до меншого об'єму, який містить не більше  $0,3 \text{ мг}$  нітритів, розбавленому дистильованою водою до  $50 \text{ см}^3$ ) додають  $2 \text{ см}^3$  розчину реактиву Грісса, перемішують. Через 40 хв (або через 10 хв при зануренні проби в водяну баню при температурі  $50-60^\circ\text{C}$ ) фотометрують при довжині хвилі 520 нм по відношенню до розчину порівняння (дистильована вода, в яку доданий реактив Грісса).

Масову концентрацію нітритів знаходять по градуовальним графіком або розраховують за рівнянням регресії.

Масову концентрацію аміаку і іонів амонію ( $X$ ),  $\text{мг/дм}^3$ , обчислюють за формулою:

$$X = \frac{C \cdot 50}{V}$$

де  $C$  – масова концентрація, знайдена по градуювальним графіком або розрахована за рівнянням регресії,  $\text{мг/дм}^3 \text{NO}_2^-$

$V$  – об'єм проби, взятий для аналізу,  $\text{см}^3$ ;

50 – об'єм стандартного розчину,  $\text{см}^3$ .

За остаточний результат аналізу приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень, допустимі розбіжності між якими не повинні перевищувати 10%.

### 3.8.3 Визначення вмісту нітратів

Метод заснований на реакції нітратів з саліциловокислим натрієм в присутності сірчаної кислоти з утворенням солі нітросаліцилової кислоти, забарвленої в жовтий колір.

Чутливість методу 0,1  $\text{мг/дм}^3$  нітратного азоту.

Визначенню заважають:

- кольоровість води (понад 20-25°), в цьому випадку до 150  $\text{см}^3$  досліджуваної води додають 3  $\text{см}^3$  суспензії гідроксиду алюмінію, пробу ретельно перемішують і після відстоювання протягом декількох хвилин осад відфільтровують, першу порцію фільтрату відкидають;

- хлориди в концентрації, що перевищує 200  $\text{мг/дм}^3$ , які видаляють додаванням розчину сірчаноокислого срібла до 100  $\text{см}^3$  досліджуваної води в кількості, еквівалентній змісту хлорид-іонів. Осад хлориду срібла фільтрують або відокремлюють центрифугуванням;

- нітрити в концентрації 1-2  $\text{мг/дм}^3$ ;

- залізо в концентрації більше 0,5  $\text{мг/дм}^3$ . Вплив заліза може бути усунуто додаванням 8-10 крапель розчину калію-натрію виннокислого перед випаровуваннями води в порцеляновій чашці.

10 см<sup>3</sup> досліджуваної води поміщають в фарфорову чашку. Додають 1 см<sup>3</sup> розчину саліциловокислого натрію, і випарюють на водяній бані насухо. Після охолодження сухий залишок зволожують 1 см<sup>3</sup> концентрованої сірчаної кислоти, ретельно розтирають його скляною паличкою і залишають на 10 хв. Потім додають 5-10 см<sup>3</sup> дистильованої води і кількісно переносять в мірну колбу місткістю 50 см<sup>3</sup>. Додають 7 см<sup>3</sup> 10 н розчину їдкого натру, доводять об'єм дистильованою водою до мітки і перемішують. Протягом 10 хв після додавання їдкого натру забарвлення не змінюється. Порівняння інтенсивності забарвлення досліджуваної проби проводять фотометричним методом, вимірюючи оптичну щільність розчину з фіолетовим світлофільтром в кюветах з товщиною робочого шару 1-5 см<sup>3</sup>. Зі знайдених значень оптичної щільності віднімають оптичну щільність нульовий проби і по калібрувальному графіку знаходять вміст нітратів.

Вміст нітратів (X), мг/дм<sup>3</sup>, обчислюють за формулою в перерахунку на нітратний азот:

$$X = C$$

де C – вміст нітратів, знайдений за графіком, мг/дм<sup>3</sup>.

### 3.9 Визначення рН

Електрометричний метод визначення рН базується на вимірюванні електрорушійної сили електрометричної комірки, яка складається з вимірюваного розчину, скляного електрода і електрода порівняння [30].

Цей метод може бути застосований для всіх типів природних та стічних вод із діапазоном рН від 3 до 10.

Температура, деякі гази і органічні речовини заважають визначенню рН. Завислі речовини в пробі можуть призвести до значних похибок. Необхідно дати пробі відстоятися і тільки після цього у відстояний шар води розміщувати електроди. Як альтернативу можна використовувати ультрафільтрацію.

У результаті різних хімічних, фізичних і біологічних процесів у пробі води величина рН може дуже швидко мінятися. Тому вимірювати треба максимально швидко, але не пізніше ніж через 6 годин після відбирання.

При дослідженні необхідно виміряти температуру буферних розчинів та проби, встановити температурний контроль на рН-метрі відповідно до інструкції виробника.

Промити електрод водою і пробєю води, занурити його в пробу. Перемішати розчин, зняти покази значення рН у стані спокою.

Промити електрод і занурити його в буферний розчин D. Повільно обертати посудину з розчином уздовж осі електрода, потім почекати і знімати покази у стані спокою. Встановити покажчик приладу на відмітку нуля шкали за заданого значення рН буферного розчину D. Відхил від нульової відмітки повинен бути  $\Delta \text{pH} \leq 0,5$  (5). Якщо це не так, то це означає, що один електрод бракований. Промити електрод водою і занурити в буферний розчин С або F. Перемішати розчин, зняти покази значення рН у стані спокою. Регулювати кут нахилу, поки не будуть одержані покази, які співпадуть із значенням буферного розчину за виміряної температури.

Повторювати обидва кроки до максимально можливого покращення.

рН необхідно вимірювати за 25°C. Якщо вимірювання проводять за іншої температури, то це необхідно вказати. Якщо необхідно навести значення рН для температури, яка відрізняється від температури, за якої проводили вимірювання, то використовують наступне рівняння:

$$\text{pH}_{25} = \text{pH}_{tm} + \Delta \text{pH}_{tm},$$

де  $\text{pH}_{25}$  – рН за 25°C;

$\text{pH}_{tm}$  – рН за вимірюваної температури;

$\Delta \text{pH}_{tm}$  – відхил рН від стандартного за 25°C для температури, за якою проводили вимірювання.

#### 4 ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД р. КАЗЕННИЙ ТОРЕЦЬ

Постачання питної та технічної води на місто Краматорськ здійснюється КП «Компанія «Вода Донбасу» водоводами Ø1000 мм і Ø1200 мм КП «Компанія «Вода Донбасу» (питна вода), а також каналом Сіверський Донець - Донбас КП «Компанія «Вода Донбасу» (технічна вода).

В першу чергу з каналу "Сіверський Донець – Донбас" технічна вода по магістральному водопроводу протяжністю 18,8 км в обсязі 40-45 тис. м<sup>3</sup> на добу подається на фільтрувальну станцію продуктивністю 50 тис. м<sup>3</sup> на добу. Вода від фільтрувальної станції та водозаборів питної води подається в міську мережу і розподіляється по районах міста.

Контроль джерела водопостачання для фільтрувальної станції – каналу Сіверський Донець – Донбас – виконує підприємство, що обслуговує, транспортує та реалізує воду, компанія «Вода Донбасу».

За даними [15, 16] у 2019 році середньорічні показники якості природних вод р. Сіверський Донець, водозабір Слов'янського РВУ КП «Компанія «Вода Донбасу» відповідають нормативним вимогам.

У 2020 році було проведено щомісячні дослідження основних показників якості природних вод каналу Сіверський Донець , які представлені в таблиці 4.

Аналіз отриманих даних показує, що деякі показники виходять за рамки нормативних значень: каламутність, забарвленість, вміст заліза, перманганатна окиснюваність та жорсткість води (взимку та навесні). Проте процеси водопідготовки, які проводяться на фільтрувальній станції дозволяють зменшити значення цих показників до нормативних.

На сьогоднішній день в системі водопостачання м.Краматорськ існує декілька істотних проблем, одна з яких відсутність альтернативних джерел для централізованого водопостачання м. Краматорська та прилеглих селищ, повна залежність від постачальника питної та технічної води на місто КП «Компанія «Вода Донбасу», що призводить до значних витрат на покупну воду.

Таблиця 4 – Показники якості природних вод р. Сіверський Донець за 2020 рік

|                                                           | Нормативне<br>значення | Січень | Лютий | Березень | Квітень | Травень | Червень | Липень | Серпень | Вересень | Жовтень | Листопад | Грудень |
|-----------------------------------------------------------|------------------------|--------|-------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|---------|----------|---------|
| Каламутність,<br>(НОК)                                    | ≤1 (3,5)               | 2,5    | 2,7   | 2,9      | 17,5    | 13,7    | 4,8     | 7,0    | 7,0     | 5,5      | 5,5     | 3,5      | 2,3     |
| Забарвленість,<br>(градуси)                               | ≤20 (35)               | 34,3   | 28,4  | 34,1     | 43,0    | 38,5    | 47,0    | 42,7   | 28,4    | 32,4     | 31,9    | 36,3     | 29,7    |
| Водневий<br>показник<br>(одиниці рН)                      | 6,5-8,5                | 8,12   | 8,12  | 8,17     | 8,53    | 8,51    | 7,94    | 7,97   | 7,98    | 7,96     | 7,89    | 8,00     | 7,83    |
| Алюміній,<br>(мг/дм <sup>3</sup> )                        | ≤0,2(0,5)              | <0,04  | <0,04 | <0,04    | <0,04   | <0,04   | <0,04   | <0,04  | <0,04   | <0,04    | <0,04   | <0,04    | <0,04   |
| Перманганатна<br>окиснюваність,<br>(мг/ дм <sup>3</sup> ) | ≤5                     | 5,76   | 5,33  | 5,2      | 8,24    | 6,2     | 6,72    | 6,4    | 5,76    | 6,40     | 6,69    | 6,88     | 7,2     |
| Залізо<br>загальне, (мг/<br>дм <sup>3</sup> )             | ≤0,2 (1,0)             | 0,25   | 0,24  | 0,24     | 0,79    | 0,63    | 0,41    | 0,48   | 0,41    | 0,28     | 0,37    | 0,27     | 0,26    |
| Хлориди,<br>(мг/дм <sup>3</sup> )                         | ≤250 (350)             | 76     | 72    | 83       | 78      | 77      | 76      | 68     | 67      | 70       | 73      | 74       | 80      |
| Загальна<br>жорсткість,<br>(ммоль/ дм <sup>3</sup> )      | ≤7                     | 7,5    | 7,9   | 8,2      | 7,4     | 7,3     | 7,4     | 6,4    | 5,4     | 5,8      | 6,0     | 6,5      | 8,3     |
| Амоній,<br>(мг/дм <sup>3</sup> )                          | ≤0,5 (2,6)             | 0,15   | 0,23  | 0,26     | 0,22    | 0,33    | 0,25    | 0,25   | 0,23    | 0,18     | 0,21    | 0,26     | 0,5     |
| Нітрати,<br>(мг/дм <sup>3</sup> )                         | ≤50                    | 8,2    | 8,7   | 8,2      | 1,5     | 5,3     | 6,3     | 4,1    | 3,8     | 5,2      | 7,1     | 12,0     | 13,0    |
| Нітрити,<br>(мг/дм <sup>3</sup> )                         | ≤0,5                   | 0,046  | 0,020 | 0,018    | 0,048   | 0,045   | 0,021   | 0,025  | 0,023   | 0,025    | 0,032   | 0,17     | 0,15    |
| Сухий<br>залишок,<br>(мг/дм <sup>3</sup> )                | ≤1000<br>(1500)        | 730    | 727   | 816      | 730     | 726     | 719     | 711    | 522     | 520      | 695     | 718      | 812     |
| Загальна<br>лужність,<br>(ммоль/дм <sup>3</sup> )         | Не<br>визначають       | 4,8    | 5,1   | 5,2      | 4,8     | 4,7     | 5,1     | 4,9    | 3,7     | 3,6      | 4,0     | 4,3      | 4,6     |
| Поліфосфати,<br>(мг/дм <sup>3</sup> )                     | ≤3,5                   | <0,01  | 0,8   | 0,59     | 0,81    | 1,28    | 1,02    | 1,04   | 1,29    | 1,28     | 1,20    | 1,37     | 1,28    |
| Сульфати,<br>(мг/дм <sup>3</sup> )                        | ≤250 (350)             | 239    | 212   | 265      | 237     | 213     | 240     | 180    | 161     | 174      | 167     | 235      | 260     |
| t, (°C)                                                   |                        | 2,2    | 2,3   | 7,6      | 10,7    | 16,6    | 24,3    | 25,9   | 24,0    | 18,5     | 14,0    | 6,0      | 3,4     |

Примітка. Норматив, зазначений у дужках, установлюється в окремих випадках за погодженням з головним державним санітарним лікарем відповідної адміністративної території.

З метою розв'язання однієї з найважливіших соціальних проблем міста - забезпечення споживачів якісними послугами з водопостачання та водовідведення в необхідній кількості, при економічно обґрунтованих тарифах була прийнята Програма реформування і розвитку водопровідно-каналізаційного господарства на території м. Краматорська на 2021-2023 роки [31], одним із завдань якої є пошук альтернативних джерел водопостачання.

Нами розглянуто можливість використання в якості альтернативного джерела водопостачання р. Казенний Торець. Для цього на протязі 2020 року проводилося дослідження 10 санітарно-хімічних показників безпеки та якості води:

- водневий показник, одиниці рН;
- завислі речовини, мг/дм<sup>3</sup>;
- азот амонійний, мг/дм<sup>3</sup>;
- нітрит-іони, мг/дм<sup>3</sup>;
- нітрат-іони, мг/дм<sup>3</sup>;
- хлорид-іони, мг/дм<sup>3</sup>;
- сульфат-іони, мг/дм<sup>3</sup>;
- сухий залишок, мг/дм<sup>3</sup>;
- залізо, мг/дм<sup>3</sup>;
- загальна жорсткість, ммоль/дм<sup>3</sup>.

Відбір проб води для хімічного аналізу виконувався у певній послідовності батометром або емальованим відром, попередньо обмитим цією ж водою. Загальна кількість води для виконання аналізу близько 5 літрів. Для кожної проби є етикетка та супроводжувальна документація [32]. Відбір проб для аналізу природної води та умови їх консервування наведено в таблиці 5.

Таблиця 5 – Параметри консервування проб природної води

| Визначувані компоненти, властивості                                                                                                                                              | Консерванти, строки визначення після відбирання проб                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Температура рН, Eh, CO <sub>2</sub> , HCO <sub>3</sub>                                                                                                                           | Не консервують, вимірюють відразу<br>Не консервують:<br>а) визначення виконують відразу на місці;<br>б) посудину заповнюють водою доверху і закривають так, щоб не залишилося бульбашок повітря; аналізують не пізніше ніж через 1 добу                                                                                                                                                                                                   |
| Розчинений кисень                                                                                                                                                                | Не консервують, фіксують додаванням необхідних реагентів [33]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Смак, запах, кольоровість                                                                                                                                                        | Не консервують. Визначають не пізніше, ніж через 2-3 години                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Каламутність, прозорість, завислі речовини; питома електропровідність                                                                                                            | а) не консервують, визначають не пізніше ніж через 1 добу;<br>б) додають 1-2 см <sup>3</sup> хлороформу до 1 дм <sup>3</sup> води                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Органічні сполуки                                                                                                                                                                | Не консервують.<br>Визначають якомога швидше після відбирання проби                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Біохімічне споживання кисню (БСК)                                                                                                                                                | Не консервують.<br>Пробу можна зберігати не більш ніж 1 добу за 3-4°C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , F <sup>-</sup>                                        | Не консервують.<br>Бажано зберігати не більше ніж 3 доби                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Хімічне споживання кисню (ХСК), NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Zn <sup>2+</sup>                                    | 1 см <sup>3</sup> концентрованої сірчаної кислоти на 1 дм <sup>3</sup> води                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Mn <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup> , Cd <sup>2+</sup> , Pb <sup>2+</sup> , Cr(III), Cr(VI)                                                                   | 12 см <sup>3</sup> концентрованої азотної кислоти на 1 дм <sup>3</sup> води                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Кольоровість, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , АСПАР | 2-4 см <sup>3</sup> хлороформу на 1 дм <sup>3</sup> води                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Залізо                                                                                                                                                                           | Загальний вміст заліза:<br>додають 20 см <sup>3</sup> концентрованої азотної кислоти до 1 дм <sup>3</sup> проби води<br>Залізо(III) та залізо(II):<br>додають 25 см <sup>3</sup> розчину ацетату натрію (68 г CH <sub>3</sub> COONa·3H <sub>2</sub> O в 500 см <sup>3</sup> води) і 25 см <sup>3</sup> розчину оцтової кислоти (166,7 см <sup>3</sup> 100 %-ї CH <sub>3</sub> COOH у 500 см <sup>3</sup> води) до 1 дм <sup>3</sup> проби |
| Розчинені сульфіди                                                                                                                                                               | 10 см <sup>3</sup> 10 %-го розчину ацетату кадмію або цинку на 1 дм <sup>3</sup> проби                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Хлорорганічні пестициди                                                                                                                                                          | Не консервують.<br>Строк зберігання не більше 7 діб.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Проведені дослідження показали, що майже всі показники якості природної води, крім нітрат-, нітрит-іонів та амонійного азоту значно перевищують нормативні значення (таблиця 6): вміст  $\text{Cl}^-$  перевищує нормативне значення в 1,36 рази,  $\text{SO}_4^{2-}$  – в 3,6 рази, сухого залишку – в 2,4 рази, заліза – в 1,5 рази, загальної жорсткості – у 2,5 рази.

Таблиця 6 – Показники якості природних вод р. Казений Торець за 2020 рік

|                                                    | Нормативне<br>значення | Січень | Лютий | Березень | Квітень | Травень | Червень | Липень | Серпень | Вересень | Жовтень | Листопад | Грудень |
|----------------------------------------------------|------------------------|--------|-------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|---------|----------|---------|
| Водневий<br>показник<br>(одиниці рН)               | 6,5-<br>8,5            | 8,2    | 8,16  | 8,23     | 8,27    | 8,38    | 8,17    | 8,29   | 8,42    | 8,37     | 8,35    | 8,19     | 8,05    |
| Завислі<br>речовини,<br>(мг/дм <sup>3</sup> )      |                        | 13,6   | 17,2  | 30,5     | 34,5    | 33,2    | 31,4    | 30,5   | 33,5    | 36,2     | 35,5    | 26,5     | 19,4    |
| Азот амонійний,<br>(мг/дм <sup>3</sup> )           | ≤0,5                   | 0,48   | 0,44  | 0,35     | 0,25    | 0,23    | 0,48    | 0,39   | 0,36    | 0,78     | 0,25    | 0,72     | 0,66    |
| Нітрит-іони,<br>(мг/дм <sup>3</sup> )              | ≤0,5                   | 0,43   | 0,38  | 0,51     | 0,62    | 0,5     | 0,32    | 0,31   | 0,33    | 0,52     | 0,53    | 0,47     | 0,67    |
| Нітрат-іони,<br>(мг/дм <sup>3</sup> )              | ≤50                    | 29,9   | 28,3  | 28,1     | 28,0    | 18,6    | 12,7    | 10,3   | 13,2    | 23,7     | 16,5    | 22,05    | 25,12   |
| Хлорид-іони,<br>(мг/дм <sup>3</sup> )              | ≤250                   | 340,3  | 368,7 | 308,4    | 262,3   | 329,7   | 354,5   | 258,6  | 283,6   | 326,1    | 310,2   | 315,5    | 308,4   |
| Сульфат-іони,<br>(мг/дм <sup>3</sup> )             | ≤250                   | 865,8  | 914,3 | 911,1    | 889     | 935,1   | 949,1   | 862,1  | 753,5   | 824,2    | 918,3   | 890,1    | 863,1   |
| Сухий залишок,<br>(мг/дм <sup>3</sup> )            | ≤1000                  | 2286   | 2353  | 2379     | 2425    | 2322    | 2383,5  | 2203   | 2088    | 2173,5   | 2305,5  | 2300     | 2088    |
| Залізо, (мг/дм <sup>3</sup> )                      | ≤0,2                   | 0,29   | 0,3   | 0,37     | 0,36    | 0,39    | 0,28    | 0,32   | 0,31    | 0,26     | 0,29    | 0,32     | 0,29    |
| Загальна<br>жорсткість<br>(ммоль/дм <sup>3</sup> ) | ≤7                     | 17,6   | 18,1  | 17,5     | 17,3    | 16,8    | 16,6    | 16,4   | 15,8    | 16,2     | 16,7    | 17,1     | 17,4    |

Основним критерієм оцінки якості води р. Казенний Торець, який визначався у першу чергу, є показник загальної жорсткості. Це пояснюється тим, що операції, які проводяться під час водопідготовки на фільтрувальній станції не призводять до зміни цього показника. Тому при оцінці якості природних вод саме загальна жорсткість води є визначальним показником.

Щомісячні дослідження дозволили визначити вплив змін пори року на основні показники якості води.

Під час дослідів виявлено, що зміни пор року найбільш істотно впливають на наступні показники:

- загальна жорсткість (від 15,8 у серпні до 18,1 у лютому) (рисунок 1);
- вміст завислих речовин (від 13,6 мг/дм<sup>3</sup> у січні до 36,5 мг/дм<sup>3</sup> у вересні) (рисунок 2);
- вміст нітрат-іонів (від 10,3 мг/дм<sup>3</sup> у липні до 29,9 мг/дм<sup>3</sup> у січні) (рисунок 3),

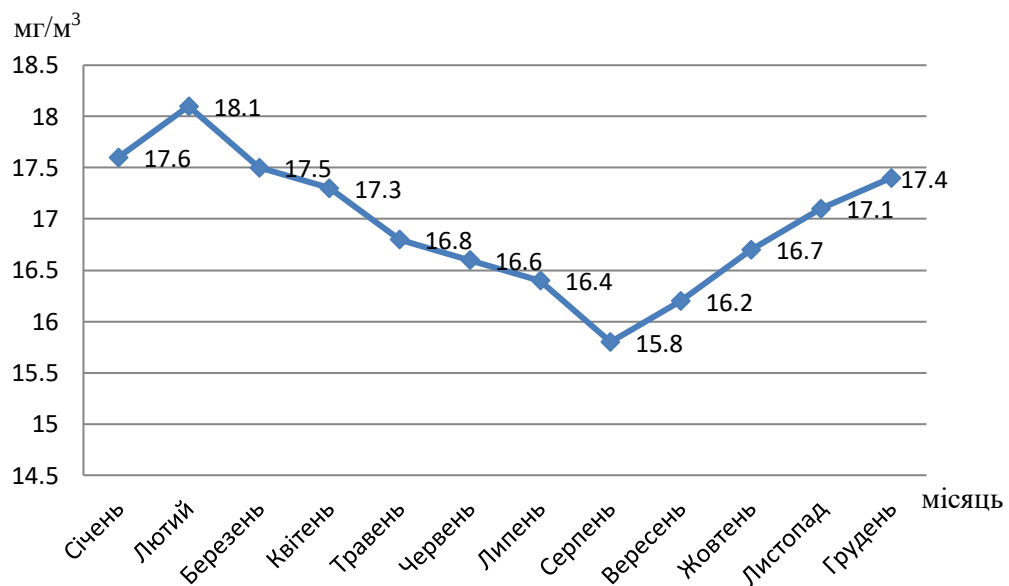


Рисунок 1 – Зміна загальної жорсткості на протязі року

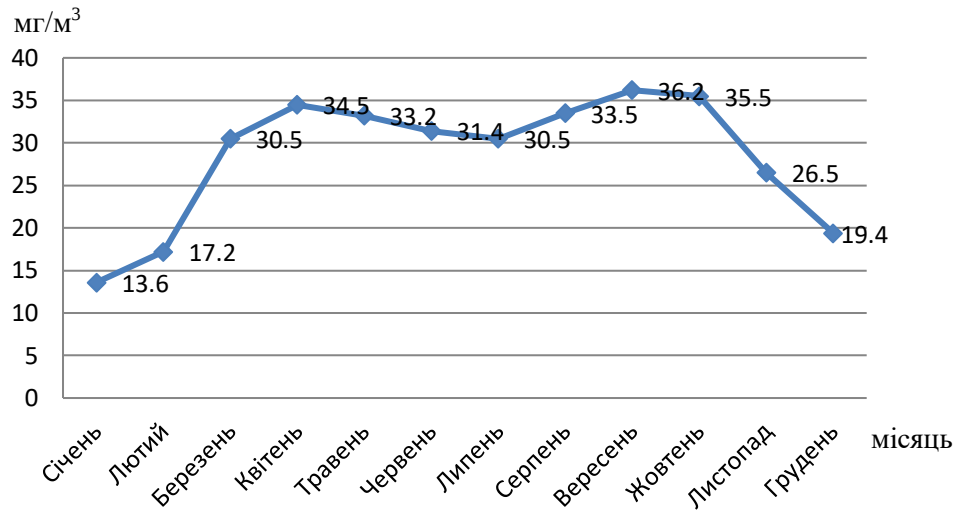


Рисунок 2 – Зміна концентрації завислих речовин на протязі року

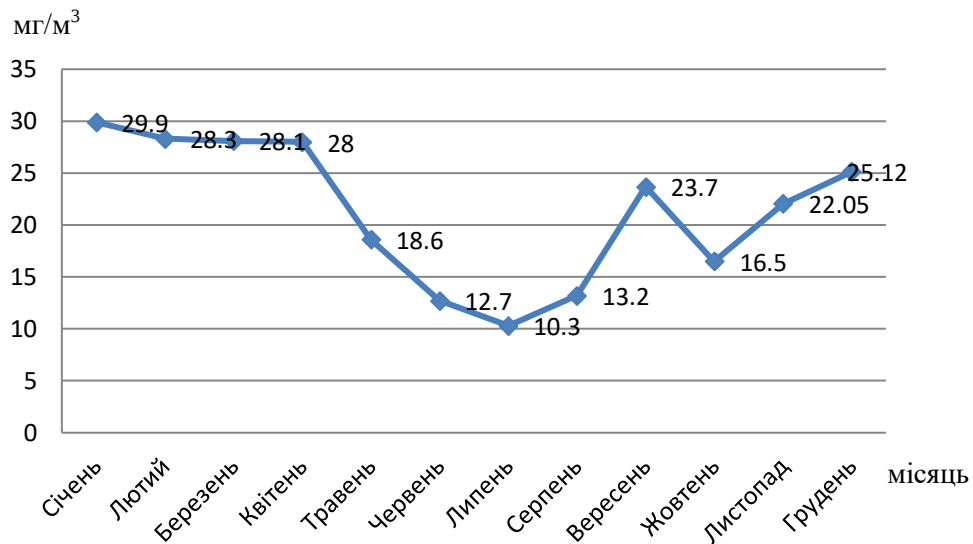


Рисунок 3 – Зміна концентрації нітрат-іонів на протязі року

Отже, показник загальної жорсткості та концентрація нітрат-іонів мають найбільші значення у холодну пору року, а концентрація завислих речовин – у теплу. Інші показники також мають тенденцію до коливань при зміні пори року (хлорид- та нітрит-іони, іони амонію), проте залежність не така чітка. Концентрації загального заліза та сульфат-іонів майже не змінюються на протязі року та їх коливання незначні.

Основна частина розглянутих показників відображає природний гідрохімічний режим із сезонною повторюваністю. Але мають місце і показники, що характеризують антропогенний і вторинне забруднення води.

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі проведено дослідження якості природних вод р. Казенний Торець з метою використання їх в якості альтернативного джерела водопостачання м. Краматорськ та зменшення витрат на покупну воду.

У дипломній роботі:

- розглянута класифікація питної води та вимоги до якості питної води;
- проаналізовано особливості водопостачання Донецької області, джерела поверхневих вод, їх особливості, стан, забруднення;
- розглянуто методи та технологічні процеси водопідготовки, які проводяться на фільтрувальній станції з водою, що поступає;
- проведено щомісячні визначення санітарно-хімічних показників безпеки та якості води каналу "Сіверський Донець – Донбас", визначено відповідність цих показників санітарно-гігієнічним нормам;
- проведено щомісячні визначення санітарно-хімічних показників безпеки та якості води р. Казенний Торець, визначено відповідність цих показників санітарно-гігієнічним нормам;
- проведено дослідження впливу змін пори року на основні показники якості води;
- виявлено, що зміни пор року найбільш істотно впливають на загальна жорсткість, вміст завислих речовин та вміст нітрат-іонів;
- встановлено, що природні води р. Казенний Торець не можуть бути використані в якості альтернативного джерела водопостачання м. Краматорськ, тому що вони не відповідають санітарно-хімічним показникам безпеки та якості води.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення». - Офіційний вісник України від 22.02.2002 — 2002 р., № 6, стор. 1, стаття 223, код акта 21400/2002.
2. Прокопов В. О. Питна вода України: медико-екологічні та санітарно-гігієнічні аспекти. К.: Медицина, 2016. 400 с.
3. Прокопов В. О., Кузьмінець О. М., Сахно Н. В. Доочистка водопровідної питної води – актуальна проблема сьогодення // Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України: зб. тез доп. наук.-практ. конф. Київ, 2010. С. 117–118.
4. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води.- К.: Вища школа, 2005.- 671с.
5. Гончарук В. В. Концепция выбора перечня показателей и их нормативных значений для определения гигиенических требований и контроля за качеством питьевой воды в Украины // Химия и технология воды. 2007. Т. 29, № 4. С. 297–355.
6. Орлов В.О., Орлова А.М., Зошук В.О. Технологія підготовки питної води Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2010. -176 с.
7. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання. Підручник для вузів. – К.: Знання, 2009. – 735с.
8. Гончарук В.В. SOS: Питьевая вода Химия и технология воды, 2010, т.32, №5. С.463.
9. Лахман Н. И. Украинский рынок питьевой воды. «ЮР-АКВА» – от идеи к региональному внедрению // Водопостачання та водовідведення. Спецвипуск. 2008. С. 34–45.
10. Прокопов В.О., Зоріна О.В. Результати гігієнічного моніторингу питної води поліпшеної якості в Україні. Гігієна населених місць : зб. наук. пр. К., 2019. Вип. 69. С. 72-78.

11. ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» / Київ. Мінекономрозвитку України. 2014. 30 с.
12. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною : ДСанПіН 2.2.4-171-10 / МОЗ України. Київ, 2012. 55 с.
13. Шачнева Е. Ю. Водоподготовка и химия воды: Учебно-методическое пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2016. — 104 с.
14. ДСТУ 4808:2007 – Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правила вибирання / К., Видавництво стандартів, 2007. – 42 с.
15. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні за 2019 рік,  
<https://www.minregion.gov.ua/wpcontent/uploads/2020/12/naczionalna-dopovid-za-2019-rik.pdf>
16. Состояние водных ресурсов Донецкого региона: [Электронный ресурс] // Vodainfo, 2011. URL: <http://www.vodainfo.com/ru/5730.html>
17. Екологічний паспорт Донецької області за 2019 рік. Режим доступу – <http://ecology.donoda.gov.ua/stan-dovkillya/>.
18. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2019 році. Режим доступу – <http://ecology.donoda.gov.ua/stan-dovkillya/>.
19. Статистичний збірник «Довкілля України» за 2019 рік. Режим доступу – [http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/2020/zb/11/Dovk\\_19.pdf](http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/11/Dovk_19.pdf)
20. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Основні положення проектування / Київ. Мінрегіон України. 2013. 301 с.
21. ГОСТ 3351-74 Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности.
22. ДСТУ ISO 7887-2003 Якість води. Визначання і досліджування забарвленості (ISO 7887:1994, IDT) / Київ. Держспоживстандарт України. 2003.
23. "Руководства по химическому анализу поверхностных вод суши" / под редакцией А. Д. Семенова. – Гидрометеиздат. – Л. – 1977 г.

24. ГОСТ 4011-72 Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа.
25. ГОСТ 4389-72 Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов.
26. ГОСТ 18164-72 Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка.
27. ДСТУ 4079-2001 Якість води. Визначання загального вмісту хлоридів. Титрування нітратом срібла із застосуванням хромату як індикатора (метод Мора) (ISO 9297:1989, MOD) / Київ. Держспоживстандарт України. 2003. 10 с.
28. ГОСТ 18190-72 Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного активного хлора.
29. ГОСТ 4192-82 Вода питьевая. Методы определения минеральных азотсодержащих веществ.
30. ДСТУ 4077-2001 Якість води. Визначання рН (ISO 10523:1994, MOD) / Київ. Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики. 2003. 16 с.
31. Програма реформування і розвитку водопровідно-каналізаційного господарствана території м. Краматорська на 2021-2023 роки.
32. Інструкція з відбирання, підготовки проб води і ґрунту для хімічного та гідробіологічного аналізу гідрометеорологічними станціями і постами. Затверджено Наказ ДСНС України 19.01.2016 № 30.
33. Ю. В. Новиков Методы исследования качества воды водоемов / Новиков Ю. В. и др. – М. – 1990, 50 с/

## ДОДАТКИ

## Показники епідемічної безпеки питної води

| Найменування показників                                                                                                       | Одиниця вимірювання                          | Нормативи для питної води<br>ГСанПіН 2.2.4-171-10 |                               |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|-------------|
|                                                                                                                               |                                              | водопровідної, з пунктів розливу та бюветів       | з колодязів і каптажів джерел | фасованої   |
| Загальне мікробне число при $t = 37^{\circ}\text{C}$ – 24 години*                                                             | КОЕ/см <sup>3</sup>                          | $\leq 100$<br>( $\leq 50$ )**                     | не визначається               | $\leq 20$   |
| Загальне мікробне число при $t = 22^{\circ}\text{C}$ – 72 години                                                              | КОЕ/см <sup>3</sup>                          | не визначається                                   | не визначається               | $\leq 100$  |
| Загальні коліформи ***                                                                                                        | КОЕ/100 см <sup>3</sup>                      | відсутність                                       | $\leq 1$                      | відсутність |
| E.coli****                                                                                                                    | КОЕ/100 см <sup>3</sup>                      | відсутність                                       | відсутність                   | відсутність |
| Ентерококи ***                                                                                                                | КОЕ/100 см <sup>3</sup>                      | відсутність                                       | не визначається               | відсутність |
| Синьогнійна паличка (Pseudomonas aeruginosa)                                                                                  | КОЕ/100 см <sup>3</sup>                      | не визначається                                   | не визначається               | відсутність |
| Патогенні ентеробактерії                                                                                                      | наявність в 1 дм <sup>3</sup>                | відсутність                                       | відсутність                   | відсутність |
| Коліфаги****                                                                                                                  | БОЕ/дм <sup>3</sup>                          | відсутність                                       | відсутність                   | відсутність |
| Ентеровіруси, аденовіруси, антигени ротавірусів, реовірусів, вірусу гепатиту А та інші                                        | наявність у 10 дм <sup>3</sup>               | відсутність                                       | відсутність                   | відсутність |
| Патогенні кишкові найпростіші: цисти криптоспоридій, ізоспор, цисти лямблій, дизентерійних аміб, балантидія кишкового та інші | клітини, цисти в 50 дм <sup>3</sup>          | відсутність                                       | відсутність                   | відсутність |
| Кишкові гельмінти                                                                                                             | клітини, яйця, личинки, в 50 дм <sup>3</sup> | відсутність                                       | відсутність                   | відсутність |

\* Для 95% проб води, відібраних з водопровідної мережі, що досліджувались протягом року.

\*\* Через 10 років з часу набрання чинності Санітарних норм.

\*\*\* Для 98% проб води, відібраних з водопровідної мережі, що досліджувались протягом року.

\*\*\*\* Визначають додатково у питній воді з поверхневих вододжерел у місцях її надходження з очисних споруд в розподільну мережу, а також в ґрунтових водах.

Примітка:

Дослідження питної води з поверхневих вододжерел чи ґрунтової води за показниками, передбаченими пунктами 7 і 9, проводяться у разі виявлення в двох послідовно відібраних пробах води загальних коліформ, E.coli, ентерококів чи коліфагів (пп. 3, 4, 5 і 8), а дослідження питної води з підземних артезіанських і міжшарових безнапірних водоносних шарів за показниками, передбаченими пп. 7, 8 і 9, проводяться у разі виявлення в двох послідовно відібраних пробах води загальних коліформ, E.coli чи ентерококів (пп. 3, 4, 5). Водночас дослідження води на вміст збудників інфекційних хвороб вірусної етіології проводяться в разі виявлення в її пробах коліфагів, а на вміст збудників бактеріальної етіології — у разі виявлення в її пробах загальних коліформ, E.coli чи ентерококів. Загальні коліформи і ентерококи досліджуються в трьох обсягах по 100 см<sup>3</sup>.

## Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води

Таблиця 1

| № з/п                        | Найменування показників                  | Одиниця вимірювання                                                   | Нормативи для питної води згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10            |                                |                                                                                           |
|------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              |                                          |                                                                       | водопровідної                                                      | з колодязів і каптажів, джерел | фасованої, з пунктів розливу та бюветів                                                   |
| I. Органолептичні показники  |                                          |                                                                       |                                                                    |                                |                                                                                           |
| 1                            | Запах:<br>при t = 20 °С<br>при t = 60 °С | бали                                                                  | $\leq 2$<br>$\leq 2$                                               | $\leq 3$<br>$\leq 3$           | $\leq 0$ (2)4<br>$\leq 1$ (2)4                                                            |
| 2                            | Кольоровість                             | градуси                                                               | $\leq 20$ (35)1                                                    | $\leq 35$                      | $\leq 10$ (20)4                                                                           |
| 3                            | Мутність                                 | нефелометрич на одиниця мутності (1 НЬОМУ = 0,58 мг/дм <sup>3</sup> ) | $\leq 1,0$ (3,5)1<br>$\leq 2,6$ (3,5)1<br>— для підземного джерела | $\leq 3,5$                     | $\leq 0,5$ (1,0)4                                                                         |
| 4                            | Смак і присмак                           | бали                                                                  | $\leq 2$                                                           | $\leq 3$                       | $\leq 0$ (2)4                                                                             |
| II. Фізико-хімічні показники |                                          |                                                                       |                                                                    |                                |                                                                                           |
| а) неорганічні показники     |                                          |                                                                       |                                                                    |                                |                                                                                           |
| 5                            | Водневий показник                        | одиниці рН                                                            | 6,5–8,5                                                            | 6,5–8,5                        | 6,5–8,5<br>( $\leq 4,5$ )5                                                                |
| 6                            | Діоксид вуглецю                          | %                                                                     | не визначається                                                    | не визначається                | 0,2—0,3 для слабогазованої<br>0,31—0,4 для середньогазованої<br>> 0,4 для сильногазованої |
| 7                            | Залізо загальне                          | мг/дм <sup>3</sup>                                                    | $\leq 0,2$ (1,0)1                                                  | $\leq 1,0$                     | $\leq 0,2$                                                                                |
| 8                            | Загальна жорсткість                      | ммоль/дм <sup>3</sup>                                                 | $\leq 7,0$ (10,0)1                                                 | $\leq 10,0$                    | $\leq 7,0$                                                                                |
| 9                            | Загальна лужність                        | ммоль/дм <sup>3</sup>                                                 | не визначається                                                    | не визначається                | $\leq 6,5$                                                                                |

| № з/п                              | Найменування показників                         | Одиниця вимірювання | Нормативи для питної води згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 |                                |                                         |
|------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|
|                                    |                                                 |                     | водопровідної                                           | з колодязів і каптажів, джерел | фасованої, з пунктів розливу та бюветів |
| 10                                 | Йод                                             | мкг/дм <sup>3</sup> | не визначається                                         | не визначається                | ≤50                                     |
| 11                                 | Кальцій                                         | мг/дм <sup>3</sup>  | не визначається                                         | не визначається                | ≤130                                    |
| 12                                 | Магній                                          | мг/дм <sup>3</sup>  | не визначається                                         | не визначається                | ≤80                                     |
| 13                                 | Марганець                                       | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,05 (0,5) <sup>1</sup>                                | ≤0,5                           | ≤0,05                                   |
| 14                                 | Мідь                                            | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤1,0                                                    | не визначається                | ≤1,0                                    |
| 15                                 | Поліфосфати (за PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤3,5                                                    | не визначається                | ≤0,6 (3,5) <sup>4</sup>                 |
| 16                                 | Сульфати                                        | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤250 (500) <sup>1</sup>                                 | ≤500                           | ≤250                                    |
| 17                                 | Сухий залишок                                   | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤1000 (1500) <sup>1</sup>                               | ≤1500                          | ≤1000                                   |
| 18                                 | Хлор залишковий вільний                         | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,5                                                    | ≤0,5                           | ≤0,05                                   |
| 19                                 | Хлориди                                         | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤250 (350) <sup>1</sup>                                 | ≤350                           | ≤250                                    |
| 20                                 | Цинк                                            | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤1,0                                                    | не визначається                | ≤1,0                                    |
| б) органічні компоненти            |                                                 |                     |                                                         |                                |                                         |
| 21                                 | Хлор залишковий зв'язаний                       | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤1,2                                                    | ≤1,2                           | ≤0,05                                   |
| Санітарно-токсикологічні показники |                                                 |                     |                                                         |                                |                                         |
| а) неорганічні показники           |                                                 |                     |                                                         |                                |                                         |
| 22                                 | Алюміній**                                      | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,2 (0,5) <sup>2</sup>                                 | не визначається                | ≤0,1                                    |
| 23                                 | Амоній                                          | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,5 (2,6) <sup>1</sup>                                 | ≤2,6                           | ≤0,1 (1,2) <sup>1,4</sup>               |
| 24                                 | Діоксид хлору                                   | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,1                                                    | не визначається                | не визначається                         |

| № з/п                   | Найменування показників                    | Одиниця вимірювання | Нормативи для питної води згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 |                                |                                                              |
|-------------------------|--------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                         |                                            |                     | водопровідної                                           | з колодязів і каптажів, джерел | фасованої, з пунктів розливу та бюветів                      |
| 25                      | Кадмій **                                  | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,001                                                  | не визначається                | ≤0,001                                                       |
| 26                      | Кремній**                                  | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤10                                                     | не визначається                | ≤10                                                          |
| 27                      | Миш'як**                                   | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,01                                                   | не визначається                | ≤0,01                                                        |
| 28                      | Молібден**                                 | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,07                                                   | не визначається                | ≤0,07                                                        |
| 29                      | Натрій**                                   | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤200                                                    | не визначається                | ≤200                                                         |
| 30                      | Нітрати (по NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤50                                                     | ≤50                            | ≤10 (50)4                                                    |
| 31                      | Нітрити**                                  | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,5 (0,1)3                                             | ≤3,3                           | ≤0,5 (0,1)7                                                  |
| 32                      | Озон залишковий                            | мг/дм <sup>3</sup>  | 0,1-0,3                                                 | не визначається                | не визначається                                              |
| 33                      | Ртуть*                                     | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,0005                                                 | не визначається                | ≤0,0005                                                      |
| 34                      | Свинець**                                  | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,01                                                   | не визначається                | ≤0,01                                                        |
| 35                      | Срібло**                                   | мг/дм <sup>3</sup>  | не визначається                                         | не визначається                | ≤0,025                                                       |
| 36                      | Фториди **                                 | мг/дм <sup>3</sup>  | для кліматичних зон:<br>IV≤0,7<br>III≤1,2<br>II≤1,5     | ≤1,5                           | ≤1,56<br>для кліматичних зон:<br>IV≤0,7<br>III≤1,2<br>II≤1,5 |
| 37                      | Хлорити                                    | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,2                                                    | не визначається                | не визначається                                              |
| б) органічні компоненти |                                            |                     |                                                         |                                |                                                              |
| 38                      | Поліакриламід залишковий **                | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤2                                                      | не визначається                | <0,2                                                         |

| № з/п                    | Найменування показників     | Одиниця вимірювання | Нормативи для питної води згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 |                                |                                         |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|
|                          |                             |                     | водопровідної                                           | з колодязів і каптажів, джерел | фасованої, з пунктів розливу та бюветів |
| 39                       | Формальдегід**              | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,05                                                   | не визначається                | ≤0,05                                   |
| 40                       | Хлороформ**                 | мкг/дм <sup>3</sup> | —                                                       | не визначається                | ≤6                                      |
| в) інтегральний показник |                             |                     |                                                         |                                |                                         |
| 41                       | Перманганатна окислюваність | мг/дм <sup>3</sup>  | —                                                       | —                              | —4                                      |

\* Речовини I класу небезпеки.

\*\* Речовини II класу небезпеки.

1. Норматив, зазначений у дужках, установлюється в окремих випадках за погодженням з головним державним санітарним лікарем відповідної адміністративної території.

2. Норматив, зазначений у дужках, установлюється для питної води, обробленої реагентами, які містять алюміній.

3. Норматив, зазначений у дужках, установлюється для обробленої питної води.

4. Норматив, зазначений у дужках, установлюється для питної води фасованої, газованої, питної води з пунктів розливу й бюветів.

5. рН для газованої питної води.

6. Норматив встановлюється виключно для питної води фасованої. Для питної води з пунктів розливу та бюветів норматив встановлюється за кліматичними зонами.

7. Норматив, зазначений у дужках, установлюється для негазованої питної води.

Примітки:

1. У водопровідній питній воді визначаються:

- хлороформ – якщо питна вода з поверхневих вододжерел;
- хлор залишковий вільний та зв'язаний, озон, поліакриламід — у разі застосування в процесі водопідготовки відповідних реагентів;
- формальдегід – у разі озонування води в процесі водопідготовки;
- діоксид хлору та хлорити – у разі обробки води діоксидом хлору в процесі водопідготовки.

2. У питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів визначаються:

- хлороформ – якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода;
- формальдегід – у разі озонування води в процесі водопідготовки або якщо використовується озонована вихідна вода;
- срібло і діоксид вуглецю – у разі застосування в процесі водопідготовки відповідних реагентів чи речовин;
- поліакриламід – у разі використання в процесі водопідготовки водопровідної питної води з поверхневого джерела питного водопостачання.

Таблиця 2

| № з/<br>п                                                           | Найменування<br>показників             | Одиниця<br>вимірюва<br>ння | Нормативи для питної води<br>(ДСанПіН 2.2.4-171-10) |                                  |                                                  |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|
|                                                                     |                                        |                            | водопр<br>овідної                                   | з колодязів і<br>каптажів джерел | фасованої,<br>з пунктів<br>розливу та<br>бюветів |
| І. Фізико-хімічні показники<br>органічні компоненти                 |                                        |                            |                                                     |                                  |                                                  |
| 1                                                                   | Нафтопродукти                          | мг/дм <sup>3</sup>         | ≤0,1                                                | не визначається                  | ≤0,01                                            |
| 2                                                                   | Поверхнево активні<br>речовини аніонні | мг/дм <sup>3</sup>         | ≤0,5                                                | не визначається                  | ≤0,05                                            |
| ІІ. Санітарно-токсикологічні показники<br>а) неорганічні компоненти |                                        |                            |                                                     |                                  |                                                  |
| 3                                                                   | Кобальт **                             | мг/дм <sup>3</sup>         | ≤0,1                                                | не визначається                  | ≤0,1                                             |
| 4                                                                   | Нікель                                 | мг/дм <sup>3</sup>         | ≤0,02                                               | не визначається                  | ≤0,02                                            |
| 5                                                                   | Селен **                               | мг/дм <sup>3</sup>         | ≤0,01                                               | не визначається                  | ≤0,01                                            |
| 6                                                                   | Хром загальний                         | мг/дм <sup>3</sup>         | ≤0,05                                               | не визначається                  | ≤0,05                                            |
| а) органічні компоненти                                             |                                        |                            |                                                     |                                  |                                                  |
| 7                                                                   | Бенз(а)пірен *                         | мкг/дм <sup>3</sup>        | ≤0,005                                              | не визначається                  | ≤0,02                                            |
| 8                                                                   | Дібромхлорметан **                     | мкг/дм <sup>3</sup>        | ≤10                                                 | не визначається                  | ≤1                                               |
| 9                                                                   | Пестициди1, 2                          | мг/дм <sup>3</sup>         | ≤0,000<br>1                                         | не визначається                  | ≤0,0001                                          |
| 10                                                                  | Пестициди1, 3 (сума)                   | мг/дм <sup>3</sup>         | ≤0,000<br>5                                         | не визначається                  | ≤0,0005                                          |
| 11                                                                  | Тригалогенметани4 (су<br>ма)           | мкг/дм <sup>3</sup>        | ≤100                                                | не визначається                  | ≤102                                             |
| 12                                                                  | Хлороформ**                            | мкг/дм <sup>3</sup>        | ≤60                                                 | —                                | —                                                |
| в) інтегральний показник                                            |                                        |                            |                                                     |                                  |                                                  |
| 13                                                                  | Перманганатна<br>окислюваність         | мг/дм <sup>3</sup>         | ≤5,0                                                | —                                | —                                                |

\* Речовини I класу небезпеки.

\*\* Речовини II класу небезпеки.

1. Пестициди включають органічні інсектициди, органічні гербіциди, органічні фунгіциди, органічний нематодид, органічний акарицид, органічні альгіциди, органічний

родентицид, органічні сліміциди, споріднені продукти (серед них регулятори росту) і їх метаболіти, продукти реакції і розпаду. Перелік пестицидів, які визначаються в питній воді, встановлюється в кожному конкретному випадку і має включати лише ті пестициди, які можуть знаходитися в джерелі питного водопостачання.

2. Норматив для кожного окремого пестициду. У випадку наявності в джерелі питного водопостачання алдрину, дієлдрину, гептахлориду та гептахлорепоксиду їх вміст у питній воді має становити не більше ніж  $0,03 \text{ мкг/дм}^3$  для кожної з цих речовин.

3. Сума пестицидів визначається як сума концентрацій кожного окремого пестициду.

4. Сума тригалогенметанів визначається як сума концентрацій хлороформу, бромформу, дібромхлорметану і бромдихлорметану.

Примітка:

Тригалогенметани і дібромхлорметан визначаються у водопровідній питній воді з поверхневих вододжерел, а також у питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів — у разі, якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода.

Таблиця 3

| № з/п                                  | Найменування показників                    | Одиниця вимірювання | Нормативи для питної води (ДСанПіН 2.2.4-171-10) |                               |                                         |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|
|                                        |                                            |                     | водопровідної                                    | з колодязів і каптажів джерел | фасованої, з пунктів розливу та бюветів |
| І. Фізико-хімічні показники            |                                            |                     |                                                  |                               |                                         |
| 1                                      | Феноли леткі                               | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,001                                           | не визначається               | <0,0005                                 |
| 2                                      | Хлорфеноли                                 | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,0003                                          | не визначається               | ≤0,0003                                 |
| ІІ. Санітарно-токсикологічні показники |                                            |                     |                                                  |                               |                                         |
| а) неорганічні компоненти              |                                            |                     |                                                  |                               |                                         |
| 3                                      | Берилій*                                   | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,0002                                          | не визначається               | ≤0,0002                                 |
| 4                                      | Бор**                                      | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,5                                             | не визначається               | ≤0,5                                    |
| 5                                      | Стронцій**                                 | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤7,0                                             | не визначається               | ≤7,0                                    |
| 6                                      | Сурма**                                    | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,005                                           | не визначається               | ≤0,005                                  |
| 7                                      | Ціаніди**                                  | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,05                                            | не визначається               | ≤0,05                                   |
| а) органічні компоненти                |                                            |                     |                                                  |                               |                                         |
| 8                                      | Бензол**                                   | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤0,001                                           | не визначається               | ≤0,001                                  |
| 9                                      | 1,2 — дихлоретан**                         | мкг/дм <sup>3</sup> | ≤3                                               | не визначається               | ≤0,3                                    |
| 10                                     | Тетрахлорвуглець**                         | мкг/дм <sup>3</sup> | ≤2                                               | не визначається               | ≤0,2                                    |
| 11                                     | Трихлоретилен** і тетрахлоретилен** (сума) | мкг/дм <sup>3</sup> | ≤10                                              | не визначається               | ≤1                                      |
| в) інтегральний показник               |                                            |                     |                                                  |                               |                                         |
| 12                                     | Загальний органічний вуглець               | мг/дм <sup>3</sup>  | ≤8,0***                                          | не визначається               | ≤3,0                                    |

\* Речовини І класу небезпеки.

\*\* Речовини ІІ класу небезпеки.

\*\*\* Не визначається на підприємствах питного водопостачання з обсягом виробництва питної води менше 10 000 м<sup>3</sup> на добу.

Примітки:

1. 1,2 – дихлоретан, тетрахлорвуглець, трихлоретилен і тетрахлоретилен (сума) визначаються у водопровідній питній воді з поверхневих вододжерел, а також у питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів – у випадку, якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода.

2. Загальний органічний вуглець може визначатись замість перманганатної окислюваності.

## Показники питомої альфа- і бета-активності питної води

| № з/п | Найменування показників  | Одиниця вимірювання | Нормативи |
|-------|--------------------------|---------------------|-----------|
| 1     | Сумарна альфа-активність | Бк/дм <sup>3</sup>  | ≤0,1      |
| 2     | Сумарна бета-активність  | Бк/дм <sup>3</sup>  | ≤1,0      |

## Радіаційні показники безпеки питної води

| № з/п | Найменування показників                        | Одиниця вимірювання | Нормативи |
|-------|------------------------------------------------|---------------------|-----------|
| 1     | Сумарна активність природної суміші ізотопів U | Бк/дм <sup>3</sup>  | ≤1        |
| 2     | Питома активність <sup>226</sup> Ra            | Бк/дм <sup>3</sup>  | ≤1        |
| 3     | Питома активність <sup>228</sup> Ra            | Бк/дм <sup>3</sup>  | ≤1        |
| 4     | Питома активність <sup>222</sup> Rn            | Бк/дм <sup>3</sup>  | ≤100      |
| 5     | Питома активність <sup>137</sup> Cs            | Бк/дм <sup>3</sup>  | ≤2        |
| 6     | Питома активність <sup>90</sup> Sr             | Бк/дм <sup>3</sup>  | ≤2        |

## Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води

| № з/п | Найменування показників | Одиниця вимірювання   | Нормативи |
|-------|-------------------------|-----------------------|-----------|
| 1     | Загальна жорсткість     | ммоль/дм <sup>3</sup> | 1,5–7,0   |
| 2     | Загальна лужність       | ммоль/дм <sup>3</sup> | 0,5–6,5   |
| 3     | Йод                     | мкг/дм <sup>3</sup>   | 20–30     |
| 4     | Калій                   | мг/дм <sup>3</sup>    | 2–20      |
| 5     | Кальцій                 | мг/дм <sup>3</sup>    | 25–75     |
| 6     | Магній                  | мг/дм <sup>3</sup>    | 10–50     |
| 7     | Натрій                  | мг/дм <sup>3</sup>    | 2–20      |
| 8     | Сухий залишок           | мг/дм <sup>3</sup>    | 200–500   |
| 9     | Фториди                 | мг/дм <sup>3</sup>    | 0,7–1,2   |