

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Екологічна безпека води з джерел децентралізованого водопостачання»

Виконав: студент групи ТЗД-21м
спеціальності 183 – «Технології захисту
навколишнього середовища»


(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Римар З. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ЕХТЗД

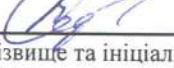


Іщенко В.А.

(прізвище та ініціали)

«12» грудня 2022 р.

Опонент: к.х.н., доцент кафедри ЕХТЗД



Гордієнко О.А.

(прізвище та ініціали)

«12» грудня 2022 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕХТЗД

д.т.н., проф. Петрук В.Г.

(прізвище та ініціали)

«13» грудня 2022 р.



Вінниця – 2022 рік

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Вінницький національний технічний університет
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Екології, хімії та технологій захисту довкілля
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 18 «Виробництво та технології»
Спеціальність – 183 – «Технології захисту навколишнього середовища»
Освітньо-професійна програма – "Технології захисту навколишнього середовища"


ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕЕБ
Петрук В.Г.
28 вересня 2022 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Римар Зоряні Ігорівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Екологічна безпека води з джерелдецентралізованого водопостачання»
керівник роботи Іщенко Віталій Анатолійович
затверджені наказом вищого навчального закладу від «14» вересня 2022 року № 203
2. Строк подання студентом роботи «13» грудня 2022 року
3. Вихідні дані до роботи: Результати експериментальних вимірювань за даними показниками якості питної води (додаток Г)
4. Зміст текстової частини:
 1. Характеристика природних вод та їх якісна оцінка
 2. Небезпека сполук феруму, фтору та нітратів у воді
 3. Способи очищення вод від забрудників
 4. Огляд методів визначення сполук феруму, фтору та нітратів у воді
 5. Оцінка якості води з джерел децентралізованого водопостачання за деякими санітарно-хімічними показниками
 6. Економічний фактор використання водних ресурсів
 7. Рекомендації по підвищенню екологічної безпеки сполук феруму, фтору та нітратів у воді

5. Перелік ілюстративної частини (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Діаграма Пурбе форм існування заліза у воді
2. Схема двоступеневої напірної установки для знезалізнення води
3. Технологічна схема дефторування води свіжоосажденим гідроксидом магнію (а) і алюмінію (б)
4. Значення нормативів якості поверхневих вод
5. Динаміка змін водоемкості внутрішнього валового продукту

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
7 Економічний фактор використання водних ресурсів	Краєвська Алла Станіславівна		

7. Дата видачі завдання «28» вересня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка технічного завдання.	04. 10. 2022	виконано
2.	Пошук інформації та характеристика природних вод та їх якісна оцінка	11. 10. 2022	виконано
3.	Дослідження небезпеки сполук феруму фтору та нітратів у воді	18. 10. 2022	виконано
4.	Ознайомлення з способами очищення вод від забрудників	25. 10. 2022	виконано
5.	Огляд методів визначення сполук феруму, фтору та нітратів у воді	01. 11. 2022	виконано
6.	Проведення оцінки якості води з джерел децентралізованого водопостачання за деякими санітарно-хімічними показниками	08. 11. 2022	виконано
7.	Розробка рекомендацій по підвищенню екологічної безпеки сполук феруму, фтору та нітратів у воді	15. 11. 2022	виконано
8.	Проведення розрахунків показника ефективності використання водних ресурсів	22. 11. 2022	виконано
9.	Підготовка висновків, додатків і переліку літератури.	29. 11. 2022	виконано

Студент

(підпис)

Римар З. І.

Керівник роботи

(підпис)

Іщенко В. А.

АНОТАЦІЯ

УДК 504.064

Римар З.І. «Екологічна безпека води з джерел децентралізованого водопостачання». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 183 – «Технології захисту навколишнього середовища», освітня програма – «Технології захисту навколишнього середовища». Вінниця: ВНТУ, 2022. 94 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 56 назва; рис.: 21; табл.: 12.

У магістерській кваліфікаційній роботі проаналізовано децентралізовані джерела водопостачання, їх якість за деякими санітарно-хімічними показниками. Також була виконана оцінка якості води з джерел децентралізованого водопостачання за вмістом у феруму, фтору та нітратів. Підготовлені рекомендації по підвищенню екологічної безпеки сполук феруму, фтору та нітратів у воді.

Ключові слова: децентралізовані джерела водопостачання, забруднення, якість води, ферум, фтор, нітрати.

ABSTRACT

UDC 504.064

Romaniuk V.M. "Environmental safety of spring water decentralized water supply". Master's degree in specialty 183 - "Environmental Protection Technologies", educational program - "Environmental Protection Technologies".

Vinnytsia: VNTU, 2022. 94 p.

In Ukrainian language. Bibliography: 56 titles; fig.: 21; tab.: 12.

The master's thesis analyzed decentralized sources of water supply, their quality according to some sanitary and chemical indicators. An assessment of the quality of water from the sources of decentralized water supply was also carried out according to the content of ferrum, fluorine and nitrates. Prepared recommendations for increasing the environmental safety of ferrum, fluorine and nitrate compounds in water.

Key words: decentralized sources of water supply, pollution, water quality, ferrum, fluorine, nitrates.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ВОД ТА ЇХ ЯКІСНА ОЦІНКА	8
1.1 Природні води з джерел децентралізованого водопостачання	8
1.2 Хімічний склад питної води	10
1.3 Санітарно-хімічні показники питної води та їх вплив на живі організми	14
2 НЕБЕЗПЕКА СПОЛУК ФЕРУМУ, ФТОРУ ТА НІТРАТІВ У ВОДІ	17
2.1 Джерела надходження сполук феруму, фтору та нітратів у воду	17
2.2 Вплив на живі організми сполук феруму, фтору та нітратів	22
3 СПОСОБИ ОЧИЩЕННЯ ВОД ВІД ЗАБРУДНИКІВ	28
3.1 Способи очищення вод від сполук феруму	28
3.2 Способи очищення вод від сполук фторидів	32
3.3 Способи очищення вод від сполук нітратів	35
4 ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ СПОЛУК ФЕРУМУ, ФТОРУ ТА НІТРАТІВ У ВОДІ	39
4.1 Методи визначення сполук феруму у воді	39
4.2 Методи визначення сполук фтору у воді	42
4.3 Методи визначення сполук нітратів у воді	43
4.4 Нормативи вмісту сполук феруму, фтору та нітратів у воді	45
5 ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ З ДЖЕРЕЛ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ЗА ДЕЯКИМИ САНІТАРНО-ХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ	48
5.1 Визначення вмісту феруму у воді з джерел децентралізованого водопостачання	48
5.2 Визначення вмісту фтору у воді з джерел децентралізованого водопостачання	53
5.3 Визначення вмісту нітратів у воді з джерел децентралізованого водопостачання	56
5.4 Екологічна оцінка якості питної води за вмістом феруму, фтору та нітратів	58
6 РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ПІДВИЩЕННЮ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ	

СПОЛУК ФЕРУМУ, ФТОРУ ТА НІТРАТІВ У ВОДІ	62
7 ЕКОНОМІЧНИЙ ФАКТОР ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ	69
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	77
Додаток А	84
Додаток Б	86
Додаток В	87
Додаток Г	93

ВСТУП

Актуальність. Важливість такого ресурсу як вода важко переоцінити. Вона відіграє велике значення у житті рослин, тварин, людини. У всякому організмі вода є середовищем, в якому відбуваються хімічні процеси, що забезпечують життєдіяльність організму: крім того, вона сама бере участь у ряді біохімічних реакцій.

Питна вода – це природна вода, яку людина може пити сировою. За твердженням Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) більш як 80% хвороб, які має людина, пов'язані із якістю питної води. Якість питної води визначається за багатьма факторами: регіональними особливостями ґрунтових порід і мінералів, природою джерела, ефективністю знезараження, ступенем антропогенного навантаження (хімічне чи мікробне забруднення) та інше.

Надзвичайно вагомим напрямком охорони здоров'я населення, та довкілля в цілому, є моніторинг та регулювання якості питної води.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дана робота виконувалась відповідно науковому напрямку кафедри екології та екологічної безпеки ВНТУ і Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року.

Метою роботи є оцінка якості води з джерел децентралізованого водопостачання за деякими санітарно-хімічними показниками, а також огляд шляхів покращення становища щодо отриманих показників.

Завдання роботи. Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні задачі:

1. Охарактеризувати природні води та методи оцінки їх якості;
2. Проаналізувати джерела надходження сполук феруму, фтору та нітратів у водні об'єкти;
3. Розглянути методи визначення сполук феруму, фтору та нітратів у воді;
4. Ознайомитись з методами очищення вод

5. Здійснити оцінку якості води з джерел децентралізованого водопостачання за деякими санітарно-хімічними показниками;
6. Розробити рекомендації щодо підвищення екологічної безпеки сполук феруму, фтору та нітратів у воді.
7. Розрахувати показник ефективності використання водних ресурсів.

Об'єкт досліджень – безпечність споживання води з джерел децентралізованого водопостачання

Предмет досліджень – якість вод з джерел децентралізованого водопостачання

Новизна одержаних результатів. Результати замірів вмісту сполук феруму, фтору та нітратів на території вінницької області та рекомендації щодо зменшення їх негативного впливу на довкілля.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

Викладені у МКР положення доповідались у щорічних науково-технічних конференціях ВНТУ.

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

1. Римар З. І. Вміст феруму у воді з джерел децентралізованого водопостачання / З. І. Римар, О. А. Гордієнко. // Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2019) : збірник доповідей. – Вінниця : ВНТУ. – 2019. – С. 1620–1621.
2. Римар З. І. Вміст фтору у воді з джерел децентралізованого водопостачання / З. І. Римар, О. А. Гордієнко. // Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2020) : збірник доповідей. – Вінниця : ВНТУ. – 2020. – С. 1987–1988.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ВОД ТА ЇХ ЯКІСНА ОЦІНКА

1.1 Природні води з джерел децентралізованого водопостачання

Децентралізоване (місцеве) водопостачання використовується переважно невеликими групами забудови або окремими будинками. Для цього можна використовувати воду різного походження: відкритих водойм, атмосферну, підземну. Для використання атмосферні води накопичуються за рахунок опадів у спеціально відведених ємностях, де зберігаються до подальшого використання. Однак перед використанням їх потрібно почистити, тому що вони досить брудні. Якщо вода призначена для пиття, то її переважно кип'ятять. Також можна використовувати воду з відкритих водойм. Для цього найбільше підходять води гірських річок, оскільки вони мають високу якість. Вони мають добрі органолептичні властивості, низьку мінералізацію і, за деякими винятками, безпечні в епідемічному відношенні. Проте вже на рівнині внаслідок забруднення частинками ґрунту, використання водойм для господарських і культурних потреб вода втрачає свої високі якісні характеристики.

Проте найчастіше децентралізоване водопостачання зазвичай забезпечується за допомогою підземних вод [1]. До підземних джерел належать міжпластові напірні (артезіанські) і безнапірні води, розташовані у водоносних горизонтах (піщаних, гравійних, тріщинуватих) між водотривкими шарами ґрунту (глини, граніти), що є своєрідним захистом від забруднення з поверхні. На значній відстані від місць водозабору є місця вклинювання водоносного горизонту назовні, так звані зони живлення, де відбувається поповнення міжпластових вод. Міжпластові води характеризуються стабільно низькою температурою (5-12°C), сталим фізико-хімічним складом, постійним рівнем і значною витратою; в них практично відсутні мікроорганізми, особливо патогенні. Тому такі води не є епідемічно небезпечними і можуть використовуватися без додаткового очищення.

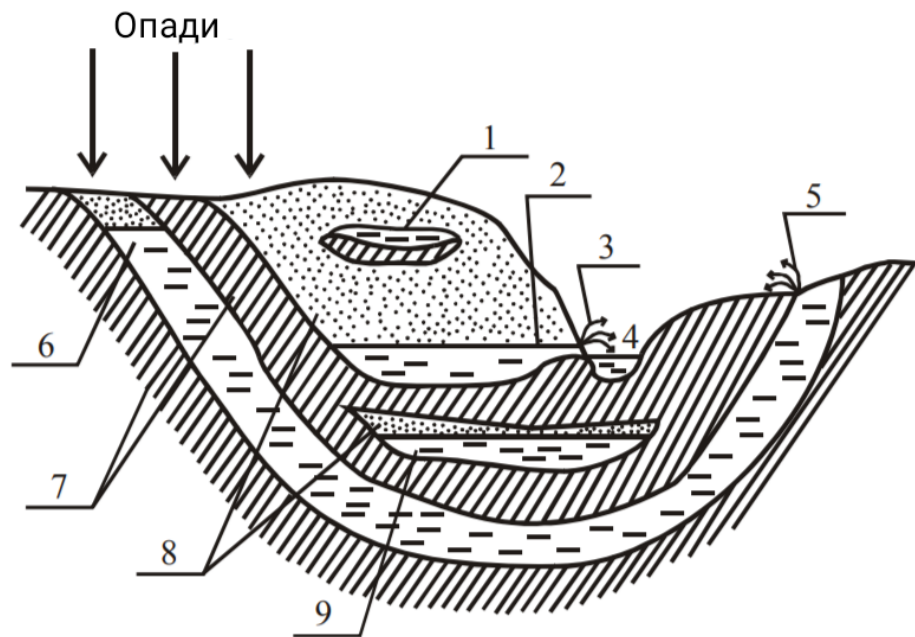


Рисунок 1.1 – Схема залягання підземних вод: 1 – верховодка; 2 – ґрунтові води; 3 – низхідне джерело; 4 – річка; 5 – висхідне джерело; 6 – артезіанські води; 7 – водотривкі породи; 8 – водопроникні ґрунти; 9 – міжпластові безнапірні води [2]

До підземних джерел належать також підземні води, що знаходяться у водоносному горизонті над першим водотривким шаром ґрунту (рис. 1.1), і внаслідок неглибокого розташування вони можуть забруднюватися з поверхні. Відрізняються нестабільністю бактеріального та хімічного складу в залежності від сезонності, рівня стояння, стоку, який залежить від частоти та кількості опадів, наявності відкритих водойм, глибини їх залягання, характеру ґрунту. Вони очищаються шляхом фільтрації через шар чистого дрібнозернистого ґрунту товщиною 5-6 м і більше, в результаті чого ґрунтові води стають прозорими і очищаються від патогенних мікроорганізмів. Кількість підземних вод невелика, тому, якщо вони використовуються для централізованого водопостачання, їх необхідно штучно поповнювати водою за допомогою спеціальних інженерно-технічних засобів. Іншим видом підземних вод є джерельні води, які виходять на поверхню з водоносних горизонтів, що виклинилися внаслідок пониження рельєфу, наприклад, на схилі гори, в глибокому яру. Як і підземні джерела, існує верхня вода, що лежить найближче

до поверхні землі і утворюється на певній території в результаті фільтрації опадів. Проте рекомендувати верхів'я як джерело господарсько-питного водопостачання важко, оскільки воно має відносно низьку якість і невеликі запаси [3].

Тому якість води зростає з глибиною. Вода, яка використовується для децентралізованого водопостачання, часто не проходить додаткового очищення. А тому вимоги до неї зазвичай дещо нижчі, ніж до води при централізованому водопостачанні. Але, незважаючи на це, він повинен бути небезпечним в епідемічному відношенні, мати нешкідливий хімічний склад і добрі органолептичні властивості [1].

1.2 Хімічний склад питної води

На планеті величезна кількість води, з якої 97,4% за масою становить вода морів і океанів. Проте вода є найкращим розчинником у природі, тому знайти її в чистому вигляді практично неможливо [4]. До хімічного складу води входять майже всі хімічні елементи, це з'єднання мінеральних солей, розчинених газів і органічних сполук. За допомогою сучасних фізико-хімічних методів можна визначити понад 80 елементів, присутніх у гідросфері Землі.

Хімічний склад природних вод у гідрохімії умовно поділяється на сім груп (рис. 1.2) [5]:



Рисунок 1.2 – Групи компонентів хімічного складу води

З розчинених газів найбільше значення для фізико-хімічних і біологічних процесів мають кисень і вуглекислий газ (вуглекислий газ). Природні води отримують кисень як безпосередньо з атмосфери, так і в результаті утворення водною рослинністю. Вуглекислий газ міститься у воді в основному у вигляді розчинених молекул газу CO_2 і вугільної кислоти H_2CO_3 . У воду надходить переважно при окисненні розчинених органічних речовин, виділяється з гірських порід, з якими вода контактує.

Особливе місце займає іон водню, який має велике значення в біологічних і хімічних процесах, що відбуваються у воді. Іони H^+ утворюються в результаті дисоціації вугільної кислоти ($\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$) і самої води ($\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$). Іон гідрогену є носієм кислотних властивостей у розчині, а гідроксильний іон OH^- – носієм лужних властивостей. Розчинність газів у воді залежить від їх властивостей, тиску газів на поверхні води, температури і мінералізації води. Розчинність газів у воді зменшується зі збільшенням її мінералізації і підвищенням температури.

До основних іонів солей належать негативно заряджені іони (аніони): хлоридний Cl^- , сульфатний SO_4^{2-} , гідрокарбонатний HCO_3^- , карбонатний CO_3^{2-} ; позитивно заряджені іони (катіони): магнію Mg^{2+} , кальцію Ca^{2+} , натрію Na^+ і калію K^+ . Загальний вміст у воді розчинених солей (концентрація солей) характеризується мінералізацією M (мг/дм^3) або солоністю S (г/кг). Проміле – це одна тисячна частка речовини. За переважанням аніону всі природні води поділяються на три класи: гідрокарбонатний, сульфатний і хлоридний; за переважанням катіону – на три групи: кальцієву, магнієву, натрієву. Концентрація найпоширеніших двовалентних катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+} визначає загальну жорсткість чи твердість води.

Жорсткість (твердість) води характеризується сумою кількості речовини еквіваленту (ммоль) іонів кальцію і магнію, які містяться в 1 дм^3 води. Розрізняють загальну жорсткість води, яка визначається сумарним вмістом у воді кальцію і магнію, тимчасову жорсткість, яка характеризується

ступенем зниження загальної жорсткості води при тривалому кип'ятінні, і постійну жорсткість, яка залишається після випадання вуглекислих солей в результаті кип'ятіння води. Залежно від загальної жорсткості розрізняють воду: дуже м'яку (до 1,5 мг-екв/дм³ Н₂О), м'яку (1,5-3,0 мг-екв/дм³), помірно жорстку (3-6 мг-екв/дм³), жорстку (7-9 мг-екв/дм³) і дуже жорстку (понад 9 мг-екв/дм³ Н₂О).

До групи біогенних речовин належать сполуки азоту, фосфору, феруму і силіцію. Це в першу чергу нітрати NO₃⁻, нітрити NO₂⁻, іони амонію NH₄⁺ і аніони ортофосфатна кислоти H₂PO₄⁻ і HPO₂²⁻. Вони потрапляють у воду з атмосфери, ґрунту, при розкладанні розчинених органічних сполук і детриту, при скиданні у водні об'єкти промислових, сільськогосподарських і побутових стічних вод.

Природні води завжди містять органічну речовину, яка є розчинними органічними сполуками алохтонного походження, а також продуктами розпаду різних гідробіонтів (рослин і тварин). Вони надають воді жовтуватий колір. До складу розчинених органічних речовин входять різноманітні органічні кислоти аліфатичного ряду, фульвові та гумінові кислоти, складні ефіри, аміни та нітрозаміни, амінокислоти, білки та інші органічні сполуки. Окисненість води є невід'ємною характеристикою вмісту органічних речовин у природних водах. Визначається кількістю атомарного кисню в міліграмах, який витрачається на окислення розчинених органічних сполук, що містяться в 1 л води (мгО/дм³). Виділяють перманганатну (окисник KMnO₄) і біхроматну (окисник K₂Cr₂O₇) окиснюваність, які характеризують якісно різні компоненти органічної речовини. Вміст нестійких органічних сполук, що легко окиснюються, оцінюють за перманганатною окислюваністю. Визначення біхроматної окислюваності дає більш повне уявлення про загальний вміст органічних речовин у воді. Також окислюваність біхромату прирівнюють до поняття хімічного споживання кисню (ХСП), яке також виражають у мг/дм³ відносно атомарного кисню.

Мікроелементи — це речовини, які містяться у воді в невеликих кількостях (менше 1 мг/дм³). Багато мікроелементів необхідні для життєдіяльності організмів, але високі концентрації деяких з них у воді можуть перетворити воду на отруту. Мікроелементи включають: бром (Br), йод (I), фтор (F), літій (Li), барій (Ba), так звані важкі метали – (ферум (Fe), нікель (Ni), цинк (Zn), кобальт (Co), купрум (Cu), кадмій (Cd), плюмбум (Pb), меркурій (Hg) та ін. За О. Алекніним, усі мікроелементи поділяють на кілька характерних підгруп: типові катіони (Li⁺, Rb⁺, Cs⁺, Be²⁺, Sr²⁺, Ba²⁺); іони важких металів (Cu²⁺, Pb²⁺ та ін.); амфотерні комплексоутворювачі (Cr, Mo, тощо); типові аніони (Br⁻, I⁻, B³⁺, F⁻) [6].

Радіоактивне забруднення може бути викликане навіть невеликою концентрацією радіонуклідів у воді, але це вже буде загрозою для навколишнього середовища. Найменш безпечними є радіонукліди з тривалим періодом розпаду та високою рухливістю у воді, зокрема ⁹⁰Sr, ²³⁵U, ²²⁶Rd та ¹³⁷Cs [7].

До типових і найбільш поширених специфічних забруднюючих речовин, що містяться в природних водах, належать, насамперед, нафта та продукти її переробки (бензин, гас, мастила та ін.), синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), отрутохімікати сільськогосподарського призначення (пестициди, альгіциди, дефоліанти), феноли техногенного та природного походження, продукти та відходи хімічних виробництв (метиловий спирт, капролактал, ціаніди, лігнін, фториди, карбонільні сполуки та ін.) [6].

Отже, за хімічним складом природні води можуть бути цілком придатними для споживання і не несуть жодної загрози для здоров'я, особливо якщо говорити про воду з підземних джерел. Адже як велика кількість забруднюючих речовин, які легко потрапляють у поверхневі джерела, так і живі організми мають обмежений доступ до води з підземних джерел. Однак її можна віднести до питної води лише за умови відповідності відповідним вимогам. Велике значення для питної води має склад основних іонів води та її

мінералізація. Питна вода з занадто високою (понад 1000 мг/дм³), і занадто малою (менше 100 мг/дм³) мінералізацією є шкідливою для споживання. Вода з мінералізацією 50-100 мг/дм³ і менше дуже прісна і неприємна на смак. Метан і сірководень також можуть надавати воді неприємний смак і запах. Жорсткість і м'якість води визначається вмістом магнію і кальцію. Загальна жорсткість не повина бути нижчою ніж 7,0 мг/дм³, а в окремих випадках – до 10,0 мг/дм³ [8].

1.3 Санітарно-хімічні показники питної води та їх вплив на живі організми

Якість води — характеристика властивостей і складу води, що визначає її придатність для певних видів водокористування. Говорячи про якість води, мають на увазі її стан. Критерії якості води – це характеристики складу та властивостей води, які визначають її придатність для конкретних видів водокористування [9]. Вони розроблені для широкого діапазону показників. Крім того, важливо не забувати, що існує не лише внутрішня цінність кожного критерію, а й їхній синергетичний ефект. Наприклад, висока температура води підсилює негативний вплив низьких концентрацій розчиненого кисню на біоту [10].

Про якість води судять за сукупністю показників. Цей набір показників може бути різним для різних користувачів і залежить від вимог, які кожен користувач висуває до складу і властивостей води. Показники якості води – це сукупність біологічних, хімічних і фізико-хімічних характеристик води (трофність, сапробність, мінералізація, жорсткість, водневий показник, концентрація розчинених речовин тощо) [9].

Санітарно-хімічні показники є одними з критеріїв гігієнічної оцінки якості та безпеки питної води, а також показниками епідемічної безпеки та радіаційними показниками. До санітарно-хімічних показників якості води належать органолептичні, фізико-хімічні та санітарно-токсикологічні [11].

Органолептичні показники - це первинні дані про смак, прозорість і запах рідини. Їх визначають дослідним шляхом. Якісна вода повинна бути прозорою, без запаху і смаку [12].

Фізико-хімічні показники – фізичні або хімічні показники, які нормуються за загальносанітарними або органолептичними ознаками шкідливості.

Санітарно-токсикологічні показники – це хімічні показники, які нормуються за санітарно-токсикологічним показником шкідливості [11]. Санітарно-токсикологічні показники характеризують органічні та неорганічні компоненти, а також інтегральний показник, що представляє перманганатну окислюваність.

Невідповідність нормі органолептичних показників води не становить великої критичної загрози для живих організмів, оскільки є наслідком, перш за все, її хімічного складу. Однак при вживанні такої води все одно може виникнути певний дискомфорт через неприємний запах тощо. Значно більше занепокоєння може викликати невідповідний хімічний склад води, який регламентується фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками. Так, зокрема, хімічний склад води може впливати на виникнення та перебіг захворювань, зумовлених надходженням в організм людини багатьох мікроелементів, таких як ртуть, свинець, кадмій, миш'як [13].

Вживання неякісної питної води може спричинити збільшення кількості захворювань загальної, інфекційної та неінфекційної етіології, таких як серцево-судинні, шлунково-кишкові, ендокринні, алергічні, новоутворення тощо. Зниження якості води може бути наслідок незадовільної роботи очисних споруд, що також становить серйозну загрозу здоров'ю людей, викликає захворюваність на кишкові інфекції, гепатити, підвищує ризик дії канцерогенних і мутагенних факторів на організм людини [14].

Щоб бути корисною, питна вода повинна бути оптимально збалансованою за хімічним складом – надлишок або недолік певних елементів може мати

негативні наслідки для здоров'я. Так, висока жорсткість води (підвищений вміст солей кальцію і магнію) викликає так звані «кам'яні хвороби» (сечокам'яна хвороба, камені в нирках, жовчному міхурі), а також подагру. Що стосується підвищеної концентрації тих чи інших елементів у воді, то тут можна орієнтуватися на органолептичні показники – зовнішній вигляд, смак і запах води. Надлишок заліза завжди буде помітний через специфічний колір і смак, а також осад, надмірно жорстка вода при нагріванні дасть сильний накип [15].

2 НЕБЕЗПЕКА СПОЛУК ФЕРУМУ, ФТОРУ ТА НІТРАТИ У ВОДІ

2.1 Джерела надходження сполук феруму, фтору та нітратів у воду

В гідроекосистемах метал залежать від великої кількості процесів і чинників, що визначають надходження, концентрацію і просторово-часовий розподіл металів у водних об'єктах. Ці процеси можна поділити на три групи на: хімічні (комплексоутворення, гідроліз), фізичні (розведення, випаровування, осідання) та біологічні (сорбція) [16].

У підземних водах більшість заліза присутня у вигляді бікарбонату. Також є залізо у вигляді сульфідів, карбонату, сульфату та комплексних сполук. У поверхневих водах переважає гідроксид заліза в колоїдному стані [17].

Ферум є одним із мікроелементів, основною причиною є низька концентрація в природних водах, яка викликана низькою міграційною здатністю металу, хоча ферум є одним із найпоширеніших елементів у земній корі. Здебільшого джерелами високих концентрацій феруму у водоймах є процеси вивітрювання гірських порід, промислові стоки, вимивання металу з шахтних звалищ [16].

Одні автори пояснюють особливості сезонних коливань підвищених концентрацій сполук Fe у водоймах періодичним виділенням цих важких металів із донних відкладень, вимиванням їх із підстилки та залізисто-марганцевих ґрунтових конкрецій, інші вказують на участь гідробіонтів, насамперед, планктонних водоростей, у зазначених процесах, як обов'язковий компонент [18].

Концентрації сполук заліза коливаються від $\text{нг}\cdot\text{л}^{-1}$ в морській воді до $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$ в прісноводних середовищах, що забруднених шахтними водами. Залежно від факторів зовнішнього середовища Ферум може перебувати у воді в різному ступені окислення. Двовалентний Ферум (Fe (II)) має вищу розчинність, ніж його тривалентна форма (Fe (III)). Fe (III) створює слабкі

зв'язки з комплексоутворювачами і зазвичай більш біодоступний для еукаріот [16].

Форма заліза у воді значною мірою залежить від геохімічних властивостей підземних вод, показником яких є окисно-відновний потенціал (Eh) і водневий показник (pH). На рис. 2.1 зображено діаграму Пурбе, яка відображає стан системи залізо-вода в координатах Eh - p.

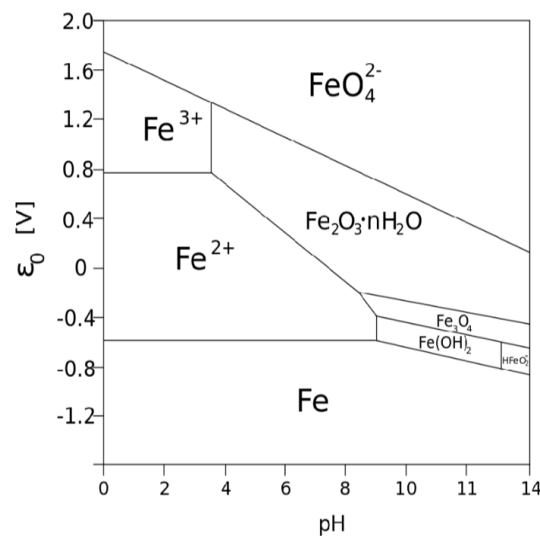


Рисунок 2.1 – Діаграма Пурбе форм існування заліза у воді

З наведеної діаграми видно, що при значенні pH < 4,5 залізо знаходиться у воді у вигляді іонів Fe³⁺, Fe²⁺, Fe(OH)²⁺. При pH > 4,5 Fe²⁺ окислюється до Fe³⁺ з утворенням Fe(OH)₃. У присутності сульфідів при значеннях Eh < -0,2 В, pH > 4,5 FeS присутній у вигляді осаду. У присутності карбонатів при pH > 8,4 спостерігається утворення FeCO₃, а при pH > 10,3 утворення Fe(OH)₂. Для підземних вод значення Eh, як правило, лежить в межах від -0,2 до +0,5 В, а значення pH становлять 6,5...8,5. У водах з великим вмістом органічних речовин значення Eh лежать в діапазоні 0,10...0,25 В, але іноді можуть бути і негативними [19].

У більшості прісноводних водойм провідну роль у рухливості, розчинності та біодоступності мікроелементів відіграють розчинні органічні

речовини, такі як гумінові та фульвокислоти. Ініціаторами процесу відновлення Fe (III) до Fe (II), як в морських акваторіях, так і в прісноводних середовищах, можуть бути зовнішні фактори, такі як сонячне світло, і перш за все ультрафіолетове випромінювання за участю сидерофорів або гумінових кислот [16].

Фтор - це елемент, який часто зустрічається в природному середовищі. Його можна знайти в мінералах, рудах, земній корі, атмосфері, живих організмах. Наявність фторидів у природних водах, що використовуються для господарсько-питного водопостачання, визначається наявністю розчинних фторовмісних сполук у ґрунтах і породах. Іони фтору є найпоширенішою формою фтору в природних водах [20]. Фтор є найсильнішим окислювачем. З багатьма металами утворює нерозчинні та малорозчинні сполуки, а з натрієм, калієм, сріблом, алюмінієм тощо фтор утворює добре розчинні сполуки – фториди [21].

Сполуки фтору знаходяться як в поверхневих, так і в підземних водах, куди вони потрапляють з ґрунтів і гірських порід в результаті процесу руйнування фторовмісних мінералів (наприклад, апатиту і турмаліну) підземними водами і при безпосередньому змиві поверхневими водами. Атмосферні опади також є джерелом фторидів. Деякі стічні води скляної та хімічної промисловості (наприклад, виробництва фосфорних добрив, алюмінію, сталі), деякі шахтні води і стічні води рудозбагачувальних підприємств мають підвищений вміст фторидів, а в деяких ситуаціях висока концентрація сполук фтору в поверхневих водоймах, ймовірно, є наслідком забруднення вод промисловими стічними водами. Сподіватися на самоочищення вод від фторидів практично нереально, оскільки вони є стійкими інгредієнтами промислових стоків. Важливу роль у міграційних властивостях сполук фтору в природних водах відіграє їх залежність від наявності у воді іонів кальцію, які утворюють з іонами фтору малорозчинну сполуку (добуток розчинності фториду кальцію CaF_2 становить $4 \cdot 10^{-11}$). Також велике значення має режим

вуглекислоти, яка розчиняє карбонат кальцію, перетворюючи його в гідрокарбонат. У поверхневих прісних водах, де вплив фторовмісних порід менший, вміст фтору зазвичай невеликий – 0,01-0,3 мг/дм³. Концентрація фторидів у морській воді вища, ніж у прісній, і становить в середньому 1,3 мг/дм³. Фториди є стабільним елементом природних вод. Тому зазвичай спостерігаються лише незначні внутрішньорічні коливання їх вмісту у водоймах, переважно не більше ніж у 2 рази. Вміст сполук фтору в межений період завжди вищий, ніж у паводковий період, що зумовлено збільшенням частки живлення ґрунту.

Вміст сполук фтору у воді артезіанських свердловин більш-менш постійний і досягає ГДК, а підземні джерела в окремих регіонах України характеризуються підвищеною концентрацією фторидів, повідомляє НДКТИ міського господарства Держжитлокомунгоспу та комунального господарства України, вміст фторидів у підземних водах може досягати 14 і навіть 18 мг/дм³ [20]. За вмістом фтору у воді територію України можна поділити на чотири зони (рис.2.2).



Рисунок 2.2 – Вміст фтору у водах на території України

До першої групи належить території де вода має вкрай низький вміст фтору (менше ніж 0,3 мг/л), у другій групі вода має знижений (0,3-0,6 мг/л) вміст фтору в питній воді, до третьої групи відносяться території з оптимальним вмістом (0,6-1,5 мг/л), а до четвертої регіони з високим вмістом фтору у воді (1,5-3,0 мг/л) [22].

Надходження елемента у підземну гідросферу забезпечується як природними (глибинні матаморфогенні флюїди, зони флюоритової мінералізації у гірських породах, порові седиментогенні розчини та ін.), так і штучними (антропогенне забруднення) джерелами серед яких скиди хімічних заводів, фосфатні добрива тощо [23].

Питання про наявність нітратів у фруктах і овочах в даний час є досить поширеним, але набагато рідше піднімається питання про їх наявність у воді. Хоча насправді колодязна вода може містити аномальні концентрації нітратів. Гранично допустима концентрація або норма нітратів у питній воді становить 50 мг/дм³. Але є ще й нітрити - це сполуки, які утворюються переважно в процесі життєдіяльності мікроорганізмів, їх ГДК - 0,5 мг/дм³.

У ґрунті, поверхневих і підземних водах завжди є нітрати і нітрити, це пов'язано як з природними процесами кругообігу азоту в природі, так і з техногенним впливом [24].



Рисунок 2.3 – Схема надходження нітратів у підземні води

Природне потрапляння нітратів до води відбувається при розкладанні мікроорганізмами білків тваринного і рослинного походження, коли виділяються сполуки амонію, які при контакті з повітрям окислюються до нітритів і нітратів. Зазвичай вміст таких забруднюючих речовин вкрай низький і не робить негативного впливу на стан води [25].

Проте основною причиною потрапляння нітратів у воду є вимивання добрив з полів і городів. Оскільки вони добре розчинні у воді та практично не затримуються в ґрунті, тож мають здатність проникати на досить великі відстані, забруднюючи поверхневі води.

Іншим джерелом нітратів є промислові стічні води. Важливо розуміти, що гази хімічних підприємств азотної та нафтопереробної промисловості досить часто містять багато NO_2 , тоді як металургійні підприємства таких забруднюючих речовин практично не викидають. Цей газ називають лисячим хвостом тому що він має рудий колір. При взаємодії з водою і киснем повітря утворюється азотна кислота. Крім так званих "кислотних дощів" азотна кислота може реагувати з мінеральними речовинами і утворювати нітрати, які також потрапляють у водойми [26].

До джерел поверхневих вод належать водосховища, річки, озера, водойми, а також колодязі та неглибокі свердловини. Важливо зазначити, що близько половини колодязів на території України мають підвищений вміст нітратів, іноді їх перевищення досягає десятикратних значень ГДК [24].

2.2 Вплив на живі організми сполук феруму, фтору та нітратів

Мікро- і макроелементи мають життєво важливе значення і є незамінними (есенційними) речовинами для організму людини, які беруть участь у побудові органів, тканин, клітин та їх компонентів, підтримці іонного балансу в клітинах, водообміні, регуляції активності багатьох ферментів [30]. І якісна вода відіграє важливу роль у забезпеченні організму мікроелементами, адже

вони не можуть вироблятися самим організмом і можуть надходити лише ззовні.

Характерними ознаками наявності надлишку заліза у воді є, наприклад, металевий присмак, червонуватий наліт на сантехніці та арматурі. Щойно піднята вода зі свердловини має прозорий колір, але після кількох хвилин перебування на відкритому повітрі з'являється драглистий червоний осад, який знаходиться в товщі води і не осідає на дно. Деякі речовини у воді з високим вмістом заліза знебарвлюються, напої (компоти) темніють. Рівень заліза 0,3 мг/л і більше призводить до появи червоного нальоту [28].

Основне завдання феруму в організмі - перенесення кисню і участь в окислювальних процесах (за допомогою десятків залізовмісних ферментів). Залізо входить до складу гемоглобіну (рис. 2.3), міоглобіну, цитохромів. Найбільше заліза в організмі міститься в еритроцитах; багато заліза міститься в клітинах мозку. Залізо важливе в процесах виділення енергії, у ферментативних реакціях, у забезпеченні імунних функцій, в обміні холестерину.

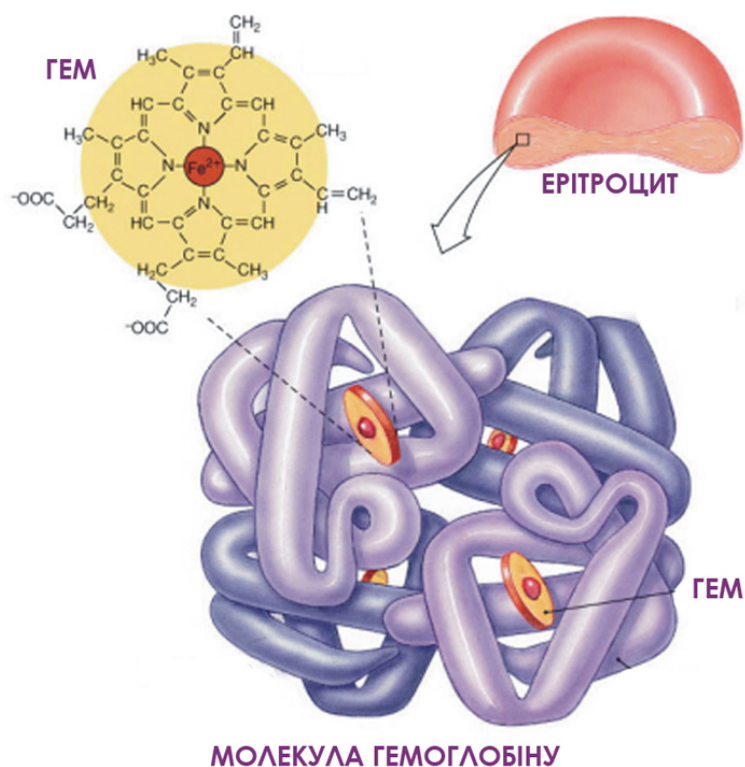


Рисунок 2.3 – Будова молекули гемоглобіну

Надлишок феруму в організмі призводить до багатьох несприятливих наслідків, таких як: відкладення заліза у тканинах і органах, сидероз; головні болі, запаморочення, підвищена стомлюваність, слабкість; пігментація шкіри; печія, нудота, блювання, болі у шлунку, діарея, виразка слизової оболонки кишечника; печінкова недостатність, фіброз; підвищена насиченість залізом трансферину; зниження рівня сироваткового заліза (у 1,5-3 рази); зростання ризику появи атеросклерозу, захворювань печінки і серця, артритів, діабету і так далі; послаблення клітинного і гуморального імунітету; збільшення ризику розвитку інфекційних і пухлинних хвороб; втрата апетиту, зменшення маси тіла.

Проте дефіцит, так само, як і надлишок заліза, негативно впливає на здоров'я людини. Основними ознаками недостатньої кількості феруму в організмі є: поява залізодефіцитних анемій; головні болі і запаморочення, слабкість, стомлюваність, непереносимість холоду, погіршення пам'яті і концентрації уваги; зниження розумового і фізичного розвитку у дітей, неадекватна поведінка; прискорене серцебиття при невеликому фізичному навантаженні; розтріскування слизових оболонок у куточках рота, почервоніння і згладжування поверхні язика, атрофія смакових сосочків; ламкість, потоншення, деформація нігтів; порушення смаку (тяга до поїдання не харчових речовин), особливо у дітей молодшого віку, ускладнення ковтання; послаблення гуморального клітинного імунітету; зростання загальної захворюваності (застудні та інфекційні хвороби у дітей, гнійничкові ураження шкіри, ентеропатії); підвищення ризику розвитку пухлинних захворювань [29].

Незважаючи на багаторічні дослідження, біологічна роль фтору все ще менш відома, ніж роль інших мікроелементів. Більше 99% фтору, що міститься в організмі, знаходиться в твердих тканинах. Саме цей факт визначив напрямок пошуку його фізіологічного значення [30].

Біологічна дія фтору на організм визначається його здатністю заміщати гідроксильні іони як в апараті кісткової тканини, так і в м'яких тканинах, а

також, ймовірно, в активних центрах ферментів. Механізм дії фтору на організм тварин пов'язаний з утворенням його комплексних сполук з кальцієм, магнієм та іншими елементами, які є активаторами ферментних систем. Особливо це стосується йоду. Але висока хімічна активність фтору в порівнянні з йодом призводить до того, що фтор може бути конкурентом йоду в синтезі гормонів щитовидної залози і тим самим впливати на її функцію. У зв'язку з цим актуальною є проблема впливу на організм природного дефіциту йоду в зонах природнього та антропогенного забруднення підземних вод фтором [23].

Фториди мають високу спорідненість з твердими тканинами завдяки своїй здатності хімічно зв'язуватися з фосфатами кальцію. Оскільки фтор забезпечує своїм сполукам виняткову стабільність і стабільність, певні його кількості необхідні організму для забезпечення оптимальної структури кісток і зубів.

Орім благотворного впливу на організм людини, є приклади токсичної дії фтору. Флюороз кісток є одним з найважчих проявів негативної дії фтору. Фтор може викликати деформацію і зміну кольору зубів, викликати остеохондроз, скутість і нерухомість суглобів, розростання кісток. Людині стає незручно рухатися. Високі концентрації фтору витягують магній з лімфи і крові, мобілізують кальцій з кісток, що зазвичай викликає його відкладення в нирках, м'язах і легенях. За даними багатьох авторів, при інтоксикації фтором спостерігаються ураження шлунково-кишкового тракту, нирок, печінки, ендокринної та нервової систем, порушення статевої функції, неспецифічна резистентність організму [30]. У таблиці 2.1 продемонстрований концентрація фтору в щодня споживаній воді та її наслідки.

Таблиця 2.1 – Флюороз зубів vs Карієс

Концентрація F, мг/л	Карієс	Флюороз
До 0,3	200-300%	3%
0,3 - 0,7	20-200%	5-7%
0,7 - 1	Порівняно низький рівень захворюваності	7-10%
1,0-1,5	Порівняно низький рівень захворюваності	1 ступеню - 7-10% 2 ступеню - 3%
1,5 - 2,0	Порівняно низький рівень захворюваності	1 и 2 ступеню - 30-40% 3 ступеню - 3%

Відсотки визначають рівень ризику розвитку флюорозу та карієсу при визначених концентраціях фтору у воді [22].

Дози фтору, що значно перевищують норму, дуже токсичні й пригнічують утворення колагену — фібрилярного білка, який є основою сполучної тканини тварин (сухожилля, кістки, хрящі) і забезпечує її міцність. Більшість авторів вважають, що фтор виступає каталізатором у процесі хімічного зв'язування кальцію. Високі концентрації фтору можуть призвести до кальцифікації м'яких тканин, особливо кровоносних судин, зв'язок, сухожиль, а також можуть спричинити мертвонародження та високу дитячу смертність [30].

Найбільш серйозним наслідком вживання нітратів зазвичай виступає утворення метгемоглобіну. Утворюється при окисленні гемоглобіну в еритроцитах іонами нітратів, в результаті чого порушується транспорт кисню до тканин людини, згодом порушується робота нервової системи і синтез ферментів [31].

У здорової людини рівень метгемоглобіну найчастіше досягає не більше 3-4%. При зростанні вмісту до 10% у дорослих і дітей спостерігається безсимптомний ціаноз (посиніння шкіри), викликаний недостатньою

оксигенацією тканин (гіпоксемія). На рівні 20-50% спостерігається виражений ціаноз, який супроводжується головними болями, задишкою, слабкістю, тахікардією, запамороченням і втратою свідомості. Симптоми більш виражені в дітей, особливо вперші 6 місяців життя, при рівні 25-40% і більш високому метгемоглобіні в крові для дітей існує високий ризик смертності. Найбільше дитячих смертей зареєстровано при використанні води з вмістом нітратів 70-250 мг/л для пиття та приготування дитячих сумішей. Таку воду в Україні часто знаходять у колодязях [24].

Зокрема, в Черкаській області в 2001 році дитина на третьому місяці життя отруїлася нітратами колодязної води, що закінчилося летально. Причиною смерті дитини стало вживання поживних сумішей, для приготування яких використовувалася вода з джерела нецентралізованого водопостачання з підвищеним вмістом нітратів – 180 мг/дм³. При цьому слід зазначити, що допустима добова доза нітратів для дітей раннього віку вдвічі менша, ніж для дорослих, і становить 2,5 мг/кг [32].

Виникнення отруєнь дітей раннього віку нітратами отруєнь слід розглядати як загрозу життю та здоров'ю населення.

Також нітрати і нітрити можуть вплинути на розвиток плода, тому майбутнім мамам небезпечно вживати воду з високим вмістом нітратів. Наступне небезпечне явище - проблеми шлунково-кишкового тракту в результаті розмноження несприятливої мікрофлори [33].

3 ОСНОВНІ СПОСОБИ ОЧИЩЕННЯ ВОД ВІД ЗАБРУДНИКІВ

3.1 Способи очищення вод від сполук феруму

Як згадувалося раніше, більша частина заліза в підземних водах присутня у формі бікарбонату. Також залізо може бути у вигляді сульфідних, карбонатних, сульфатних і комплексних сполук. У поверхневих водах переважає гідроксид заліза в колоїдному стані. Адекватні цим формам застосовуються безреагентні способи очищення від заліза: вакуумно-інжекційна аерація з фільтрацією, спрощена аерація з фільтрацією, фільтрація на каркасно-засипних фільтрах, фільтрація в підземних умовах з подачею повітря в пласт. Перспективним вважається знезалізнення колоїдних домішок флоутацією під тиском. Розробляються методи видалення заліза мікрофлорою, що прикріпилася до насадки, за допомогою дрібнозернистих каталізаторів. Недоліком цих методів є дорожнеча знезалізнення через необхідність використання великих об'ємів сипучої засипки і, відповідно, приміщень або висока вартість обладнання та обробки із застосуванням насадок і сорбентів.[17].

На сучасному етапі запропоновані та впроваджені найрізноманітніші методи та схеми очищення води від сполук заліза, які можна розділити на реагентні, безреагентні, катіонообмінні та біохімічні. Вибір методу знезалізнення води - непросте завдання, в якому необхідно враховувати концентрацію заліза і його форму, фізико-хімічні параметри води (рН, лужність, температура, кисень, вуглекислий газ, аміак, сірководень, окислення та ін.), режим роботи об'єктів та їх ефективність, наявність існуючих об'єктів водопостачання.

Поширені реагентні та безреагентні методи з введенням окислювачів заліза. При першому способі цей окислювач являє собою розчин хімічних окислювачів (хлору, перманганату калію, озону та ін.), а при другому способі у

воду вводять кисень повітря. Метою методів є перетворення розчинних форм заліза вважкорозчинні форми $\text{Fe}(\text{OH})_3$ з подальшим його осадженням або утриманням у шарі засипки фільтра.

В Україні найбільш поширені безреагентні методи аерації для знезалізнення води. Між ними слід розрізняти контактне та об'ємне знезалізнення води. При об'ємному знезалізненні води реакція окислення заліза починається в аераторах з істотним подрібненням потоку повітря або води для створення найбільшого контакту з повітрям (наприклад, в градирнях) і закінчується в проміжних ємностях, резервуарах, відстійниках, де утворюються пластівці гідроксиду заліза. Утворені пластівці гідроксиду заліза затримуються на фільтрах за тим же принципом, що й на швидких фільтрах при освітленні води, але також включається сорбція непрореагировавших іонів заліза та кисню. Створені пластівці мають пухку, нестійку структуру та затримуються у верхніх 5...15 см шару засипки, в окремих випадках на поверхні засипки може утворюватися плівка.

При контактному вилученні заліза з води аерація відбувається в більш примітивних пристроях, ніж у попередньому способі. Вода відразу після аерації опиняється в шарі гранульованої засипки. На гранулах засипки утворюється плівка, яка має значно кращі сорбційні властивості, ніж зерна чистої засипки. Коли вода після аерації потрапляє в засипку, процес знезалізнення відбувається безпосередньо в ній разом з окисленням. Зерна засипки можуть бути більшими, ніж при об'ємному знезалізненні. У початковий момент засипка в першу чергу заряджається, а потім діє як каталізатор, і ефект очищення може бути недостатнім.

В якості гранульованої засипки для фільтрів використовують штучні та природні матеріали (пісок, керамзит, цеоліт, пінополістирол та ін.). Велике значення для ефективності знезалізнення води, розмірів фільтрувальних установок і їх продуктивності має тип фільтрувальної засипки, параметри її зерен і висота шару. Однією з економічно вигідних засипок вважається плаваюча

засипка - пінополістирол, використання якої дозволяє економити капітальні та експлуатаційні витрати при реконструкції та будівництві систем водопостачання. За ефективністю очищення не поступається важким засипкам і при цьому має низку експлуатаційних переваг - набагато простіше виконувати операції засипки та заміни, і також її регенерацію (не потребує обладнання з додатковими промивними насосами або регулюючими засобами). Засипка створюється в результаті спінювання гранул пінополістиролу в киплячій воді безпосередньо в місці її застосування (біля фільтрів) або у виробничих умовах у спеціальних парових установках. У виробничих умовах засипка більш рівномірна, меншої щільності і більшого розміру. Це дозволяє знизити витрати на неї.

У більшості населених пунктів сільської місцевості перспективним є встановлення у водонапірних вежах обладнання для знезалізнення. Розроблено технологічні схеми та впроваджено таке обладнання в Хмельницькій, Вінницькій та Рівненській областях, які забезпечують необхідний рівень очищення води з вмістом заліза до 5 мг/дм³ до питної якості. Основні переваги цих технологічних схем це: легка доставка та простота монтажу (2-3 дні), не висока вартість будівництва; простота експлуатації, яка полягає в періодичному (раз на один-три дні) відкриванні на 4-6 хв. клапани для регенерації засипки; наявність в резервуарі башти води без заліза (очищеної); робота обладнання безпосередньо не залежить від графіка споживання очищеної води,..а тільки від роботи глибинного насоса; сталість регулюючого об'єму і рівнів води в башті після монтажу установки; можливість простої установки установки знезараження води [30].

Для знезалізнення води з вмістом заліза 5...10 мг/л застосовують послідовне двоступінчасте фільтрування (рис. 3.1), при якому у воду в змішувачі вводять повітря з ресивера або компресора, а змішувачі очищають від заліза, потім вода з повітря проходить спочатку через контактний, а потім через очисний фільтр.

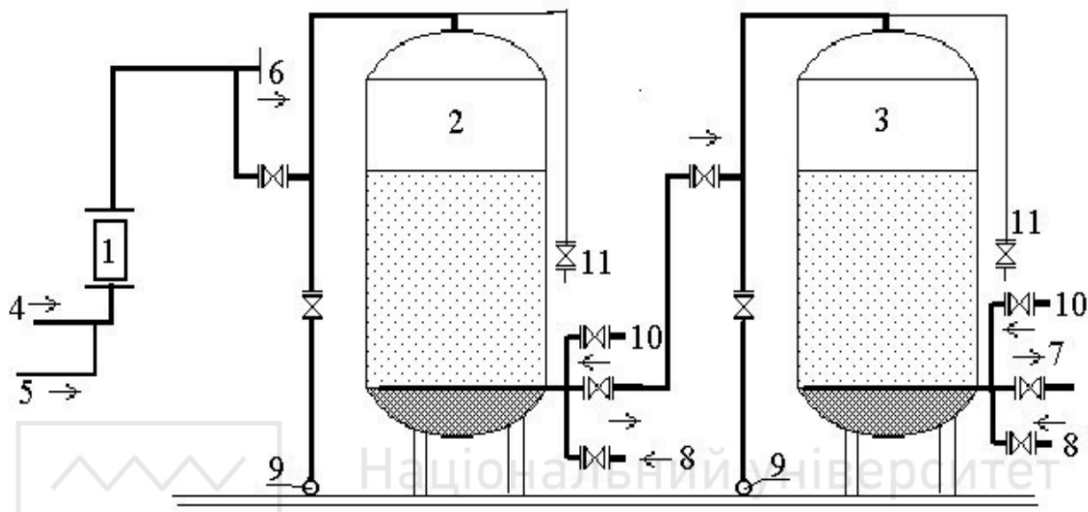


Рисунок 3.1 – Схема двоступеневої напірної установки для знезалізнення води:

1 – змішувач води і повітря; 2 – фільтр першого ступеня; 3 – фільтр другого ступеня; 4 – подача вихідної води; 5 – подача повітря від ресивера; 6 – подача води на паралельні фільтри; 7 – відведення очищеної води; 8 – подача промивної води; 9 – відведення промивної води; 10 – подача повітря; 11 – повітряна труба.

Процес фільтрації на контактному фільтрі займає на 50...60% менше часу, ніж на фільтрі для прояснення. Використовуйте напірні фільтри діаметром 1; 2; 3, 4 м, які завантажені кварцовим піском [35].

Для видалення сполук заліза з відносно малих кількостей води з концентрацією заліза більше 10 мг/дм³ пропонується використовувати метод електрокоагуляції, який полягає в пропусканні води між сталевими або алюмінієвими пластинами. Метал анода розчиняється і у воду потрапляють іони алюмінію або феруму, які коагулюють і утворюють пластівці гідроксиду алюмінію або заліза, на поверхні яких адсорбуються домішки води і сполуки феруму. Цей метод широко використовується за кордоном, особливо в Японії. Він досить ефективний, проте вимагає постійного контролю за роботою, а також досить енерговитратний. В результаті застосування сталевих електродів підвищується колір і знижується прозорість води, а застосування алюмінієвих електродів вносить додатковий забруднювач - алюміній. Недоліками цього

способу є великі капітальні витрати на встановлення технологічної лінії очищення та експлуатаційні витрати на електроенергію, а також небезпека роботи з струмом [36].

3.2 Способи очищення вод від сполук фторидів

У випадку, коли концентрація фторид-іонів у воді перевищує 1,5 мг/дм³, необхідне дефторування води, хоча це досить складне завдання. На сьогоднішній день не розроблено дешевих і простих способів видалення надлишку іонів фтору з води. Найчастіше методи осадження фторид-іонів у вигляді осадів важкорозчинних фторидів для дефторування питної води не можуть бути використані внаслідок того, що розчинність найменш розчинних фторидів багаторазово перевищує допустиму концентрацію фторид-іонів в питній воді. Способи дефторування можна розділити на дві частини: метод сорбції (осадження) фтору осадом гідроксиду алюмінію чи магнію, а також фосфату кальцію; метод фільтрації (іонообмінної) води з використанням фторселективних матеріалів.

Метод сорбції (осадження) доцільно використовувати при очищенні поверхневих вод, коли крім очищення від фтору необхідні також освітлення та знебарвлення. Водночас цей метод можна застосовувати і для очищення підземних вод, якщо необхідно одночасно їх пом'якшити (реагентний метод) і знефторити [37]. Контактне осадження являє собою додавання сполук кальцію, магнію, фосфату, заліза, алюмінію тощо. Осадження фторидів проходить або за рахунок утворення погано розчинних у воді речовин, які під дією гравітації створюють осад (наприклад, фториди кальцію і магнію), або за рахунок коагуляції іонів фториду на поверхні певних частинок коагулянту (заліза і гідроксиди алюмінію)[22]. Сорбція фторидів свіжоосадженим гідроксидом магнію відбувається швидко і практично не залежить від температури. Рекомендується, щоб дефторована вода проходила через освітлювач із шаром

зваженого контактного середовища, утвореного гідроксидом магнію. Його споживання становить приблизно 2 мг-екв/мг видалених із води фторид-іонів. Якщо вміст солей магнію у воді невеликий, то для видалення фторидів таким способом разом з вапном необхідно ввести сульфат або хлорид магнію.

Схема установки знефторування води свіжоосадженим гідроксидом магнію (II) виглядає наступним чином (рис. 3.2): з вихрового реактора, де вода на виході змішується з вапняним молоком, далі надходить у відстійник, де вводять розчин хлориду або сульфату магнію (II). Освітлена вода фільтрується і надходить в резервуари чистої води і насосами подається споживачеві.

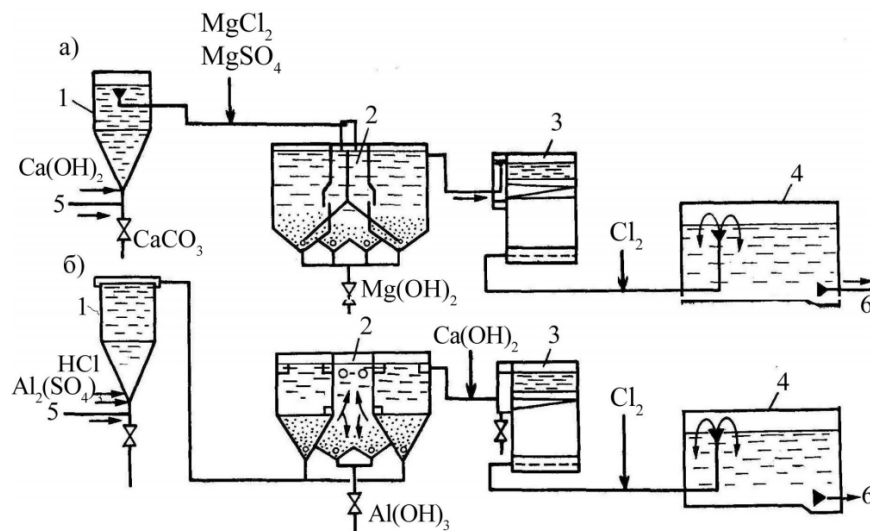


Рисунок 3.2 – Технологічна схема дефторування води свіжоосадженим гідроксидом магнію (а) і алюмінію (б): 1 – змішувач; 2 – освітлювач із завислим осадом; 3 – фільтр; 4 – РЧВ; 5, 6 – введення вихідної і відведення знефтореної води.

Для уникнення накопичених відкладів карбонату кальцію в освітлювачах при очищенні води від іонів фтору осадженням гідроксидом магнію їх рекомендується встановлювати з конічними або пірамідальними днищами, а розподіл води здійснювати водостічними трубами. Висоту шару осаду

приймають не менше 2 м, швидкість висхідного потоку води в зоні освітлення 0,2-0,3 мм/с [38].

Спосіб фільтрації (іоннообмінний) води через фторселективні матеріали. В основі цього методу лежить іонообмінна адсорбція, при якій фтор видаляється в процесі пропускання води через сорбент (активованій оксид алюмінію, сильноосновні аніони, гідроксилапатит, а також магнієві реагенти і активоване вугілля). Цей метод має найбільшу ефективність при дефторуванні підземних вод, які зазвичай не потребують інших видів кондиціонування, або у випадках, коли опріснення води проводиться одночасно з дефторуванням [37].

Найбільш ефективним способом видалення сполук фтору з ґрунтових вод є гранульований активований оксид алюмінію. При висоті завантажувального шару у фільтрі 2 м і швидкості фільтрації 5 м/год. час циклу фільтрації 8 днів. Концентрація сполук фтору у воді знижується від 3,1 до 0,2 мг/дм³ і лише на восьму добу підвищується до 1,5 мг/дм³.

Для дефторування можна використовувати також фільтри (відкриті або напірні) з трубчастим дренажем і різьбовими прорізами з корозійностійких матеріалів або з дренажем з перфорованих ковпачків, наприклад, порцелянових. Висоту шару активованого оксиду алюмінію приймають: 2 м у напірних і відкритих фільтрах при вмісті сполук фтору у вихідній воді до 5 мг/дм³ і відповідно 3 і 2,5 м при вмісті фторидів. становить 8-10 мг/дм³. Дефторування можна проводити фосфатними сполуками: трикальційфосфатом, гідроксилапатитом, гранульованим суперфосфатом та ін. Найбільш ефективною є обробка гідроксилапатитом фторовмісних вод.

З очищенням води від фторидів добре справляються сорбенти оксихлорид магнію і силікат магнію, тобто оксид магнію, цементований оксихлоридом магнію або силікатом магнію. Наприклад, поглинальна здатність сорбенту оксихлориду магнію становить 0,9 мгF₂/г. Однак сорбційна здатність сорбентів при регенерації повністю не відновлюється. Застосування сорбентів магнію не вигідно, що сприяє широкому поширенню даного методу [38].

3.3 Способи очищення вод від сполук нітратів

На сьогоднішній день для видалення нітратів з питної води застосовують іонообмінну фільтрацію, адсорбційну фільтрацію, катодне відновлення та електродіаліз, баромембранну фільтрацію, біофільтраційне відновлення нітратів до молекулярного азоту у фільтруючих пристроях з рухомими та нерухомими носіями, закріпленими на мікрофлорі. Всі ці способи забезпечують очищення води, проте вони мають ряд недоліків і особливостей.

Фізичні та хімічні способи, як наприклад іонний обмін, зворотний осмос, нанофільтрація та електродіаліз, демонструють недостатню селективність для видалення нітратів. Окрім цього, користь цих процесів обмежена їхньою дорогою експлуатацією та подальшою проблемою утилізації утвореного розсолу нітратних відходів. Дані методи частіше використовуються для видалення інших неорганічних речовин, ніж нітрати [39].

Біологічна денітрифікація має перевагу в тому, що кінцевим продуктом реакції є безпечні сполуки азоту (N_2) і забезпечується висока ефективність видалення нітрат-іонів.

Метод зворотнього осмосу - це процес проходження розчинів під тиском через напівпроникні мембрани, які пропускають розчинник, повністю чи частково утримуючи молекули або іони розчинених елементів. Тобто вода пропускається через напівпроникну мембрану під таким тиском, що вода проходить крізь неї, а забруднюючі речовини заважають мембрані [39].

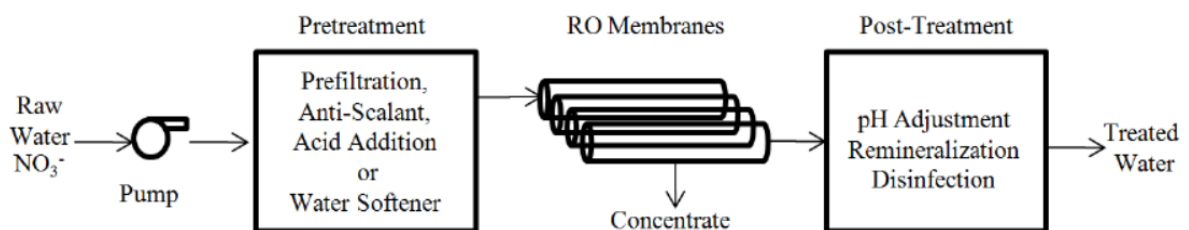


Рисунок 3.3 - Схема зворотнього осмосу:

Вода, що містить нітрати, проходить попередню обробку, проходить через мембрани зворотного осмосу, після очищення отримуємо денітрифіковану воду, придатну до споживання.

Рушійною силою процесу зворотного осмосу є зміна тиску

$$\Delta P = P - \pi, \quad (3.1)$$

де P - надлишковий тиск під розчином;

π - осмотичний тиск розчину.

Зворотний осмос дозволяє знизити концентрацію нітрат-іонів до 90%. Однак підкреслюється, що не всі мембрани зворотного осмосу підходять для видалення нітрат-іонів - певні типи мембран можуть мати задовільну здатність утримувати інші іони і в той же час мати дуже низький коефіцієнт утримання нітрат-іонів.

До переваг зворотного осмосу можна віднести: отримання високоякісної води, комплексне видалення домішок, опріснення, можливість автоматизації процесу, відносно низькі витрати енергії. Вирішується проблема високої мінералізації краще, чим використання іонного обміну. Мембранні технології забезпечують отримання води стабільної та прогнозованої якості.

До мінусів способу зворотного осмосу належать високі капітальні, експлуатаційні та технічні витрати, сприйнятливність мембран до забруднення, високі вимоги до попередньої обробки води, утилізації відходів концентрату, високі енергетичні потреби; повна демінералізація. Необхідність підтримки високого тиску (10-25 МПа).

Найпоширенішим є іонообмінний метод очищення води від нітратів – іонообмінним шляхом. Суть цього методу в протіканні води крізь фільтри, заповнені синтетичною аніонітом, в результаті чого відбувається обмін нітрат-іонів, що наявні у вихідній воді, на еквівалентну кількість аніонів,

що містяться в смолі. Потім насичений нітрат-іонами аніоніт регенерують концентрованими розчинами відповідних солей [40].

Іонообмінний спосіб дозволяє видалити з води 90% нітрат-іонів. На практиці широко використовується метод хлораніонізації, при якому у воду виділяються хлорид-іони, а як найдешевший і доступний реагент для регенерації іоніту застосовується розчин хлориду натрію. Однак вміст хлорид-іонів у питній воді також обмежений і не повинен перевищувати 250 мг/дм³, тому, якщо сумарна концентрація аніонів сильної кислоти (нітрат-, хлорид- та сульфат-іонів) у вихідній воді перевищує це значення, не можна використовувати метод аніонізації хлору. У таких випадках найкраще використовувати аніоніти в карбонатній, гідрокарбонатній та змішаній карбонатно-бікарбонатній формах.

До важливих переваг іонообмінного методу можна віднести тривалий досвід у сфері видалення забруднень, селективного видалення нітратів, використання в малих і великих системах, можливість автоматизації. Недоліки включають вартість утилізації відходів розсолу, можливу потребу в контролі рН, потенційне утворення небезпечних відходів (тобто розсолу зі слідами супутніх забруднень, таких як миш'як і хром), і можливу роль залишків смоли в утворенні небезпечні побічні продукти дезінфекції.

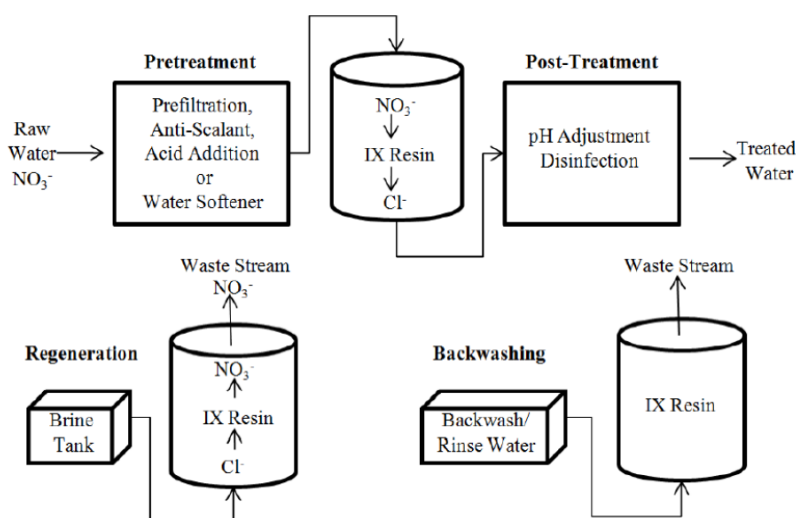


Figure 2. Conventional ion exchange schematic.

Рисунок 3.4 - Схема процесу іонного обміну

Вода, що містить нітрати, проходить попередню обробку, проходить через фільтри, заповнені синтетичним аніонітом, після очищення отримуємо денітрифіковану воду, яку можна вживати.

В основі методу хімічної денітрифікації лежить здатність металів відновлення деяких аніонів. Використовуються Al, Fe, Cu, Mg, Pt. При використанні алюмінію основним продуктом реакції є амоній, вихід якого становить 60-95%. Залишки амонію та нітрит-іонів можна нейтралізувати в кінці процесу за допомогою хлорування. Кількість алюмінію, що розчиняється під час відновлення, не перевищує 0,03 мг/дм³, що значно нижче ГДК. Важливо підтримувати рівень рН між 9 і 10,5, оскільки при рН = 8 відновлення не відбувається за рахунок появи захисного оксиду. Хімічне відновлення нітрат-іонів за допомогою заліза: $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$.

Залізо є сильним відновником та екологічним реагентом. Відновлення нітрат-іонів при використанні заліза FeO було досліджено в не буферних розчинах при 20°C. Нітрат-іони ефективно видаляються при низькому початковому значенні рН розчину. Реакція супроводжується появою, а потім зникненням незначної кількості нітрит-іонів. В час проходження реакції також спостерігалось швидке зростання рН розчину. Виявляється, що нітрат-іони можуть майже повністю (97%) переходити в амоній при кімнатній температурі і нормальному тиску за присутності металевого заліза і хлоридної кислоти.

Можна зазначити наступні плюси хімічної денітрифікації: нітрати перетворюються на інші види азоту (немає концентрованого потоку відходів), екологічний метод, багаторазове очищення від забруднюючих речовин, високий рівень очищення води (вищий, чим при зворотному осмосі). Він протікає з вищою швидкістю порівняно з біологічною денітрифікацією та є більш селективним для іонів нітратів, ніж зворотний осмос й іонний обмін. Що стосується недоліків до них можна віднести: можливість часткової денітрифікації, можлива залежність продуктивності від рН і температури, можлива необхідність видалення заліза [39].

4 ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ СПОЛУК ФЕРУМУ, ФТОРУ ТА НІТРАТІВ У ВОДІ

4.1 Методи визначення сполук феруму у воді

Для кількісного визначення загального вмісту заліза в розчинах можуть бути використані різноманітні методи (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Основні методи визначення феруму

Атомно-абсорбційним методом визначають валовий вміст заліза і оцінюють вміст окремих груп його сполук. Залізо можна визначати безпосередньо в повітряно-ацетиленовому та повітряно-пропан-бутановому полум'ї атомно-абсорбційним методом, якщо його концентрація близька або перевищує 1 мг/л. Розчини з меншою концентрацією заліза рекомендується аналізувати після концентрування або безполум'яним варіантом атомно-абсорбційного методу з використанням графітової кювети. [36].

Визначення вмісту загального заліза комплексометричним методом проводять шляхом титрування іонів тривалентного заліза. Комплекс тривалентного заліза більш стійкий, ніж двовалентного. Тому перед титруванням Fe (II) при нагріванні окислюється азотною кислотою. У зв'язку з тим, що Fe (III) легко гідролізується, його комплексометричне титрування можна проводити тільки в сильно кислому середовищі. Тривалентне залізо можна титрувати навіть при рН 1. При титруванні в сильно кислому середовищі

усувається заважаючий вплив багатьох супутніх елементів, які в цих умовах або взагалі не утворюють комплекси (Ba, Mg, Ca), або комплекси утворюються. утворюються, але вони нестабільні (Si та ін.) [41].

Для фотометричного визначення заліза використовуються різні типи хімічних реакцій, які призводять до утворення забарвлених сполук, завдяки тому, що як Fe^{2+} , так і Fe^{3+} мають хромофорні властивості.

Для визначення загального вмісту заліза розроблені фотометричні методи, засновані на забарвлених сполуках як двовалентного, так і тривалентного заліза. Найбільш поширений фотометричний сульфосаліцилатний метод визначення Fe (III) [42].

Досліджено процеси іонообмінного знезалізнення води в присутності іонів жорсткості з використанням слабокислого катіоніту і сильнокислого катіоніту в сольовій (Na^+ і Ca^{2+}) і кислих формах. Катіоніти у Na^+ форму перетворювали 5 % розчином натрій гідроксиду, катіоніти у Ca^{2+} форму – 10 % розчином кальцій хлориду.

Сорбція іонів феруми відбувається в динамічних умовах (для прискорення процесу) розчин сульфату заліза, приготовлений за допомогою дистильованої, артезіанської або водопровідної води, пропускають через колонку, заповнену іонітом, об'ємом 5-20 cm^3 при швидкості потоку 10-15 $cm^3/хв$. Як на вході в колонку, так і на виході з неї контролю потребують показники: концентрацію іонів феруму та іонів жорсткості, рН, лужність, кислотність.

Регенерацію катіонів проводять 1-5% розчинами хлоридної кислоти. Витрата регенераційного розчину повинна становити приблизно 1-2 $cm^3/хв$. У відібраних пробах об'ємом 10-50 cm^3 визначають концентрацію іонів феруму, іонів жорсткості та кислотність.

Для дослідження процесів очищення води використовується суміш іонообмінних матеріалів. Дослідження процесів сорбції проводять в динамічному середовищі. Для цього використовується іонообмінна колонка, заповнена сумішшю катіонів.

Модельні розчини іонів заліза, що готуються у водопровідній або дистильованій воді, пропускають крізь суміш катіонів зі швидкістю потоку 10-15 см³/хв. Для встановлення параметрів, а саме: жорсткості, концентрації іонів заліза, лужності, кислотності, рН води відбирають проби об'ємом 0,25-0,5 дм³ і визначають їх концентрації за методиками. За отриманими результатами розраховано повну обмінну динамічну ємність іонітної суміші та ступінь знезалізнення. Суміш розчинів натрію хлориду і кислого розчину використовують для відновлення суміші катіонів у формі кальцій-магній-залізо. Як кислий розчин використовують соляну кислоту і бісульфат натрію. Одночасно до 10% розчину натрій хлориду додавали хлоридну кислоту або біосульфат натрію. Кислотність розчинів сягала близько 320-360 мг-екв/дм³.

Для оцінки ефективності окиснення сполук заліза за допомогою дії лише окисних здібностей іонітної суміші та виключення впливу кисню розчин попередньо дезоксигенують. Водопровідну воду задля цього пропускають через колонку, заповнену катіонітом у формі Fe²⁺, попередньо оброблену 10% розчином залізного купоросу, об'ємом 40-100 см³. Концентрація іонів заліза після очищення може становити 10-120 мг/дм³. При цьому в колоні відбувається цілковите зв'язування кисню.

Дослідження самовільного процесу окиснення іонів заліза у водному середовищі за рахунок впливу кисню проведено на модельних розчинах, приготовлених у водопровідній та дистильованій воді з початковою концентрацією іонів заліза від 1 до 30 мг/дм³ та початковим рН розчинів 7,2-7,8. Проби об'ємом 0,25 і 0,5 дм³ залишають для відстоювання на відкритому повітрі. Вимірювання концентрації залишкового заліза проводять щогодини протягом перших шести годин і через день. Початкову і кінцеву концентрації заліза, а також рН розчинів визначають відповідними методами [19]

4.2 Методи визначення сполук фтору у воді

Для кількісного визначення загального вмісту фтору в розчинах можуть бути використані різноманітні методи (рис. 4.2).

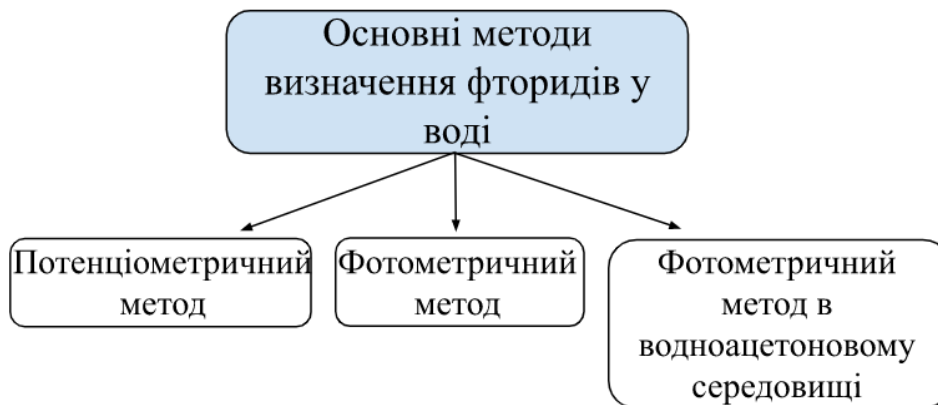


Рисунок 4.2 – Основні методи визначення фторидів

Концентрацію іонів F у вихідному та очищеному розчинах визначали потенціометричним методом [20]. Метод дозволяє визначити загальну концентрацію фторидів, а саме всіх його форм: фторид-іон, комплексні сполуки. Для визначення використовується електродна система, що складається з фторид-іонселективного електрода та допоміжного хлорсрібного електрода [43]. Межа встановлення з довірчою ймовірністю $P=0,95$ становить $0,02 \text{ мг/дм}^3$. Діапазон вимірюваних концентрацій без розведення зразка $0,10\text{-}190 \text{ мг/дм}^3$. Середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень приймають за остаточний результат. Результат вважають задовільним, якщо знайдене значення похибки не перевищує 25-30 % з $P=0,95$ при масовій концентрації фторидів $0,1\text{-}0,15 \text{ мг/дм}^3$; 15 % при концентрації $0,2\text{-}0,5 \text{ мг/дм}^3$ і 7 % при концентрації фторидів більше $0,5 \text{ мг/дм}^3$. Чутливість методу становить 1 мкг/дм^3 [20].

Концентрацію фторидів можна визначити також фотометричним методом. Метод заснований на властивості фторид-іона утворювати водорозчинний потрійний комплекс бузково-блакитного кольору, до складу якого входять лантан, алізариновий комплексон і фторид. Інтенсивність забарвлення розчину

вимірюється фотометром на довжині хвилі $\lambda=(600\pm 10)$ нм. Визначенню фтору сильно заважають алюміній і залізо, зв'язуючи його в комплекс і знижуючи результати. Допустима масова концентрація алюмінію не вище $0,2$ мг/дм³, заліза - не вище $0,7$ мг/дм³. Кінцевий результат аналізу приймається як середнє арифметичне результатів ярда паралельних визначень. Результат вважається задовільним, якщо отримане значення похибки не перевищує 25-30% при $P=0,95$ при масовій концентрації сполуків фтору $0,05-0,15$ мг/дм³ і 7% при концентрації $0,2$ мг/дм³ і більше. Фотометричний метод визначення фторидів має ще один варіант реалізації. Він заснований на тому ж принципі, що і попередній, але з метою підвищення ефективності визначення оптичної густини вимірювання проводять у водно-ацетоновому середовищі, в якому відбувається повний розвиток забарвлення потрібного комплексу лантану. (III), алізарінкомплексон і фторид досягається за 15 хв [43].

4.3 Методи визначення нітратів у воді

Для кількісного визначення вмісту нітратів в розчинах можуть бути використані різноманітні методи (рис. 4.3).

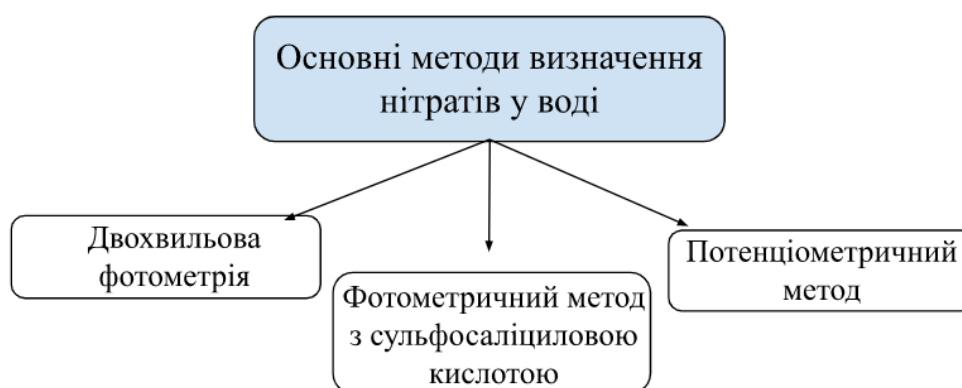


Рисунок 4.2 – Основні методи визначення нітратів

Найпоширенішим способом визначення нітратів у воді є фотометричний метод з натрію саліцилатом [44]. Суть методу полягає в наступному.

Досліджувану пробу об'ємом 10 см^3 поміщають у фарфорову чашку для випарювання, вносять 1 см^3 0,5 % розчину натрію саліцилової кислоти і розчин випаровують насухо за допомогою водяної бані. Сухий залишок після охолодження змочують 1 см^3 концентрованої сульфатної кислоти, ретельно перемішують скляною паличкою і залишають на 10 хв. Потім вносять $5-10 \text{ см}^3$ дистильованої води і кількісно переносять у мірну колбу місткістю 50 см^3 . Додають 7 см^3 10 М розчину натрій гідроксиду, доводять дистильованою водою до мітки, перемішують і вимірюють оптичну густину на фотоелектроколориметрі з світлофільтром фіолетового кольору. Концентрацію нітратів знаходять за калібрувальним графіком. Метод забезпечує високу чутливість визначення нітратів - $0,1 \text{ мг/дм}^3$. Основним недоліком визначення нітратів у природних водах різного походження цим методом [44] є його висока трудомісткість і затратність часу.

Відомий спосіб визначення нітратів методом двоххвильової фотометрії, заснований на власному поглинанні світла в ультрафіолеті [45]. Суть методу полягає в наступному. Оптичну щільність досліджуваного зразка вимірюють на спектрофотометрі на двох довжинах хвилі: 220 нм (A_1), де як нітрати, так і домішки інших сполук поглинають світло, і 275 нм (A_2), де домішки поглинають світло, а нітрати практично не поглинають. Введено поправку на величину оптичної густини за рахунок поглинання світла домішками: $\Delta A = A_1 - 2A_2$, а концентрацію нітратів у зразку знаходять за величиною ΔA за градуйковим графіком, побудованим для чистих розчинів нітратів (без домішок). Для побудови градуйкового графіка приготуйте серію стандартних розчинів калій нітрату різної концентрації та виміряйте їх оптичну густину при 220 нм . За розрахунками метод забезпечує чутливість визначення нітратів на рівні $0,1 \text{ мг/дм}^3$.

Схема потенціометричного вимірювання являє собою індикаторний електрод, електрод порівняння і прилад, що вимірює значення потенціалу. Електрод порівняння в таких приладах повинен мати постійний потенціал. Як

індикатори використовують електроди, потенціали яких залежать від активності відповідного іона. Щоб визначити вміст нітратів цим методом в якості індикаторного електрода використовується 36 – іоноселективний електрод. Іонселективний електрод чутливий до нітрат-іонів у водному середовищі. Процес здійснення аналізу проходить наступним чином: індикаторний електрод занурюється в досліджуваній розчин, за допомогою електролітичного містка з'єднується з розчином електрод порівняння. В подальшому в процесі титрування відбуваються скачки потенціалу, які зображуються графічно [46].

4.4 Нормативи вмісту сполук феруму та фтору у воді

Норми якості води - являють собою сукупність встановлених допустимих значень показників складу і властивостей води у водних об'єктах, у межах яких запобігається шкоді здоров'ю населення, забезпечуються нормальні умови водокористування та екологічної безпеки водного об'єкта. забезпечені. Показники, які входять до комплексу стандартів якості води, називають стандартизованими показниками складу та властивостей води.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – це максимальна кількість небезпечних речовин в одиниці об'єму або маси повітря, води чи ґрунту, яка практично не завдає шкоди здоров'ю людини. ГДК встановлюється компетентними установами, організаціями та комісіями як норматив. Останнім часом при розробці ГДК враховується не тільки вплив забруднюючих речовин на здоров'я людини, але й їх негативний вплив на диких тварин, рослини, гриби та мікроорганізми, природні угруповання, а також на клімат, прозорість атмосфери та санітарні та побутові умови проживання [47]. Розглянемо основні нормативні документи, які визначають допустимі значення феруму та фтору у поверхневих водах (табл. 4.1) [48].

Таблиця 4.1 – Значення нормативів якості поверхневих вод

Елемент	ГОСТ 2874-82	ДСТУ ГОСТ 27384–2005		СанПиН 4630-88	Рибогоспода рська вода	Рекомендаці я ІКХХВ
	ГДК, мкг/дм ³	ГДК, мкг/дм ³	±δ, %	ГДК, мкг/дм ³ , питна вода,	ГДК, мкг/дм ³	ГДК, мкг/дм ³
	I	II	III	IV	VII	VIII
Залізо загаль не	300	300	25	300	100	<300
Фторид и	700-150 0	1200-15 00	15	700-1500	50	700-1500
Нітрати	45000	45000	15	45000	40	<45000

А також нормативи що визначають допустиме значення цих елементів у питній воді(табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Допустима концентрація феруму та фтору у питній воді

Найменува ння показників	Одиниця вимірюв ання	Нормативи для питної води згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10		
		водопровідної	з колодязів і каптажів, джерел	з колодязів і каптажів, джерел
Залізо загальне	мг/дм ³	≤0,2 (1,0)1	≤1,0	≤0,2
Фториди	мг/дм ³	для кліматичних зон: IV≤0,7 III≤1,2 II≤1,5	≤1,5	≤1,56 для кліматичних зон: IV≤0,7 III≤1,2 II≤1,5
Нітрати	мг/дм ³	≤50	≤50	≤10(50) ³

Різниця в концентраціях фторидів обумовлена тим, що при високій температурі люди споживають більше рідини та, відповідно, в їх організм потрапляє більше фторидів [11].

Також з метою контролю вмісту сполук феруму, фтору та нітратів у водних об'єктах встановлено гранично допустимий скид. Гранично допустимий скид - це маса речовини у стічних водах, максимально допустима в обсязі водовідведення з установленим режимом у даній точці водного об'єкта за одиницю часу з метою забезпечення нормативів якості води в контрольній точці. Гранично допустимий скид - є лімітом споживання стічних вод і концентрацій в них шкідливих домішок - встановлюється він з урахуванням ГДК речовин у місцях водокористування, асиміляційної здатності водойми, перспектив для розвитку регіону та оптимального розподілу шкідливих речовин.

Гранично допустимі скиди встановлюються для кожного джерела забруднення і кожного виду небезпечних домішок з урахуванням їх сумарної дії. Визначення гранично допустимих скидів базується на методиці розрахунку концентрацій забруднюючих речовин, створюваних джерелом у контрольних точках – розрахункових майданчиках – з урахуванням їх розрідження, внеску інших джерел, перспектив розвитку (проект джерело забруднення) тощо.

Гранично допустимий скид розраховується для всіх категорій водокористування як добуток максимальної годинної витрати стічних вод (м³/год) на концентрацію в них забруднюючих речовин (г/м³). Відповідно до санітарних правил та норм охорони поверхневих вод від забруднення для скидання стічних вод на території міста чи селища визначається на рівні відповідної ГДК [49].

5 ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ З ДЖЕРЕЛ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ЗА ДЕЯКИМИ САНІТАРНО-ХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

5.1 Визначення вмісту феруму у воді з джерел децентралізованого водопостачання

За даними досліджень, понад 50% підземних вод України мають підвищений вміст Феруму, особливо в центральних і західних областях. Науковці встановили, що у воді свердловин, розташованих у Вінницькому районі (с. Стрижавка), спостерігається перевищення вмісту феруму загального в 3,6 та 2 рази за гіршими та середніми показниками.

Метою експерименту було визначення загального феруму в питній воді з джерел децентралізованого водопостачання та встановлення її придатності до споживання за цим показником. Для дослідження відібрано 8 проб води з шахтних колодязів, розташованих на території Вінницької області. Ферум загальний визначали фотометричним методом з сульфосаліциловою кислотою.

Підготовка проби до аналізу складається з кількох етапів. До 100 мл (200 мл) проби води, що мають в собі 0,01-1,0 мг заліза, додають 0,5 мл концентрованої азотної кислоти і упарюють до невеликого об'єму. Розчин фільтрували і фільтрат збирали в мірну колбу на 100 мл. Фільтр промивали, і фільтрат у колбі розбавляли дистильованою водою приблизно до 80 мл.

Побудова градуувального графіка. В сім мірних колб об'ємом 100,0 мл вводимо стандартний розчин феруму 0,01 мг Fe/мл об'ємом 0; 2; 4; 10; 16; 20; 27 мл. Потім в кожну колбу додають 10 мл води, 5 мл розчину сульфосаліцилової кислоти, 5 мл розчину амоніаку. Об'єм доводимо до риски водою і ретельно перемішуємо. Через 5 хв розчини фотометруємо відносно холостого розчину при 400-430 нм в кюветі з товщиною шару 5 см і будуємо градуувальний графік у координатах вміст феруму (III), мг – оптична густина.

Визначення вмісту феруму (III) в досліджуваній пробі води. До підготовленої проби води додаємо 5 мл розчину сульфосаліцилової кислоти і 5 мл розчину амоніаку. Доведіть об'єм до риски водою і ретельно перемішайте. Фотометрування проводиться в тих же умовах, що і при побудові градуювального графіка. Маса феруму визначається за допомогою розрахунків [50].

Масу феруму у стандартних розчинах обчислюють за формулою

$$m = V \cdot C, \quad (5.1)$$

де m – маса феруму, мг;

C – масова концентрація феруму, мг/мл;

V – об'єм розчину, л.

Маса феруму у стандартних розчинах дорівнює:

$$m_1 = 2 \cdot 0,01 = 0,02 \text{ (мг);}$$

$$m_2 = 4 \cdot 0,01 = 0,04 \text{ (мг);}$$

$$m_3 = 10 \cdot 0,01 = 0,1 \text{ (мг);}$$

$$m_4 = 16 \cdot 0,01 = 0,16 \text{ (мг);}$$

$$m_5 = 20 \cdot 0,01 = 0,2 \text{ (мг);}$$

$$m_6 = 27 \cdot 0,01 = 0,27 \text{ (мг).}$$

У табл. 5.1 наведені дані для побудови градуювального графіку.

Таблиця 5.1 – Дані для побудови градууювального графіка (значення $\lambda = 430 \text{ нм}$, $l = 5 \text{ см}$)

Номер розчину	1	2	3	4	5	6
Об'єм стандартного розчину феруму, мл	2	4	10	16	20	27
Маса феруму, мг	0,02	0,04	0,1	0,16	0,2	0,27
Оптична густина	0,065	0,145	0,385	0,62	0,76	1.0

Щоб побудувати градууювальний графік на осі абсцис відкладають масу феруму, на осі ординат – оптичну густина. Градууювальний графік наведений на рис. 5.1.

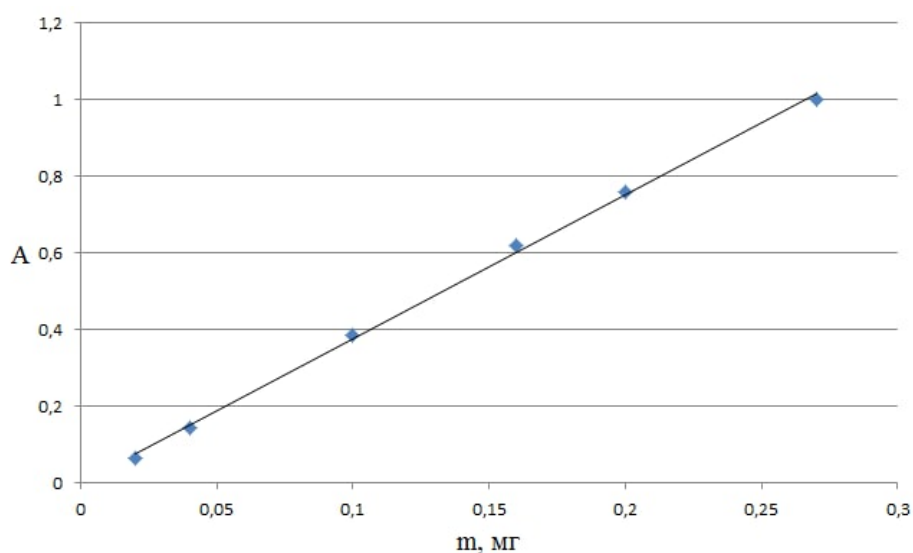


Рисунок 5.1 – Залежність оптичної густини розчину від маси феруму

Рівняння градууювальної прямої, визначеної за методом найменших квадратів, має вигляд:

$$A = 3,88605 \cdot m_{Fe} + 0,00915 \quad (5.2)$$

де A – оптична густина;

m_{Fe} – маса феруму, мг.

Масу феруму у досліджуваному розчині знаходять за градувальним графіком за рівнянням прямої (5.2):

$$m_1 = \frac{0,025+0,00915}{3,88605} = 0,0087 \text{ (мг)};$$

$$m_2 = \frac{0,075+0,00915}{3,88605} = 0,0216 \text{ (мг)};$$

$$m_3 = \frac{0,025+0,00915}{3,88605} = 0,0087 \text{ (мг)};$$

$$m_4 = \frac{0,05+0,00915}{3,88605} = 0,0152 \text{ (мг)};$$

$$m_5 = \frac{0,28+0,00915}{3,88605} = 0,0744 \text{ (мг)};$$

$$m_6 = \frac{0,125+0,00915}{3,88605} = 0,0345 \text{ (мг)};$$

$$m_7 = \frac{0,1+0,00915}{3,88605} = 0,0280 \text{ (мг)};$$

$$m_8 = \frac{0,09+0,00915}{3,88605} = 0,0255 \text{ (мг)}.$$

Вміст феруму обраховують за формулою:

$$X = \frac{m}{V_{p-ну}} \quad (5.3)$$

де X – вміст феруму у досліджуваному розчині, мг/дм³;

m – маса феруму, мг;

$V_{p-ну}$ – об'єм розчину, дм³.

Вміст феруму у досліджуваному розчині дорівнює:

$$X_1 = \frac{0,0087}{0,1} = 0,087 \text{ (мг/дм}^3\text{)};$$

$$X_2 = \frac{0,0216}{0,1} = 0,216 \text{ (мг/дм}^3\text{)};$$

$$X_3 = \frac{0,0087}{0,1} = 0,087 \text{ (мг/дм}^3\text{)};$$

$$X_4 = \frac{0,0152}{0,1} = 0,152 \text{ (мг/дм}^3\text{)};$$

$$X_5 = \frac{0,0744}{0,2} = 0,372 \text{ (мг/дм}^3\text{)};$$

$$X_6 = \frac{0,0345}{0,2} = 0,1726 \text{ (мг/дм}^3\text{)};$$

$$X_7 = \frac{0,0280}{0,2} = 0,1404 \text{ (мг/дм}^3\text{)};$$

$$X_8 = \frac{0,0255}{0,2} = 0,1275 \text{ (мг/дм}^3\text{)}.$$

Експериментально визначений вміст феруму в досліджувальних пробах наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Вміст Fe в досліджуваному розчині

Номер проби	Оптична густина	Маса феруму, визначена за градувальним графіком, мг	Вміст феруму, мг/дм ³
1	0,025	0,0087	0,087
2	0,075	0,0216	0,216
3	0,025	0,0087	0,087
4	0,05	0,0152	0,152
5	0,28	0,0744	0,372
6	0,125	0,0345	0,1726
7	0,1	0,0280	0,1404
8	0,09	0,0255	0,1275

5.2 Визначення вмісту фтору у воді з джерел децентралізованого водопостачання

Фториди є одним із характерних домішок ґрунту та ґрунтових вод, а сам фтор - дуже важливий компонент, який при низьких концентраціях здатний запобігти карієсу, і при підвищеному - накопичується в організмі і викликає захворювання кісток, що називається флюорозом.

Метою експерименту було визначення вмісту фтору в підземних водах, що використовуються для водопостачання. Для дослідження було обрано 8 зразків води з свердловин, розташованих у Вінніці. Фториди визначали за допомогою прямої потенціометрії.

Побудова градувального графіка. У склянку місткістю 50 куб. см вносять 20 куб. см 0,01 М робочого стандартного розчину ($pF = 2$), поміщають магніт від магнітної мішалки, доливають 10 куб. см ацетатно-цитратного буферного розчину і при перемішуванні розчину магнітною мішалкою реєструють стабільне значення потенціалу в мілівольтах.

Після цього електроди ретельно кілька разів відмивають у дистильованій воді, обсушують фільтрувальним папером і двічі обполіскують наступним стандартним розчином, який береться для аналізу. У другу склянку місткістю 50 куб. см вносять 20 куб. см 0,001 М ($pF = 3$) робочого стандартного розчину, поміщають магніт від мішалки, доливають 10 куб. см ацетатно-цитратного буферного розчину, включають магнітну мішалку і вимірюють встановлену величину потенціалу в мілівольтах. Потім аналогічним чином вимірюють величину потенціалів електроду у 0,0001М робочому стандартному розчині ($pF = 4$) і в 0,00001 М розчині ($pF = 5$).

Визначення вмісту фтору в досліджуваній пробі води. До підготовленої проби води додаємо ацетатно-цитратний буферний розчин. Вимірювання потенціалу проводимо в тих самих умовах, що і при побудові градувального графіка. Масу фтору визначаємо за допомогою розрахунків [43].

У табл. 5.3 наведені експериментальні дані для побудови градуювального графіку.

Таблиця 5.3 – Дані для побудови градуювального графіка

Номер розчину	1	2	3	4	5
Молярна концентрація розчину, моль/л	0,1	0,01	0,001	0,0001	0,00001
Потенціал, мВ	536	482	423	369	318

Будуючи градуювальний графік, відкладаємо на осі абсцис значення рF стандартних розчинів, а на осі ординат – значення потенціалу. Градуювальний графік наведений на рис. 5.2.

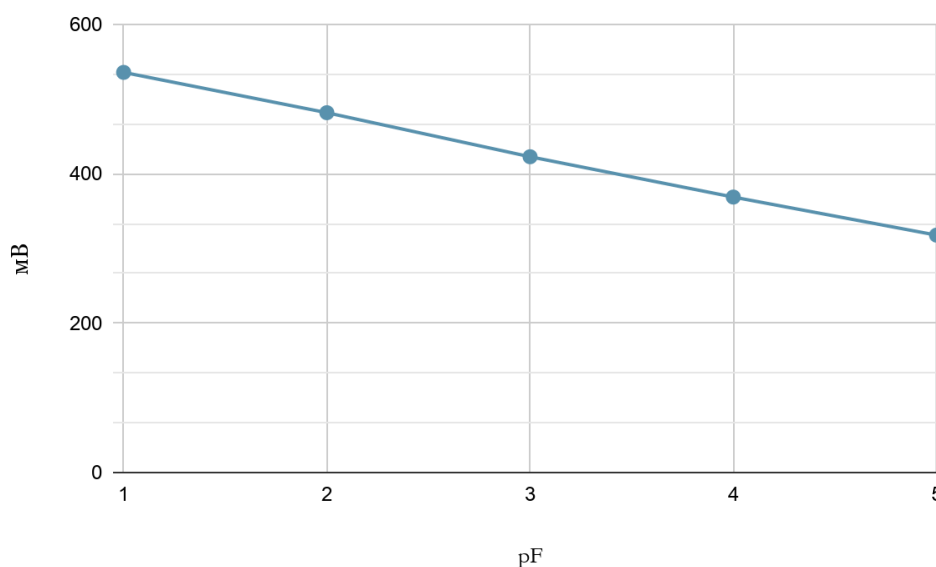


Рисунок 5.2 – Залежність значення потенціалу розчину від показника концентрації фторид-іонів

Рівняння градуювальної прямої, вираховано за методом найменших квадратів, має вигляд:

$$E = 590,3 - 54,9 \cdot \text{pF}, \quad (5.4)$$

де E – потенціал розчину, мВ;

pF – показник концентрації фторид-іонів.

Масу феруму у досліджуваному розчині знаходять за градувальним графіком за рівнянням прямої (5.4):

$$pF_1 = \frac{590,3+328}{54,9} = 4,78;$$

$$pF_2 = \frac{590,3+332}{54,9} = 4,70;$$

$$pF_3 = \frac{590,3+327}{54,9} = 4,79;$$

$$pF_4 = \frac{590,3+328}{54,9} = 4,78;$$

$$pF_5 = \frac{590,3+329}{54,9} = 4,75;$$

$$pF_6 = \frac{590,3+330}{54,9} = 4,74;$$

$$pF_7 = \frac{590,3+335}{54,9} = 4,65;$$

$$pF_8 = \frac{590,3+329}{54,9} = 4,75.$$

Експериментально визначений вміст феруму в досліджуваних пробах наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Вміст F в досліджуваних пробах

Номер проби	Потенціал розчину, мВ	pF фтору, визначена за градувальним графіком	Вміст фтору, мг/дм ³
1	328	4,78	0,32
2	332	4,70	0,38
3	327	4,79	0,30
4	328	4,78	0,32
5	329	4,75	0,34
6	330	4,74	0,35
7	335	4,65	0,43
8	329	4,75	0,34

5.3 Визначення вмісту нітратів у воді з джерел децентралізованого водопостачання

Найнебезпечнішою з точки зору ураження нітратами є вода з колодязів та поверхневих джерел. Приблизно у половині колодязів на території України підвищений рівень нітратів. Особливо виражено це на територіях, які використовуються для вирощування рослинних культур в літній час [24].

Метою експерименту було визначення нітратів в питній воді з джерел децентралізованого водопостачання та встановлення її придатності до споживання за цим показником. Для дослідження відібрано 6 проб води з шахтних колодязів, розташованих на території Вінницької області. Нітрати визначали за допомогою іоніметра та селективного електроду для визначення нітратів.

Нітратомір - це універсальний прилад, призначений для вимірювання концентрації нітратів (pNO_3), електрорушійної сили (ЕРС), масової частки (масової концентрації) нітратів у воді і рідких пробах, підготовлених за

стандартними методиками вимірювань. Нітратомір вимірює концентрацію нітратів у воді у відповідності з існуючими методиками вимірювання нітратів. Нітратомір вимірює масовий вміст нітратів на одиницю об'єму і масову концентрацію нітратів на одиницю ваги.

В основі роботи нітратоміра лежить потенціометричний принцип вимірювання нітратів з використанням виборчої (селективної) до сполуки нітратів електрохімічної комірки. Конструктивно нітратомір складається з вимірювального перетворювача і електрохімічної комірки. Електрохімічна комірка включає в себе нітратселективний і електрод порівняння. Вміщена у водний розчин електрохімічна комірка формує ЕРС, величина якої залежить від концентрації нітратів. Вимірювальний перетворювач, використовуючи інформацію з пари електродів, розраховує концентрацію нітратів [51].

Для початку вимірювання нітратів зазвичай відбувається градування електрода, яке слід проводити в розчинах азотнокислого калію відомої концентрації. Градувальні розчини готують з вихідного розчину концентрацією 1 моль/л KNO_3 . Для його приготування розчиняють 101,0 г азотнокислого калію в колбі ємністю 1 дм³. Інші градувальні розчини готують з вихідного розчину послідовним десятикратним розведенням дистильованою водою. Після побудови градувального графіка ми вимірюємо потенціал електрода в розчинах з невідомою концентрацією, тобто у наших досліджуваних пробах. Проте враховуючи що ми використовували як вимірювальний прилад сучасний іономір необхідність у побудові градувального графіка відпадає і ми можемо прямо виміряти концентрацію нітратів у відібраних пробах. Тому надалі ми дотримуємось методики, та омиваючи електроди дистильованою водою після кожного застосування здійснили вимірювання [52]. Результати вимірювань зазначені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Вміст нітратів у досліджених зразках колодезьної води

Номер зразку	Місце відбору проби	Нітрати, мг/дм ³
1	м. Вінниця, мікрорайон Поділля	83,7
2	Могилів-Подільський район, м. Ямпіль	498,2
3	Жмеринський район, с. Лозова	23,4
4	Гайсинський район, м. Гайсин	174,3
5	Хмільницький район, м. Хмільник	65,5
6	Жмеринський район, м. Бар	115,3

5.4 Екологічна оцінка якості питної води за вмістом феруму, фтору та нітратів

Отже, провівши експериментальне визначення вмісту загального заліза, фтору та нітратів у досліджуваних зразках води, ми можемо оцінити якість цієї води та відповідність її стандартам.

Концентрація феруму у воді понад 1-2 мг/дм³ робить її мало придатною. Відповідно до норм вміст загального феруму у питній воді з колодезів не повинен перевищувати 1 мг/дм³. У всіх досліджених зразках сполуки феруму містяться у кількості, що відповідає встановленому нормативу для колодезьної води, а для більшості зразків не перевищує 0,2 мг/дм³, що є гранично допустимою концентрацією загального феруму у воді водопровідній, фасованій, з пунктів розливу та бюветів. Отримані результати відносно місця відбору зразка наведені в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Вміст загального феруму у досліджених зразках води

Номер зразку	Місце відбору проби	Загальний ферум, мг/дм ³
1	м. Вінниця, мікрорайон Вишенька	0,09

Продовження таблиці 4.5

2	м. Вінниця, мікрорайон Старе місто	0,14
3	Вінницький район, с. Агрономічне	0,17
4	Барський район, м. Бар	0,22
5	Барський район, с. Терешки	0,09
6	Липовецький район, м. Липовець	0,37
7	Оратівський район, с. Скоморошки	0,15
8	Тиврівський район, м. Гнівань	0,13

Таким чином, досліджуванні зразки питної води з шахтних колодязів відповідають стандартам безпеки та якості питної води за вмістом загального заліза та не потребують кондиціонування за цим показником [53].

Оптимальний вміст сполук фтору у питній воді становить 0,7-1,2 мг/л. У всіх досліджувальних зразках води вміст фторидів менше, ніж нижня межа нормативного діапазону значення фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води. Отримані результати відносно місця відбору зразка наведені в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Вміст фторидів у колодязній воді

Номер зразку	Місце відбору проби	Фториди, мг/дм ³
1	м. Вінниця, Хмельницьке шосе	0,32
2	м. Вінниця, вул. Київська	0,38
3	м. Вінниця, вул. Батозька	0,30
4	м. Вінниця, вул. Замостянська	0,32
5	м. Вінниця, вул. Дачна	0,34
6	м. Вінниця, вул. Пирогова	0,35
7	м. Вінниця, вул. Князів Коріатовичів	0,43
8	м. Вінниця, вул. Пластова	0,34

Результати узгоджуються з літературними даними, наведеними в роботі, згідно з якими Вінницька область належить до регіону з низьким вмістом фтору (0,3-0,8 мг/л). Постійне споживання такої води вимагає використання профілактичних заходів для запобігання ендемічних захворювань [54].

Оптимальна концентрація нітратів сягає приблизно не більше 50 мг/л. Проте у багатьох місцевостях країни вміст нітратів може сильно перевищувати норми, так показники можуть досягати 10 - 150 кратності ГДК, тобто 180 - 5600 мг/дм³. Такі рівні є токсичними для дорослої людини, а тим більше для дитини [24]. Отримані результати дослідження вмісту нітратів в воді у вінницькій області зазначені у таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Вміст нітратів у досліджених зразках колодязної води

Номер зразку	Місце відбору проби	Нітрати, мг/дм ³
1	м. Вінниця, мікрорайон Поділля	83,7
2	Могилів-Подільський район, м. Ямпіль	498,2
3	Жмеринський район, с. Лозова	23,4
4	Гайсинський район, м. Гайсин	174,3
5	Хмільницький район, м. Хмільник	65,5
6	Жмеринський район, м. Бар	115,3

Таким чином ми можемо побачити що майже у всій вінницькій області ми спостерігаємо перевищення ГДК вмісту нітратів у колодязній воді, що становить 45 мг/л. В певній місцевості, як наприклад місто Ямпіль перевищення концентрації може сягати одинадцяти кратного розміру. І тільки один із взятих нами зразків відповідає нормам, а саме зразок з селища Лозова Жмеринського району.

Тому вода досить є досить безпечною і придатною для використання по

двом з трьох показників, а також відповідає стандартам санітарних та хімічних показників безпеки та якості питної води по показнику загального заліза та фторидів, проте тільки один з зразків відповідає нормам по показнику нітратів. Однак і вміст фторидів не є оптимальним, тому це питання вимагає додаткової уваги, щоб знайти можливість покращити ситуацію.

6 РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ПІДВИЩЕННЮ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СПОЛУК ФЕРУМУ, ФТОРУ ТА НІТРАТІВ У ВОДІ

Захист водних ресурсів є пріоритетом у політиці майже всіх європейських країн. Однак комплекс управління водними ресурсами України розвивався протягом тривалих років, не враховуючи екологічні вимоги та наслідки навколишнього середовища. Якість водних ресурсів в останні роки, незважаючи на значне зменшення споживання води, постійно погіршується.

Середні багаторічні водні ресурси України досягають 87,1 км³, а ті, що утворюються на території України, становлять приблизно 52,4 км³. В Україні також є ресурс підземних вод обсягом 57,2, з яких затверджено 15,7 млн.м³/добу. Поверхнева вода дуже забруднена токсичними хімічними речовинами, нафтопродуктами, солями важких металів, фенолами, біогенними речовинами тощо. Підземні води захищені краще від забрудників, і тому в багатьох країнах є головним джерелом господарсько-питної води. Більше ніж половина підземних вод мають надто високий вміст заліза, особливо в центральних та західних регіонах України. Але навіть при початковому вмісті заліза в межах нормального ($\leq 0,3$ мг/дм³) вміст заліза в воді збільшується в кілька разів під час транспортування води. Це пов'язано з поганим станом водогонів. Вони виготовлені з чорного металу без антикорозійного покриття, вони не були змінені протягом останніх 20-30 років, не були періодично очищені та знезаражені, і тому вода, що протікає по них може бути забруднена сполуками заліза неорганічного походження, а також містити завислі часточки каламуті, колоїдні зависі заліза. Крім того, санітарно -гігієнічний стан води погіршується [36].

Але, перш за все, для підвищення екологічної безпеки феруму, фтору та нітратів у воді вимагає постійного систематичного моніторингу, особливо з огляду на сезонні зміни концентрації заліза в природних водоймах, а також з урахуванням використання нітратних та фторвмісних добрив. Тому вміст цих

сполук у природних водах, особливо у водоймах питного та рибогосподарського призначення, потрібно постійно надавати екоаналітичному контролю, оскільки їх концентрація у природній воді може бути небезпечною. Невисокі допорогові концентрації металів у воді часто призводять до хронічного отруєння водних організмів. Оцінка вмісту металів у воді ускладнюється найрізноманітнішими їх формами, що, в свою чергу, передбачає специфіку методів прийомів відбору, консервування та зберігання проб для аналізу [16]. Однак слід пам'ятати, що не лише перевищення допустимих концентрацій може бути небезпечним. Важливо також запобігти дефіциту фтору та феруму у питній воді, оскільки ці елементи відіграють важливу роль у здоровому функціонуванні організму.

Наступний етап, що може захистити від небезпек для навколишнього середовища у вигляді концентрацій феруму, фтору та нітратів, які не відповідають стандартам, є видаленням цих сполук. Станції знезалізнення води з концентрацією заліза до 5 мг/л можуть використовувати спрощену аерацію та фільтрацію на фільтрах з різними типами фільтруючої засипки. Паралельно відбувається видалення сірководню і вільної вуглекислоти, але не завжди ці компоненти сприяють процесу знезалізнення [35]. Також можуть використовуватись більш трудомісткі та дорогі способи знезалізнення води, враховуючи початкову концентрацію феруму та ту концентрацію цього елементу до якої вода повинна бути очищена. В кожному виробництві є розроблені стандарти якості води, які в більшості випадках вище, ніж для питної води. Наприклад, вміст феруму та органічних сполук при виробництві лікарських препаратів, молочних продуктів, парфумів, напоїв не допускається, тоді як у питній воді концентрація Fe^{2+} не повинна перевищувати 0,3 мг/л. Прикладами негативного впливу води, яка містить залізо і контактує з продукцією, можуть бути проривання целюлози, відбіленої гіпохлоридом натрію, плівок, тканини, масляного зерна та сирного тіста в молочній промисловості [17]. Що стосується очищення води від сполук фтору, то ситуація

тут дещо складніша. Дефторування - це досить дорогий процес, варто зауважити, що навіть дорожчий, ніж фторування, тому пошук безпечного джерела води завжди легший за очищення [22]. Однак є ще одна проблема вмісту сполук фтору в воді, що також є актуальною і для нашої місцевості. А саме занадто малий вміст фторидів у воді, і цю проблему також потрібно вирішити. Фторування води проводиться шляхом обробки її фторвміщуючими реагентами: кремнефториста кислота H_2SiF_6 , кремнефтористий натрій Na_2SiF_6 , кремнефтористий калій K_2SiF_6 , кремнефтористий амоній $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$, кремнефтористий магній MgSiF_6 , кремнефтористий алюміній $\text{Al}_2(\text{SiF}_6)_3$, фтористоводнева кислота HF , фторид натрію NaF , фторид кальцію CaF_2 , фторид алюмінію AlF_3 . Фторвміщуючий реагент для фторування води вибирається залежно від конкретних умов, оскільки практично немає реагенту, який перевершує інші у всіх цих властивостях.

Незалежно від методу дозування фторвміщуючі реагенти вносяться в оброблювану воду в вигляді розчину. На системах водопостачання, в яких вода не обробляється коагулянтами, наприклад на артезіанських скважинах, реагент може бути введений у всмоктуючу трубу відцентрових насосів, а також у ємкість для зберігання води на місці, де в нього потрапляє вода.

Усі фтораторні установки за технологією підготовки розчинів фторвміщуючих реагентів можна класифікувати наступним чином: фтораторні установки сатураторного типу; з резервуарами для розчинення; з резервуарами для розчинення та затворення; із застосуванням кремнефтористоводневої кислоти.

Схема фтораторної установки сатураторного типу представлена на рисунку 6.1. Вона використовується у випадку використання малорозчинного кремнефториду натрію. Визначаючи об'єм сатирантів, час перебування в них приймається щонайменше 5 годин, швидкість висхідного потоку води в суброторі - не більше 0,1 мм/с. Побудова фтораторних установок сатураторного

типу доцільна для станцій продуктивністю до 50 тис. м³/доб., оскільки вони відносно компактні і дозволяють надавати дозування навіть без засобів автоматизації. На крупних станціях застосовують схеми з приготуванням фторвміщуючого реагенту в баках для розчинення, оскільки в сатураторі неможливо приготувати велику кількість розчину реагенту.

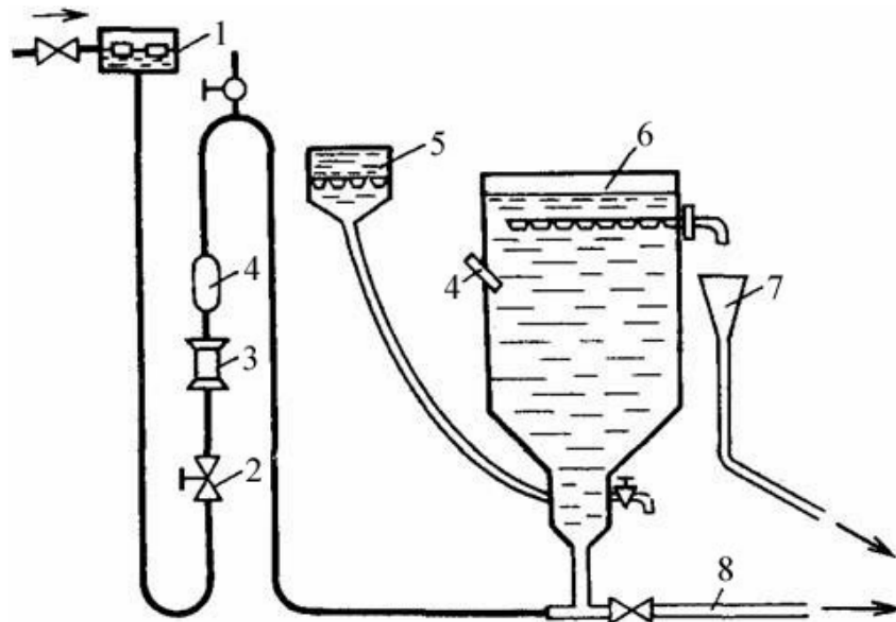


Рисунок 6.1 – Схема фтораторної установки сатураторного типу: 1 – бак постійного рівня; 2 – регулюючий вентиль; 3 – ротаметр; 4 – термометр; 5 – воронка прийому реагенту; 6 – сатуратор; 7 – прийом і відведення розчину реагенту; 8 – скидання в каналізацію

Фтораторні установки з баками для розчинення (рис. 6.2) є найбільш універсальними і можуть працювати на будь-якому фторвміщуючому реагенті. Для більшого розчинення реагенту резервуари мають механічну мішалку, або повітряну систему перемішування. Час перемішування – приблизно дві години. Після завершення перемішування розчин відстоюється і надалі подається насосом до напірного фільтру для освітлення, після чого він переноситься до місця введення. Для того щоб відбулось більш повне змішування води з

розчином реагенту останній вводиться перед ємністю з чистою водою або у всмоктуючий трубопровід насосів другого підйому.

Під час використання кремнефторидів натрію і амонію потрібно забезпечити заходи проти корозії резервуарів, трубопроводів і дозаторів.

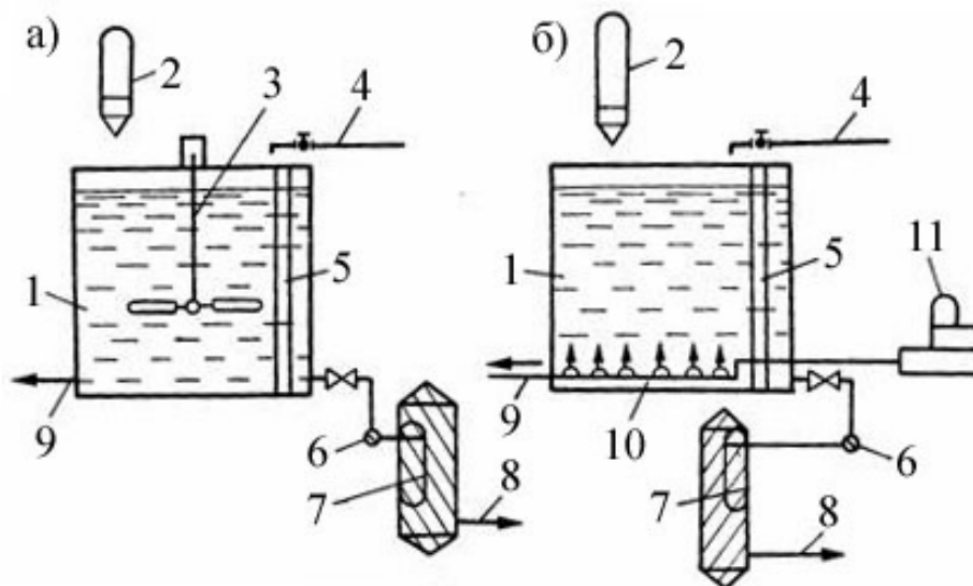


Рисунок 6.2 – Схема фтораторної установки з баком для розчинення з механічним перемішуванням (а) і з барботуванням (б): 1 – бак для розчинення; 2 – бункер з дозуючим пристроєм; 3 – механічна мішалка; 4 – подача води; 5 – поплачковий пристрій; 6 – насос; 7 – фільтр; 8 – фторопровід; 9 – скидання осаду; 10 – повітророзподільна система; 11 - повітророздувка

До складу фтораторних установок з баками для розчинення та затворення входять затворні баки і баки для розчинів (витратні), обладнані мішалками або системою для подачі повітря і бачком дозування. Як реагент найчастіше використовується фтористий натрій, розчинення якого найкраще відбувається при 75-80°C, для чого резервуар має вбудований електричний нагрівач. Концентрований розчин виливають у резервуар, заздалегідь на 1/3 наповнений водою; потім бак доповнюють водою до потрібної позначки і ретельно перемішують. Після вимірювання вмісту іона сполук фтору в розчині фторвміщуючий реагент подається в дозуючий бачок і потім в ємність з чистою водою.

Деякі станції використовують готовий розчин фторвміщуючого реагенту, такого як кремнефтористоводнева кислота, концентрацію якої доводять лише до розрахункової (рис. 6.3).

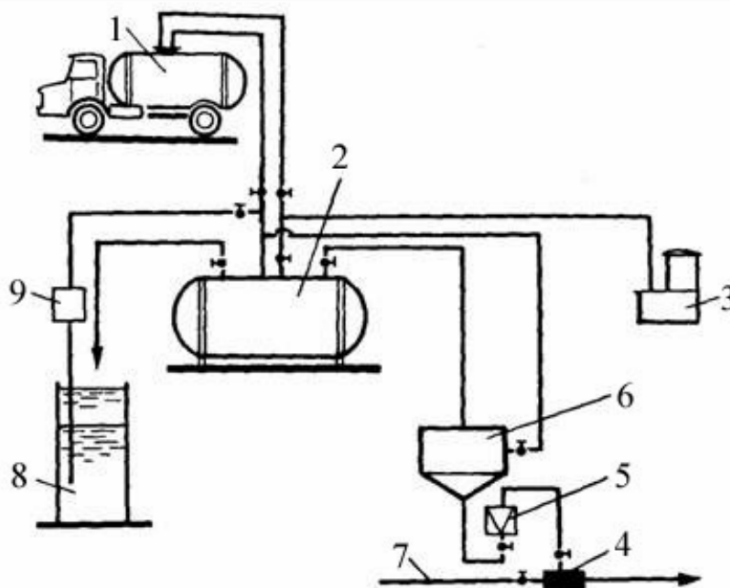


Рисунок 6.3 – Схема фтораторної установки з використанням кремнефтористоводневої кислоти: 1 – автоцистерна; 2 – стаціонарна цистерна; 3 – повітродувка; 4 – ежектор; 5 – ротаметр; 6 – бак-мірник; 7 – водопровід; 8 – ємкість; 9 – ручний насос

З великою продуктивністю, кількість та ємність резервуарів для зберігання, кількість насосів-диспенсерів тощо, відповідно збільшується. Порівняно з технологією фтору з твердими фторинними сполуками при обробці води кремнефтористоводневою кислотою не потребує дорогого обладнання, необхідного для розчинення фторвміщуючих сполук; крім того, немає необхідності в установках, розроблених для боротьби з токсичним пилом, неминучим при використанні порошкоподібних реагентів [37].

Щодо перевищених концентрацій нітратів у воді на території вінницької області, то існує велика кількість способів задля очищення її: метод зворотного осмосу, іонообмінний метод, хімічна денітрифікація та біологічна денітрифікація до якої відноситься гетеротрофна та автотрофна. Проте враховуючи що висока концентрація нітратів в воді спричинена антропогенним фактором, найкращим

вирішенням цієї проблеми було б не очищення води, а запобігання потрапляння сполук нітратів у неї. Для зменшення забруднення вод сільськогосподарського використання нітратами потрібно впроваджувати такі способи землеробства, які виключать порушення природного циклу кругообігу речовин і, в свою чергу, забезпечать безпечне нормоване застосування добрив, рівномірний їх розподіл по поверхні полів, обробка схилів таким чином, аби максимально знизити поверхневий стік; застосування амонійних форм азотних добрив, які у більшій мірі фіксуються ґрунтом, а також використовуються ґрунтовою мікрофлорою[55].

7 ЕКОНОМІЧНИЙ ФАКТОР ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Сьогодні для України актуальною проблемою є забезпечення раціонального використання водних ресурсів, оскільки неефективне водоспоживання може в майбутньому перерости в проблему дефіциту води для нащадків. Вплив людської діяльності на водні екосистеми характеризується масштабним залученням водних ресурсів для потреб різних галузей економіки. Для збереження водного фонду пропонується розробити заходи щодо оптимального водоспоживання та максимального усунення втрат води (рис.7.1).

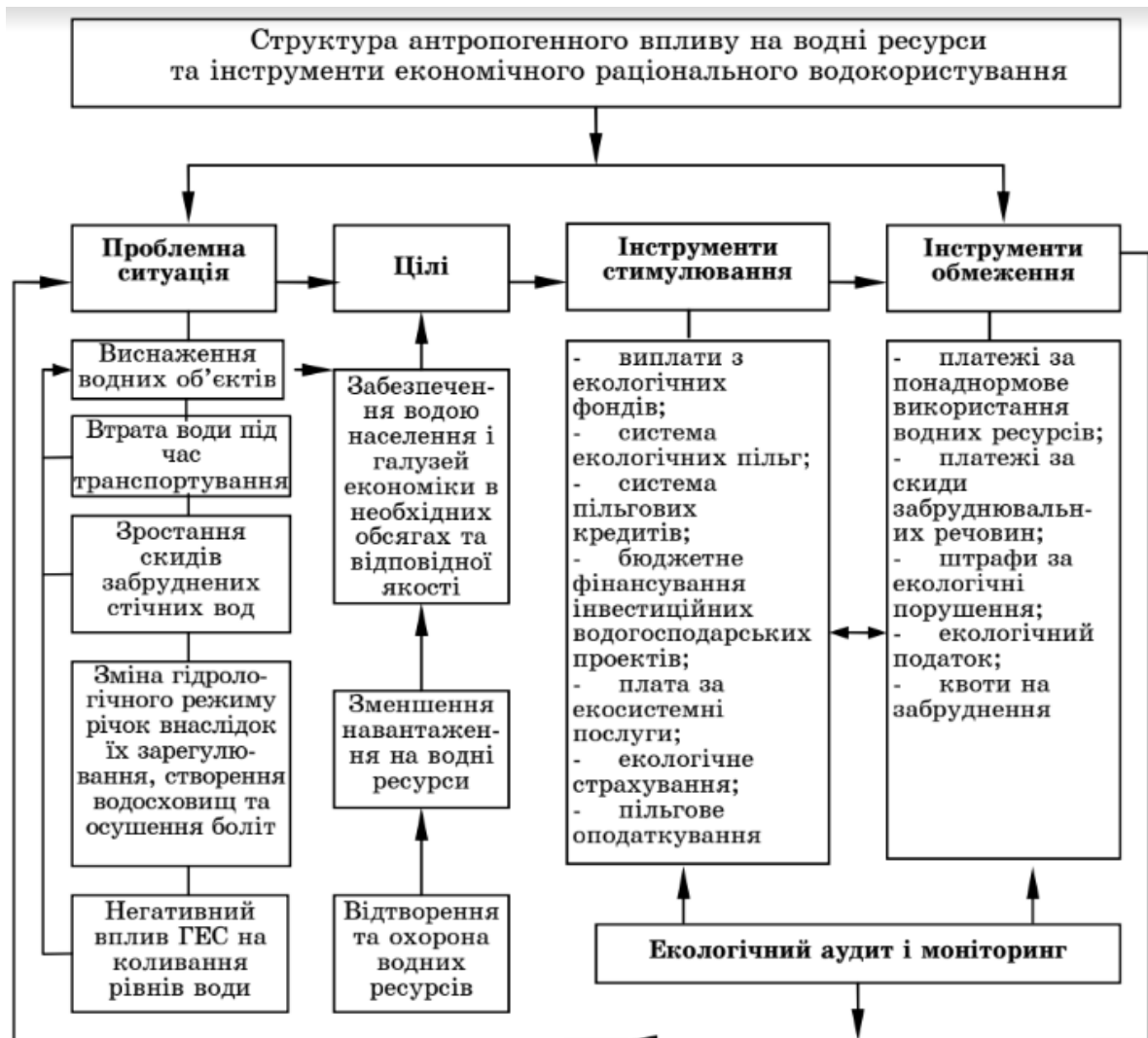


Рисунок 7.1 - Модель розв'язання еколого-економічних проблем водного господарства

Важливою складовою раціонального та ефективного використання водних ресурсів є зменшення втрат води під час її транспортування. Втрати води є однією з основних причин складної економічної ситуації на підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства. Необхідно відмітити, що більшість води, яка втрачається, вже пройшла необхідне очищення і підготовлена до споживання. Тому фактично такі втрати води означають прямі збитки для водопостачальних підприємств через втрату готової продукції (питної води та послуг з її транспортування).

Не менш важливе місце займає проблема підвищення ефективності використання вод промисловим комплексом України. В умовах становлення економічної самостійності суб'єктів господарювання (підприємств, регіонів), недостатності бюджетного фінансування, зниження ефективності державного контролю, необхідності зменшення негативного впливу екологічно шкідливих виробництв на природне середовище, особливо на водні екосистеми, важливим стає впровадження нових інструментів економічного регулювання водокористуванням, встановлення дієвого механізму управління розвитком водного господарства держави на ринкових засадах.

Досягнення позитивних результатів водокористування можливе за умови спільного використання адміністративних та економічних методів управління із чітким розмежуванням сфер їх діяльності. Підвищення ефективності роботи механізму раціонального водокористування потребує удосконалення економічного механізму водокористування, нормативно-правової бази та системи управління використанням та охороною вод (рис. 7.2). Пропонуємо розглянути структуру економічного механізму раціонального водокористування та збереження питних водних ресурсів у межах міста, виділивши лише два суб'єкти: водокористувача та контролюючий орган – державу [55].



Рисунок 7.2 - Структура економічного механізму забезпечення раціонального водокористування

Узагальненим показником ефективності використання водних ресурсів, що дозволяє зіставити обсяг витраченої води з результатами господарської діяльності, є водоемкість ВВП. Водоемкість показує, скільки водних ресурсів потрібно затратити для одержання одиниці ВВП.

У масштабах економіки країни в цілому вона може вимірятися в такий спосіб:

$$W = \frac{(R_1 + R_2)}{V} \quad (7.1)$$

де W — водоемкість валового внутрішнього продукту;

R_1 — річне споживання свіжої води;

R_2 — річний обсяг оборотного водопостачання;

V — вартість річного валового внутрішнього продукту.

Використовуючи дану формулу розрахуємо показник ефективного використання водних ресурсів України за 2015 – 2020 роки:

$$W_{2015} = \frac{(7125+40306)}{1979458} = 0,024$$

$$W_{2017} = \frac{(6853+38716)}{2982920} = 0,015$$

$$W_{2018} = \frac{(7363+34370)}{3558706} = 0,011$$

$$W_{2019} = \frac{(7318+33646)}{3974564} = 0,0103$$

$$W_{2020} = \frac{(7238+35432)}{4194102} = 0,0102$$

Результати розрахунку, а також дані для нього приведено у таблиці 7.1

Таблиця 7.1 – Розрахунок показників ефективності використання водних ресурсів за 2015 – 2020 роки

Показники	2015 рік	2017 рік	2018 рік	2019 рік	2020 рік
Річний обсяг ВВП, млн.грн.	1979458	2982920	3558706	3974564	4194102
Річне споживання води, млн.м ³	7125	6853	7363	7318	7238
Річний обсяг оборотного водопостачання, млн. м ³	40306	38716	34370	33646	35432
Показник ефективності використання водних ресурсів, м ³ /грн.	0,024	0,015	0,011	0,0103	0,0102

Графічне зображення динаміки змін водоемкості валового внутрішнього продукту наведені на рисунку 7.3

Водоемкість валового внутрішнього продукту

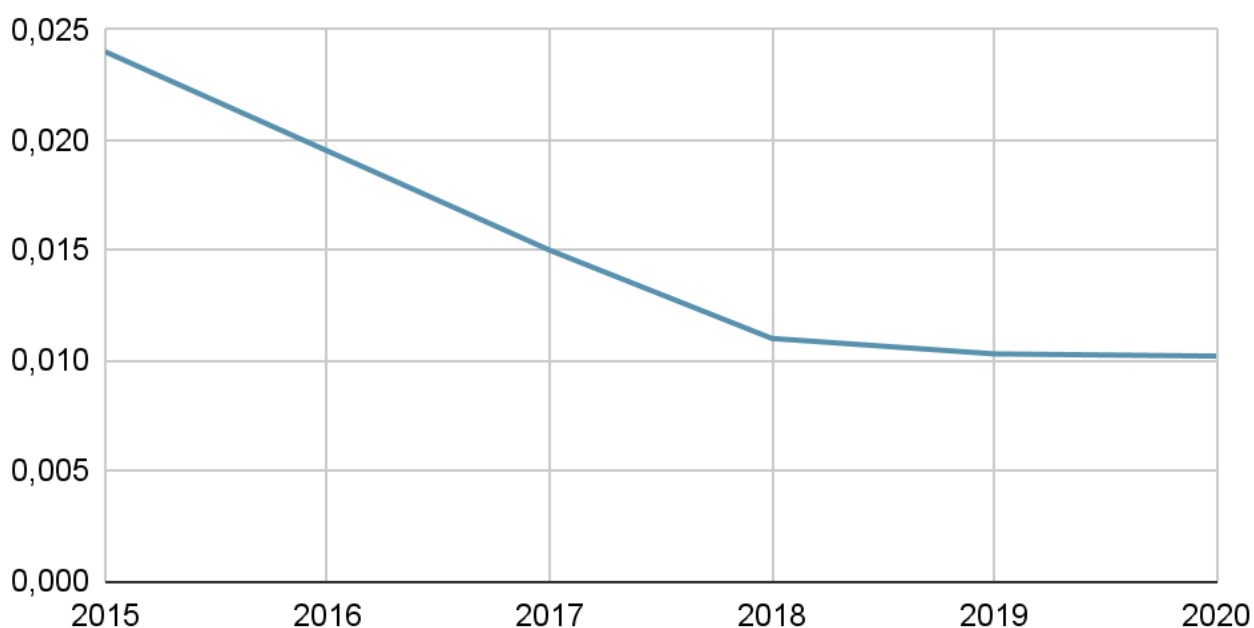


Рисунок 7.3 - Динаміка змін водоемкості внутрішнього валового продукту

Як бачимо, щороку показник ефективності використання водних ресурсів стрімко знижується, що свідчить про знецінення використання такого вичерпного та вагомого ресурсу, як вода.

Основним резервом підвищення ефективності використання водних ресурсів є скорочення споживання в основних галузях, особливо це стосується питної води. Другий напрямок - ліквідація численних втрат води на всіх етапах її використання у виробничому та особистому споживанні [56].

ВИСНОВКИ

В магістерській дипломній роботі було проведено оцінку якості води з джерел децентралізованого водопостачання за деякими санітарно-хімічними показниками.

Було проаналізовано природні води та оцінено їх якість. Тобто було охарактеризовано природні води з джерел децентралізованого водопостачання, та хімічний склад питної води. А також було наведено санітарно-хімічні показники питної води та їх вплив на живі організми.

Далі було виконано аналіз загроз докільню сполук феруму, фтору та нітратів у воді, зокрема було розглянуто джерела їх походження, вплив на живі організми, а також було встановлено, що ці сполуки є важливим елементом для забезпечення нормального функціонування організму людини. Та розглянуто основні способи очищення вод від сполук феруму та фтору.

Крім того було здійснено огляд методів визначення сполук феруму, фтору та нітратів у воді. Зокрема, охарактеризовано методи дослідження сполук феруму, фтору та нітратів а також нормативи їх вмісту у водах. Встановлено, що нормативи вмісту сполук феруму можуть мати різні значення залежно від того для чого вода буде використовуватись, а також що нормативи вмісту фторидів можуть відрізнятись в залежності від кліматичних зон.

Виконано оцінку якості води з джерел децентралізованого водопостачання за деякими санітарно-хімічними показниками, а саме, проведено визначення вмісту феруму, фтору та нітратів у воді з джерел децентралізованого водопостачання. І також здійснено екологічну оцінку якості питної води за вмістом феруму, фтору та нітратів. В результаті чого було встановлено, що критичного перевищення нормативів вмісту загального феруму та фтору немає, але ситуація з сполуками нітратів складається набагато гірше.

Було розглянуто можливі рекомендації по підвищенню екологічної безпеки сполук феруму, фтору та нітратів у воді. В результаті чого було

визначено основні напрямки дій, що могли б покращити ситуацію, що стосується цього питання.

Розраховано показник ефективного використання водних ресурсів та розглянуто можливі способи його підвищення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Копитін А. М. Сільське питне водопостачання в Україні / А. М. Копитін, І. П. Слободенюк – Швейцарсько-укр. проект “Підтримка децентралізації в Україні” DESPRO, Всеукр. благод. орг. “Ін-т місц. розвитку”. – К., 2009. – 181 с.
2. Сорокіна К. Б. Водопостачання та водовідведення / К. Б. Сорокіна. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 81 с.
3. Бардов В. Г. Гігієна та екологія / В. Г. Бардов. – Київ: Вінниця: Нова книга, 2006. – 720 с.
4. Набиванець Б. Й. Аналітична хімія природного середовища / Б. Й. Набиванець, В. В. Сухан, Л. В. Калабіна. – К. : Либідь, 1996. – 304 с.
5. Хільчевський В. К. Основи Гідрохімії / В. К. Хільчевський, В. І. Осадчий, С. М. Курило. – К. : Ніка-Центр, 2012. – 311 с.
6. Хільчевський В. К. Загальна гідрологія / В. К. Хільчевський, О. Г. Ободовський. – К. : Київський університет, 2008. – 398 с.
7. Шумигай І. В. Радіоекологічна та токсикологічна характеристика води річки Уж / І. В. Шумигай. // Agroecological Journal.– 2016. – № 1. – С.152–156.
8. Кравченко М. В. Фізико-хімічний аналіз природної питної води різних джерел водопостачання / М. В. Кравченко. // Екологічна безпека та природокористування. – 2015. – №3. – С. 52–60.
9. Юрасов С. М. Оцінка якості природних вод / С. М. Юрасов, Т. А. Сафранов, А. В. Чугай. – Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2011. – 164 с.
10. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод : Підручник. – К.: Ніка – Центр, 2001. – 264 с.
11. Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10) [Електронний ресурс] // Верховна Рада України Законодавство України. – 2019. – Режим доступу до ресурсу:

https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10?find=1&text=%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%8F+1#w1_4.

12. Ліщенко І. Р. Аналіз якості питної води [Електронний ресурс] / І. Р. Ліщенко // Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2019/paper/view/7645>.

13. Нечитайло Л. Я. Порівняльний аналіз хімічного складу води рівнинної зони Прикарпаття / Л. Я. Нечитайло, Г. М. Ерстенюк. // Івано-Франківський національний медичний університет. – 2011. – С. 282–286.

14. Лотоцька О. В. Якість питної води як одна з детермінант громадського здоров'я в західному регіоні України / О. В. Лотоцька, В. А. Кондратюк, С. В. Кучер. // Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. – 2019. – №1. – С. 12–18.

15. Якісна питна вода – основа здоров'я людини. // Мистецтво лікування. – 2014. – №2. – С. 40–42.

16. Рабченюк О. О. Ферум у водних екосистемах: форми знаходження біологічне значення та токсичність для риб / О. О. Рабченюк, В. О. Хоменчук, В. З. Курант. // Огляди. – 2016. – С. 107–119.

17. Кондиціонування води окисленням двовалентного заліза в електролізерах / В. В.Скіра, І. Л. Тимофєєв, А. Д. Молчанов, І. А. Карпінська. // Національний університет “Львівська політехніка”. – 2004. – С. 125–127.

18. Аристархова Е. О. Сезонна динаміка сполук мангану і феруму у поверхневих водах водозабору Відсічне р. Тетерів / Е. О. Аристархова. // Scientific Journal «ScienceRise:Biological Science». – 2018. – С. 10–14.

19. Твердохліб М. М. Інтенсифікація процесів очищення води від сполук заліза та марганцю / М. М. Твердохліб. – Київ: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", 2019. – 236 с.

20. Деремешко Л. А. Екологічно обґрунтоване очищення води від фторидів баромембранними методами з переробкою відходів / Л. А. Деремешко. – Київ: Інститут колоїдної хімії та хімії води імені А. В. Думанського НАН України, 2019. – 187 с.

21. Федоров Ю. А. Роль фтору в життєдіяльності організму: аргументи, факти, оцінки / Ю. А. Федоров. // Профілактична та дитяча стоматологія. – 2014. – №2. – С. 13–16.

22. Кузмінчук А. Фтор у воді [Електронний ресурс] / А. Кузмінчук // Ecosoft. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://ecosoft.ua/ua/blog/fluorine/>.

23. Сердюкова О. О. Гідрохімічні особливості фтора у зоні гіпергенезу Донбасу та деякі аспекти його впливу на живі організми / О. О. Сердюкова. // Вісник Харківського національного університету. – 2013. – №1084. – С. 243–246.

24. Нітрати в воді [Електронний ресурс] // Ecosoft – Режим доступу до ресурсу: <https://ecosoft.ua/ua/blog/nitraty-v-vode/>.

25. Далевська І. О. Методи визначення нітратів у питній воді / І. О. Далевська, Н. М. Кравець. // Вінницький національний технічний університет. – С. 3.

26. Андронов В. А. Промислова екологія / В. А. Андронов, О. П. Шароватова. – Харків: НУЦЗУ, 2012. – 186 с.

27. Горобець А. О. Вітаміни і мікроелементи як специфічні регулятори фізіологічних та метаболічних процесів в організмі дітей та підлітків / А. О. Горобець. // Український журнал Перинатологія і Педіатрія. – 2019. – №4. – С. 75–92.

28. Куницький С. О. Підготовка підземних вод при контактному знезалізненні на пінополістерольних фільтрах / С. О. Куницький. // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2013. – №1. – С. 85–91.

29. Макро- та мікроелементи (обмін, патологія та методи визначення): монографія / [М. В. Погорелов, В. І. Бумейстер, Г. Ф. Ткач та ін.]. – Суми : СумДУ, 2010. – 147 с.

30. Тригуб В. І. Фізіологічна роль фтору: медико-географічні аспекти (огляд літератури) / В. І. Тригуб. // Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. – 2013. – №2. – С. 93–100.

31. Демчина М. Отруєння нітратами та нітритами: у чому небезпека? [Електронний ресурс] / М. Демчина // Львівська міська рада. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://city-adm.lviv.ua/news/science-and-health/medicine/235294-otrueniennia-nitrata-mu-ta-nitrytamy-u-chomu-nebezpeka>.

32. Бондаренко Ю. Г. Еколого-гігієнічна оцінка сумарного надходження нітратів в організм людини [Електронний ресурс] / Ю. Г. Бондаренко // Черкаський обласний лабораторний центр МОЗ України. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://www.oblses.ck.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=1899:2020-06-18-09-39-08&catid=86:2018-02-14-12-19-27&Itemid=50.

33. Епідеміологічна оцінка впливу нітратів питної води децентралізованих джерел водопостачання [Електронний ресурс] / Ю. Г. Бондаренко, О. С. Джулай, В. М. Рябовол, С. С. Нікітюк // Черкаський обласний лабораторний центр МОЗ України. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://www.oblses.ck.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=1600:2019-02-22-09-31-57&catid=86:2018-02-14-12-19-27&Itemid=50.

34. Орлов В. О. Дослідження та аналіз роботи водоочисного комплексу смт Гоща / В. О. Орлов, С. Ю. Мартинов, С. О. Куницький. // Вісник НУВГП. – 2016. – №1. – С. 140–147.

35. Орлов В. О. Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням / В. О. Орлов. – Рівне: Національний університет водного господарства та природокористування, 2008. – 160 с.

36. Яворський В. Т. Перспективні напрямки очищення свердловинних вод від сполук феруму / В. Т. Яворський, Л. В. Савчук, О. І. Рубай. // Національний університет “Львівська політехніка”. – 2011. – С. 50–54.

37. Сорокіна К. Б. Спецкурс з очистки природних вод / К. Б. Сорокіна. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 113 с.

38. Калюжний А. П. Спеціальні методи підготовки води / А. П. Калюжний. – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – 82 с.

39. Jensen. Drinking Water Treatment for Nitrate // V.B. Jensen, J.L. Darby, C. Seidel ; Crit. Rev. Environ. Sci. Technol., 2014. – pp. 2203–2286.

40. Осипенко В. О. Разработка физико-химических основ процессов экологически благоприятной мембранной очистки нитратсодержащих вод: дис. ... канд. техн. наук : 21.06.01 – экологическая безопасность / Осипенко Вера Олеговна ; И-т коллоид. хим. и хим. воды им. А.В. Думанского. – Киев, 2015. – 121 с.

41. Аналітична хімія. Підручник для вищих навчальних закладів / А.С. Алемасова, В.М. Зайцев, Л.Я. Єнальєва, Н.Д. Щепіна, С.М. Гождзінський / Під ред. В.М. Зайцева. – Донецьк: ДонНУ, 2009. – 415 с.

42. Грунтознавство: підручник для університетів. У 2 ч. / Под ред. В. А. Ковда, Б. Г. Розанова. Ч. 1. Ґрунт і ґрунтоутворення / Богатирьов Л. Г., Василівська В. Д., Владиченській А. С. та ін - Київ: Видавництво Вища школа, 1988. 368 с.

43. ГОСТ 4386-89 Методы определения массовой концентрации фторидов [Електронний ресурс] // Електронний фонд правових і нормативно-технічних документів. – 1991. – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.cntd.ru/document/1200012569>.

44. Калініченко І. О. Спосіб фотометричного визначення нітратів у джерелах водопостачання / І. О. Калініченко, Л. М. Демуцька., 2013. – 8 с.

45. Лебедєва Н. КОНТРОЛЬ ВМІСТУ НІТРАТІВ І ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В ОВОЧАХ, ФРУКТАХ ТА ІНШИХ ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ.

Додаток А
Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕХТЗД
Д.т.н., професор
_____ В.Г.Петрук
(підпис)

« 04 » _____ жовтня _____ 2022 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

«Екологічна безпека і енергоефективність залізничного транспорту»
за спеціальністю 183 – Технології захисту навколишнього середовища
08-12. МКР.111.01.203 ТЗ

Керівник магістерської кваліфікаційної
роботи: к.т.н., доцент

_____ В.А. Іщенко
(підпис)

« 04 » _____ жовтня _____ 2022 р.

Розробив: студент групи ТЗД-21м

_____ З.І. Римар
(підпис)

« 04 » _____ жовтня _____ 2022 р.

1. Підстава для проведення робіт

Підставою для виконання роботи є наказ № 203 по ВНТУ від « 14 » вересня 2022 р., та індивідуальне завдання на МКР, затверджене протоколом № 4 засідання кафедри ЕХТЗД від « 28 » вересня 2022 р.

2. Мета роботи. оцінка впливу на довкілля залізничного транспорту, а також розробка ресурсоенергозберігаючих заходів та рекомендацій щодо зменшення його негативного впливу на довкілля.

3. Вихідні дані для проведення робіт.

Питомі викиди шкідливих речовин від залізничного транспорту (табл. 1.1)

4. Методи дослідження.

Методи оцінки впливу на довкілля, методи статистичної оцінки.

5. Етапи роботи і терміни їх виконання

№ з/п	Найменування етапів МКР	Термін виконання
1.	Розробка технічного завдання.	04. 10. 2022
2.	Пошук інформації та характеристика природних вод та їх якісна оцінка	11. 10. 2022
3.	Дослідження небезпеки сполук феруму фтору та нітратів у воді	18. 10. 2022
4.	Ознайомлення з способами очищення вод від забрудників	25. 10. 2022
5.	Огляд методів визначення сполук феруму, фтору та нітратів у воді	01. 11. 2022
6.	Проведення оцінки якості води з джерел децентралізованого водопостачання за деякими санітарно-хімічними показниками	08. 11. 2022
7.	Розробка рекомендацій по підвищенню екологічної безпеки сполук феруму, фтору та нітратів у воді	15. 11. 2022
8.	Проведення розрахунків показника економічної ефективності використання водних ресурсів	22. 11. 2022
9.	Підготовка висновків, додатків і переліку літератури.	29. 11. 2022

6. Призначення і галузь використання

Результати роботи можуть бути використані екологічними організаціями та державними органами екологічного контролю для моніторингу якості природних вод.

7. Вимоги до розробленої документації


Пояснювальна записка та графічна частина

8. Порядок приймання роботи

Публічний захист роботи « 20 » грудня 2022 р.

Початок розробки « 28 » вересня 2022 р.

Граничні терміни виконання МКР « 13 » грудня 2022 р.

Розробив студент групи ТЗД-21м  Римар Зоряна Ігорівна
(підпис)

Додаток Б
ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Екологічна безпека і енергоефективність залізничного транспорту

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ екології, хімії та технологій захисту довкілля

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 94,1% Схожість 5,9%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Матусяк М.В.

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи

Автор роботи  Римар З.І.

Керівник роботи  Іщенко В.А.

Додаток Б
ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Екологічна безпека і енергоефективність залізничного транспорту

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ екології, хімії та технологій захисту довкілля

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 94,1% Схожість 5,9%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Матусяк М.В.

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи

Автор роботи _____

Римар З.І.

Керівник роботи _____

Іщенко В.А.

Додаток В

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВОДИ З ДЖЕРЕЛ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО
ВОДОПОСТАЧАННЯ**

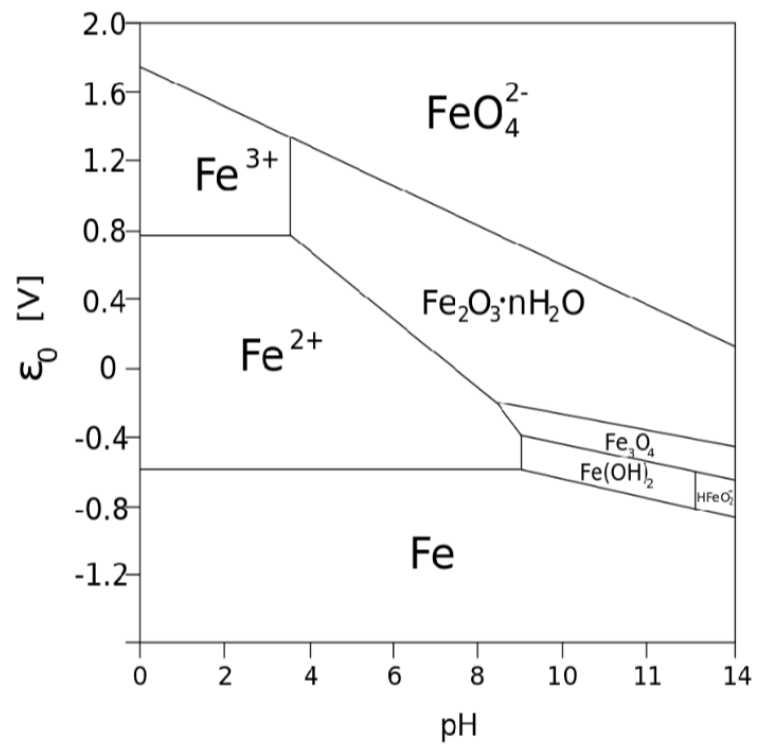


Рисунок В.1. – Діаграма Пурбе форм існування заліза у воді

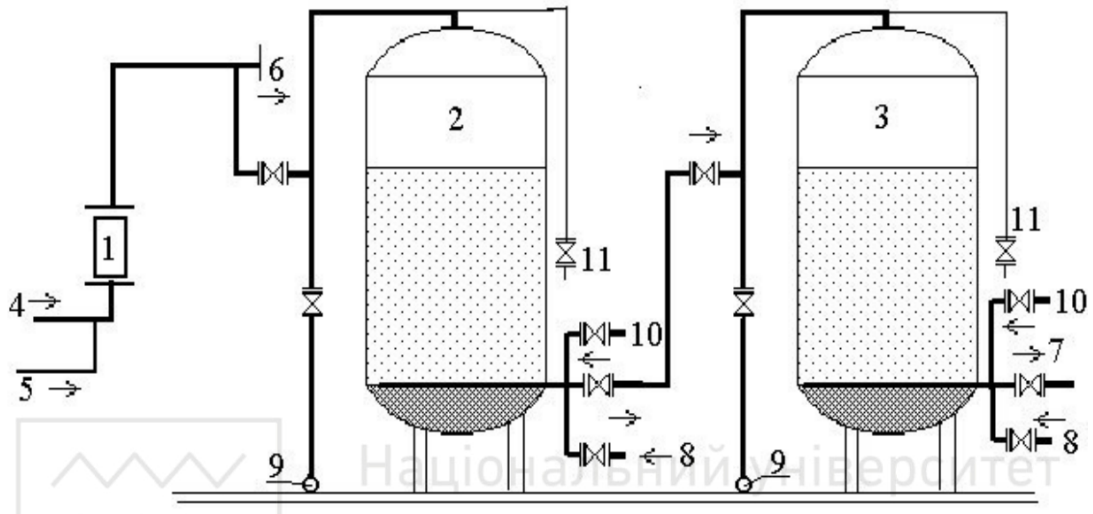


Рисунок В.2 – Схема двоступеневої напірної установки для знезалізнення води:

1 – змішувач води і повітря; 2 – фільтр першого ступеня; 3 – фільтр другого ступеня; 4 – подача вихідної води; 5 – подача повітря від ресивера; 6 – подача води на паралельні фільтри; 7 – відведення очищеної води; 8 – подача промивної води; 9 – відведення промивної води; 10 – подача повітря; 11 – повітряна труба.

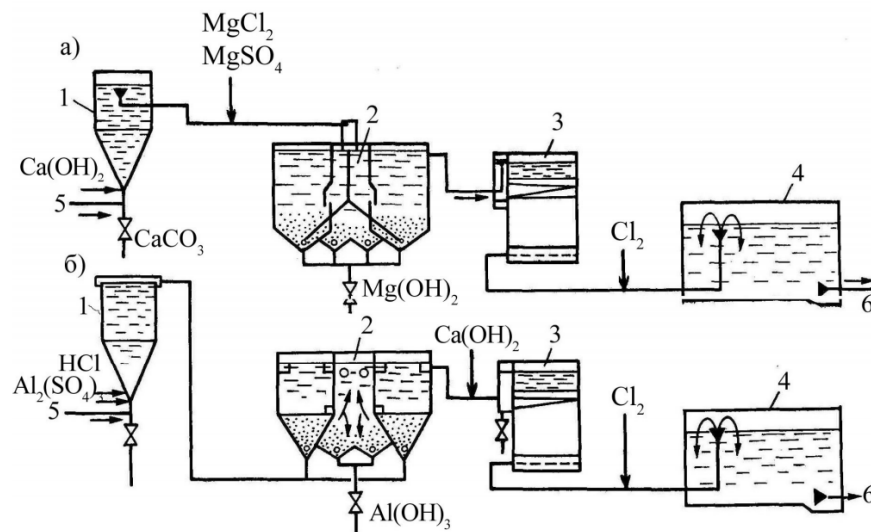


Рисунок В.3. – Технологічна схема дефторування води свіжоосажденим гідроксидом магнію (а) і алюмінію (б): 1 – змішувач; 2 – освітлювач із завислим осадом; 3 – фільтр; 4 – РЧВ; 5, 6 – введення вихідної і відведення знефтореної ВОДИ.

Таблиця В.1 – Значення нормативів якості поверхневих вод

Елемент	ГОСТ 2874-82	ДСТУ ГОСТ 27384–2005		СанПиН 4630-88	Рибогоспода рська вода	Рекомендаці я ІКХХВ
	ГДК, мкг/дм ³	ГДК, мкг/дм ³	±δ, %	ГДК, мкг/дм ³ , питна вода,	ГДК, мкг/дм ³	ГДК, мкг/дм ³
	I	II	III	IV	VII	VIII
Залізо загаль не	300	300	25	300	100	<300
Фторид и	700-150 0	1200-15 00	15	700-1500	50	700-1500
Нітрати	45000	45000	15	45000	40	<45000

Водоємкість валового внутрішнього продукту

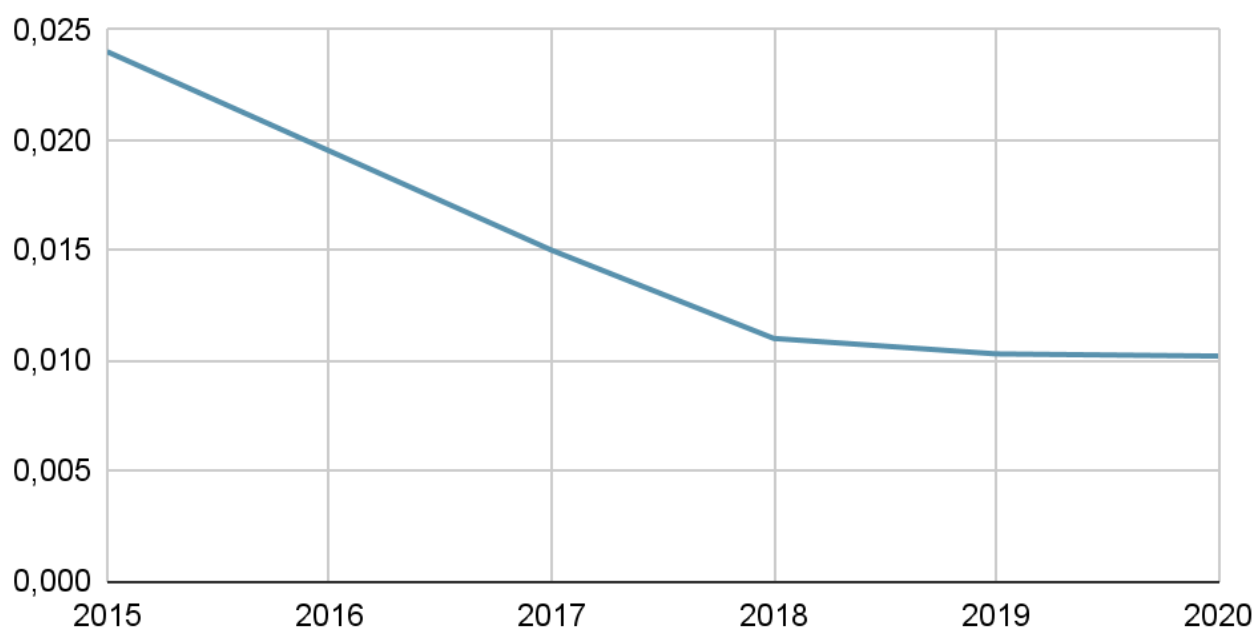


Рисунок В.4 - Динаміка змін водоємкості внутрішнього валового продукту

Додаток Г
Вихідні дані

Таблиця Г.1 – Значення оптичної густини розчинів в залежності від вмісту феруму

Номер проби	Оптична густина
1	0,025
2	0,075
3	0,025
4	0,05
5	0,28
6	0,125
7	0,1
8	0,09

Таблиця Г.2 – Значення потенціалу розчинів в залежності від вмісту фтору

Номер проби	Потенціал розчину, мВ
1	328
2	332
3	327
4	328
5	329
6	330
7	335
8	329

Таблиця 5.5 – Вміст нітратів у досліджених зразках колодязьної води

Номер проби	Нітрати, мг/дм ³
1	83,7
2	498,2
3	23,4
4	174,3
5	65,5
6	115,3