

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології та екологічної безпеки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Екологічно безпечні технології підготовки питної
води та оцінка її якості»

Виконав: студент 2-го курсу, групи ТЗД-20м
спеціальності 183 – Технології захисту
навколишнього середовища

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

ЗНП

Запрелюк М. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.х.н., доцент каф. ЕЕБ

[підпис]

Сидорук Т. І.

(прізвище та ініціали)

« 15 » грудня 2021 р.

Опонент: к. т. н., доцент

[підпис]

Гордієнко О. А.

(прізвище та ініціали)

« 15 » грудня 2021 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕЕБ

[підпис]
проф. Петрук В. Г.

(прізвище та ініціали)

« 15 » грудня 2021 р.

Вінниця ВНТУ - 2021 рік

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Факультет Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

Кафедра Екології та екологічної безпеки

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 2021 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Запрелюк Марії Сергіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Екологічно безпечні технології підготовки питної води та оцінка її якості»

керівник роботи Сидорук Тетяна Іванівна

затверджені наказом вищого навчального закладу від «24» вересня 2021 року №277

2. Строк подання студентом роботи «15» грудня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи: витрати на хлорування та вартість озонаторних установок

4. Зміст текстової частини:

1. Характеристика природних вод
2. Основні показники якості питної води
3. Екологічно безпечні технології підготовки питної води
4. Оцінка якості питної води за показниками її хімічного складу
5. Еколого-економічне обґрунтування ефективності модернізації обладнання

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Основні поверхневі джерела водопостачання України
2. Зосередження підземних вод на території України
3. Мікробіологічні показники безпеки питної води
4. Паразитологічні показники безпеки питної води

5. Схема технологічних споруд водоочисних станцій з вертикальним відстійником і швидкими фільтрами
6. Схема підготовки питної води в Нідерландах
7. Схема підготовки питної води в Іври-сюр-Сен (Париж)
8. Практичні умови дезінфекції
9. Зразки води, відібрані для аналізу
10. Результати вимірювань

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
5 Еколого-економічне обґрунтування ефективності модернізації обладнання	доц. каф. ПЛМ Краєвська Алла Станіславівна		

7. Дата видачі завдання «28» вересня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка технічного завдання.	05.10.2021	
2.	Літературний огляд та характеристика природних вод	12.10.2021	
3.	Аналіз основних показників якості питної води	26.10.2021	
4.	Дослідження екологічно безпечних технологій підготовки питної води	09.11.2021	
5.	Оцінка якості питної води за показниками її хімічного складу	23.11.2021	
6.	Проведення еколого-економічного обґрунтування ефективності модернізації обладнання	30.11.2021	
7.	Підготовка висновків, додатків і переліку літератури.	15.12.2021	

Студент _____
(підпис)

Запрелюк М. С.

Керівник роботи _____
(підпис)

Сидорук Т. І.

АНОТАЦІЯ

УДК 504.054

Запрелюк М. С. «Екологічно безпечні технології підготовки питної води та оцінка її якості». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 183 – «Технології захисту навколишнього середовища», освітня програма – «Технології захисту навколишнього середовища». Вінниця: ВНТУ, 2021. 81 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 21 назва; рис.: 9; табл.: 14.

У магістерській кваліфікаційній роботі охарактеризовано природні води як джерела водопостачання. Також були наведені основні показники якості питної води. Проаналізовані екологічно безпечні технології підготовки питної води. Була проведена оцінка якості питної води за показниками її хімічного складу. Розраховано еколого-економічну ефективність модернізації обладнання.

Ключові слова: питна вода, показники якості, бутильована вода, технології дезінфекції, хлорування, озонування, озонаторна установка.

ABSTRACT

Zapreliuk M. S. " Ecologically safe technologies of drinking water preparation and assessment of its quality". Master's qualification work in the specialty 183 – "Environmental Protection Technologies", educational program – "Environmental Protection Technologies". Vinnytsia: VNTU, 2021. 81 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 21 titles; fig.: 9; tabl.: 14.

The master qualification work describes natural waters as sources of water supply. The main indicators of drinking water quality were also presented. Ecologically safe technologies of drinking water preparation are analyzed. The quality of drinking water was assessed according to its chemical composition. The ecological and economic efficiency of equipment modernization is calculated.

Keywords: drinking water, quality indicators, bottled water, disinfection technologies, chlorination, ozonation, ozonation plant.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ВОД	8
1.1 Хімічний склад природних вод	8
1.2 Характеристика природних вод як джерела водопостачання	14
2 ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ	18
2.1 Показники епідемічної безпеки	19
2.2 Санітарно-хімічні показники	21
2.3 Радіологічні показники	24
2.4 Інтегральні показники	26
3 ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ ВОДИ.....	32
3.1 Системи підготовки питної води	32
3.1.1 Технологічні схеми підготовки питної води в Україні	32
3.1.2 Тенденції сучасних методів підготовки води у світі	35
3.2 Підготовка бутильованої води	44
3.3 Вибір оптимальної системи для дезінфекції питної води	47
4 ОЦІНКА ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЇЇ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ	52
4.1 Визначення деяких показників хімічного складу питної води	52
4.2 Екологічна оцінка якості питної води	59
5 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ	62
5.1 Витрати на хлорування	62
5.2 Визначення потреб в озонаторах	62
5.3 Загальна економічна ефективність природоохоронних заходів	65
ВИСНОВКИ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	71
Додаток А Технічне завдання	77
Додаток Б Місця відбору проб	79

Додаток В Основні джерела водопостачання України	80
Додаток Г Зосередження підземних вод на території України	81

ВСТУП

Актуальність. Прісна вода – основа людського існування; її відсутність несумісна з життям, а вода поганої якості гальмує або повністю виключає нормальний розвиток країн та цивілізацій. Експерти прогнозують, що до 2030 року від нестачі прісної води страждатиме 47%, а до 2050 року – 75% населення Землі. Саме тому необхідна та належна кількість ресурсів прісної води визначає розвиток економіки та здоров'я всіх країн без винятку.

Практично всі джерела поверхневих вод в Україні були забруднені за останні десять років. Через низьку якість очищення промислових, сільськогосподарських, побутових, стічних вод приплив забруднених стічних вод у поверхневі водні об'єкти не знижується, хоча використання води у господарській діяльності скоротилося більш ніж удвічі порівняно з початком 1990-х років.

Тому необхідно впроваджувати нові ефективні та ресурсозберігаючі технології в галузі очищення води, щоб знизити навантаження на навколишнє середовище та мінімізувати обсяг очищення стічних вод.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дана робота виконувалась відповідно науковому напрямку кафедри екології та екологічної безпеки ВНТУ.

Метою роботи є оцінка якості питної води, аналіз сучасних технологій підготовки води та розробка оптимальної системи для дезінфекції питної води.

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

1. Охарактеризувати природні води як джерело водопостачання.
2. Проаналізувати основні показники якості питної води.
3. Проаналізувати сучасні технології підготовки та дезінфекції питної води.
4. Провести оцінку якості питної води за показниками її хімічного складу.

5. Розрахувати еколого-економічну ефективність від модернізації обладнання на підприємстві.

Об'єкт досліджень – технологічний процес очищення стічних вод на підприємстві КП “Вінницяоблводоканал”.

Предмет досліджень – впровадження модернізації системи очищення стічної води.

Новизна одержаних результатів. Обґрунтована еколого-економічна ефективність модернізації обладнання на КП “Вінницяоблводоканал”.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

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

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

1. Запрелюк М. С. Оцінка якості питної води за деякими показниками хімічного складу. Матеріали XLVII Науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету, 2018. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-ebmd/all-ebmd-2018/paper/view/4305/3501>

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ВОД

1.1 Хімічний склад природних вод

Природною називають воду, яка якісно і кількісно формується під впливом природних процесів за відсутності антропогенного впливу і якісні показники якої знаходяться на природному середньому багаторічному рівні [1]. В природних умовах вода не існує в хімічно чистому вигляді через те, що є одним з найкращих природних розчинників. Вода в процесі колообігу контактує з різноманітними гірськими, осадовими породами, ґрунтами та розчиняє певну кількість речовин, що містяться в них. Вода розчиняє також гази, що надходять з глибин землі, та абсорбує гази з атмосфери [2, 3]. Тобто, природною водою називають водний розчин речовин, що зустрічається в природних умовах.

На формування хімічного складу природних вод прямо чи опосередковано впливає низка чинників [4]:

- фізико-географічні (рельєф, клімат, вивітрювання, ґрунтовий покрив);
- геологічні (склад гірських порід, тектонічна будова, гідрогеологічні умови);
- фізико-хімічні (хімічні властивості елементів, кислотно-лужні та окисно-відновні умови, змішування вод і катіонний обмін);
- біологічні (діяльність рослин і живих організмів);
- штучні (антропогенні, техногенні) – всі фактори, пов'язані з діяльністю людини.

У природній воді містяться розчинені гази, неорганічні та органічні сполуки у вигляді зависей, колоїдних, іонно-молекулярних розчинених форм [2–4], які відносять до п'яти основних груп:

- розчинені гази – кисень, вуглекислий газ, сірководень, метан тощо;
- головні іони (макрокомпоненти) – гідрокарбонат-, карбонат-, хлорид-, сульфат-іони, іони кальцію, магнію, натрію, калію;

- біогенні елементи – сполуки нітрогену, фосфору, силіцію та феруму;
- мікроелементи – сполуки всіх інших хімічних елементів;
- органічні речовини – карбонові кислоти, гумусові та фульвокислоти, естери, спирти, білки, амінокислоти, аміни, пестициди, синтетичні поверхнево-активні речовини, феноли, нафтопродукти тощо.

З розчинених у воді газів найпоширенішими у поверхневих водах є кисень і вуглекислий газ, в підземних – сірководень і метан. На вміст кисню у воді впливають дві групи протилежних процесів – які підвищують (процес абсорбції водою кисню атмосфери, виділення кисню водяною рослинністю при фотосинтезі) і які знижують його концентрацію (окиснення органічних та неорганічних речовин, дихання гідробіонтів) [4].

Вуглекислий газ присутній у всіх природних водах у вигляді розчинених молекул газу CO_2 і карбонатної кислоти H_2CO_3 . Головними джерелами вуглекислого газу у природних водах є процеси окиснення органічних речовин, дихання тварин та поглинання його з атмосфери. Зменшення вмісту CO_2 відбувається головним чином внаслідок фотосинтезу [5]. Кількість вуглекислого газу в поверхневих водах не перевищує 10 мг/дм^3 , його вміст у підземних водах досягає кількох десятків мг/дм^3 , а в мінеральних водах – сотень і тисяч мг/дм^3 . Найменше його в поверхневих водах через постійне вирівнювання з атмосферою. Найвищий вміст діоксиду вуглецю припадає на період льодоставу [6].

Сірководень – газ з неприємним специфічним запахом – утворюється у воді шляхом розкладання сульфурвмісних органічних сполук, розчинення мінеральних солей. У поверхневих водах сірководень або відсутній, або в незначних кількостях зустрічається переважно в придонних шарах, особливо взимку. Цей газ широко поширений у підземних водах, особливо у вулканічних регіонах та на нафтогазових родовищах, де його вміст може досягати $1000 - 2000 \text{ мг/дм}^3$ [4, 6].

Невелика кількість метану міститься у проточних природних водах. Однак метан міститься у болотних водах (болотний газ), у водах озер та інших водоймах

у придонних шарах. Метан в основному зустрічається в підземних водах на значних глибинах [7].

Макроелементи – хлориди, сульфати, карбонати натрію, калію, кальцію та магнію – надходять до природних вод переважно внаслідок розчинення у воді різних гірських порід, мінералів, солей тощо [2]. Так, основним джерелом лужних металів у воді є продукти, що утворюються при вивітрюванні алюмосилікатів, а для натрію – ще і його поклади у вигляді натрій хлориду. Вапняк, доломіт, алюмосилікати розчиняються карбонатною кислотою, що міститься у воді, в результаті цього у воду надходять іони кальцію та магнію. Іншим джерелом іонів кальцію у природних водах є гіпс [3]. Іон кальцію є головним катіоном слабо мінералізованих вод, тоді як іон натрію – сильно мінералізованих.

Сульфати та хлориди є головними компонентами аніонного складу води морів та сильно мінералізованих озер. У воді більшості річок та прісних озер сульфати містяться у кількості до 60 мг/дм^3 , а в підземних водах їх вміст зазвичай більший. Хлориди містяться у всіх природних водах – від слідів до десятків і сотень грамів на 1 дм^3 у розсолах [3, 4].

Найважливішою частиною хімічного складу слабо мінералізованих природних вод є гідрокарбонат- та карбонат-іони. Основне джерело цих іонів – поширені в природі карбонатні породи (вапняки, мергелі, доломіти), які розчиняються при дії на них карбонатної кислоти [4]. Ці аніони разом з розчиненим вуглекислим газом утворюють карбонатну систему, яка є дуже важливою для природних вод, оскільки визначає величину рН природних вод, концентрацію іонів кальцію та опосередковано впливає на весь комплекс розчинених речовин.

У природних водах зустрічаються біогенні речовини: сполуки нітрогену, фосфору, феруму та силіцію. Неорганічними формами нітрогену є іони амонію, нітрити та нітрати, що утворюються в процесі біохімічного розкладання нітрогенвмісних органічних сполук та засвоюються водними рослинами в процесі фотосинтезу. Неорганічні сполуки фосфору – похідні ортофосфатної

кислоти або продукти її конденсації – надходять у водойми в процесі життєдіяльності гідробіонтів, при мінералізації їх решток та споживаються водними рослинами. Постійним компонентом природних вод є силіцій, який міститься у вигляді орто- та полісиліцієвих кислот. Силіцій входить до складу різноманітних мінералів, з якими контактує вода, що обумовлює його надходження у природні води; його сполуки інтенсивно споживають водні організми, про що свідчить зменшення концентрації елемента у воді у вегетативний період [2]. Ферум зустрічається у природних водах у вигляді розчинних сполук, зокрема комплексних з органічними лігандами, колоїдів, тонкодисперсної суспензії. Потрапляє у воду внаслідок хімічного вивітрювання гірських порід та з підземним стоком, споживається водними організмами, а також осаджується у вигляді нерозчинного гідроксиду феруму(III) [2, 8].

Надмірне надходження біогенних елементів у водні екосистеми з комунальними, сільськогосподарськими та промисловими стічними водами, із забрудненим поверхневим стоком призводить до їх евтрофікації, адже сполуки нітрогену і фосфору є хімічними каталізаторами процесу антропогенного евтрофування поверхневих вод [9].

Мікроелементи – елементи, середній вміст яких у водах не перевищує 10 мг/дм^3 [4]. Найчастіше такі елементи трапляються в природних водах у дуже малих концентраціях, які вимірюються мікрограмами в одному літрі (мкг/дм^3). Їх ще називають елементами розсіяння.

Умовно мікроелементи можна поділити на чотири підгрупи [4]:

- 1) типові катіони (Li^+ , Rb^+ , Cs^+ , Be^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+});
- 2) іони важких металів (Ag^+ , Au^+ , Pb^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+});
- 3) амфотерні комплексоутворювачі (Cr , Mo , V , Mn);
- 4) типові аніони (Br^- , I^- , F^- , BO_3^{3-}).

Деякі з мікроелементів – манган, цинк, мідь, молібден і кобальт входять до складу так званих біометалів, які є каталізаторами і складовими частинами біохімічних процесів в організмі людини, тварин та рослин і без яких живі істоти не можуть розвиватися [2].

Основним джерелом надходження мангану у поверхневі води є руди та деякі мінерали, які містять манган, стічні води збагачувальних фабрик, металургійних заводів, підприємств хімічної промисловості, шахтні води тощо. Значна кількість мангану потрапляє при відмиранні й розкладанні гідробіонтів, особливо синьо-зелених і діамантових водоростей, а також вищих водних рослин. У природних водах вміст мангану коливається від одиниць до десятків і навіть сотень мікрограмів в 1 дм³. Він належить до важливих поживних елементів для рослин і тварин, бере участь у процесах фотосинтезу, реакціях фотолізу води й виділення кисню [4]. Нестача мангану в організмі людини призводить до деформації кісток та хрящів і порушує функцію зсідання крові [2].

Основним джерелом надходження цинку в природні води є мінерал сфалерит (ZnS). Цей мінерал розчиняється у воді краще, ніж інші сульфідні. Майже всі сполуки цинку, крім ZnF, добре розчинні у воді. У річкових водах його концентрації коливаються від кількох мікрограмів до десятків і рідше сотень мкг/дм³. У забруднених важкими металами водах концентрація цинку досягає сотень мкг/дм³ [4]. Цинк – необхідний елемент як для людини, так і рослин. В організмі людини цинк зменшує токсичність кадмію і купруму. У разі нестачі цинку в рослинних організмах порушується обмін вуглеводів і білків, зменшується вміст хлорофілу [2, 4]. Цинк мігрує як у завислій, так і в розчинній формі.

Кобальт і його сполуки потрапляють у природні води при вилугованні мідно-колчеданових руд, екзогенних мінералів і порід, з ґрунтів при розкладанні організмів і рослин тощо. Особливо небезпечним джерелом надходження сполук кобальту стають стічні води металургійних, металообробних, нафтопереробних, хімічних та інших виробництв [4].

Оскільки кобальт є біологічно активним елементом, він завжди міститься в організмі тварин і рослин. У складі вітаміну B₁₂ кобальт досить активно впливає на надходження нітрогенвмісних речовин, збільшення вмісту хлорофілу та аскорбінової кислоти, активізує біосинтез, підвищує вміст білкового нітрогену в рослинах. Проте високі концентрації сполук кобальту є токсичними [2, 4].

Крім неорганічних речовин, розчинені й суспендовані органічні сполуки природного та антропогенного походження є неодмінними компонентами природних вод і відіграють важливу роль у формуванні їхнього хімічного складу [2]. Природні води містять широку гамму органічних сполук всіх хімічних груп (вуглеводи, білки, ліпіди) і класів (вуглеводні, спирти, ефіри, карбонові кислоти, аміни тощо) [10]. Природні органічні речовини є одним із основних джерел надходження в природні води неорганічних форм нітрогену та фосфору. З іншого боку, самі органічні сполуки теж споживаються гідробіонтами і виділяються у воду в процесі їхньої життєдіяльності та відмирання. Багато органічних сполук природних вод здатні утворювати з іонами металів стійкі комплекси, які є однією з головних форм для перенесення багатьох мікроелементів природними водами, і які є доступними для споживання гідробіонтами. Особливу роль у цих процесах відіграють гумінові та фульвокислоти [2].

Основними джерелами надходження органічних речовин є гірські породи, ґрунти, поклади горючих копалин, техногенні об'єкти тощо. Частина органічних речовин надходить в готовому вигляді (гумусові речовини, феноли, вуглеводні та ін.), а інша частина є продуктом складних фізико-хімічних і біохімічних процесів [10]. Так, природні води вимивають з ґрунту деяку частину гумусових речовин та інших проміжних продуктів розпаду й гумініфікації. Після надходження в річки, які добре аеруються, а потім в озера і моря органічна частина складу води змінюється і розпочатий процес окиснення завершується для більшості органічних речовин переходом у прості неорганічні сполуки. Інша, стабільніша, частина залишається в розчинні й накопичується у водоймах [4].

Загальна концентрація органічних речовин у природних водах коливається в широких межах. Найбільшою вона є у болотних водах і річках з болотним живленням – до 50 мг/дм³ і навіть вище. Висока концентрація органічних речовин іноді трапляється в підземних водах, пов'язаних з нафтоносними родовищами. Переважно збільшені концентрації виникають у водах, забруднених промисловими і побутовими стічними водами [2]. Такі сполуки,

особливо відходи хімічних виробництв, часто є дуже токсичними, і їх вміст у природних водах потрібно ретельно контролювати. Незважаючи на особливе значення органічних сполук для формування якості природних вод, методи їх контролю розроблені значно гірше, ніж для головних іонів та інших компонентів [4].

Наявні у природній воді речовини впливають на її властивості та придатність до використання для забезпечення життєдіяльності людини, в різноманітних технологічних процесах, у сільському господарстві тощо.

1.2 Характеристика природних вод як джерел водопостачання

Вода – найважливіший природний ресурс, що використовується в людській діяльності і значно перевищує масу всіх інших споживаних ресурсів [11]. Водні ресурси є національним багатством кожної країни, однією з природних основ її економічного розвитку; забезпечують усі сфери життя і господарської діяльності людини, визначають можливості розвитку промисловості та сільського господарства, розміщення населених пунктів, організації відпочинку й оздоровлення людей [12]. Так, вода широко використовується людством у сільському господарстві для зрошування, як розчинник, абсорбент, реагент в хімічній, металургійній, легкій, харчовій, переробній, фармацевтичній та інших галузях виробництва, як теплоносій в теплообмінному обладнанні та в системах теплопостачання, в енергетиці для виробництва електроенергії [1, 13].

Водні ресурси забезпечують потреби людини у питній воді. Джерела питного водопостачання – водні об'єкти, вода яких використовується для питного водопостачання після відповідної обробки або без неї [14]. Питне водопостачання здійснюється за рахунок поверхневих і підземних джерел. До поверхневих джерел водопостачання відносять річки, озера, водосховища, моря, до підземних – артезіанські води, джерела, ключі [15, 16].

В Україні питне водопостачання на 70 % забезпечується з поверхневих джерел [17], з яких найчастіше використовують річки [16]. Місцевий річковий стік у середній за водністю рік становить 52,4 км³. З урахуванням притоку із суміжних країн середній багаторічний річковий стік сягає 87,1 км³, а при врахуванні стоку Дунаю по Кілійському гирлу ця величина зростає до 209,8 км³ [18].

Річкам властиві сезонні коливання їх витрати і вмісту різноманітних домішок в них. Характерними особливостями річкової води є наявність великої кількості завислих речовин (особливо весною і восени), високий вміст органічних речовин, значна кількість колоїдно-дисперсних речовин, що обумовлюють забарвлення води, зазвичай відносно малий вміст неорганічних солей, зокрема, солей кальцію та магнію [16].

У воді водосховищ міститься велика кількість колоїдно-дисперсних речовин, органічних речовин, наявний планктон в літній час. Озерна вода характеризується зазвичай малим вмістом завислих речовин, а кількість мінеральних солей коливається в широких межах [16].

Основними поверхневими джерелами водопостачання в Україні є води в басейнах таких основних річок (у дужках наведений забір води з басейну річки) (Додаток В) [19]:

- Дніпро (64 %);
- Сіверський Донець (11 %);
- Дунай (12 %);
- Південний Буг (3 %);
- річки Приазов'я (3 %);
- Дністер, Прут і Сірет (5 %).

Підземні води утворюються внаслідок проникнення вглиб землі атмосферних опадів і поверхневих вод, а також конденсації водяної пари з атмосфери [16]. Основна частина (понад 60 %) ресурсів підземних вод зосереджена в північних областях України (Чернігівська, Київська, Полтавська,

Харківська, Рівненська, Сумська, Львівська) (Додаток Г). Найменш забезпечені ресурсами підземних вод (362–758 тис. м³/добу) Чернівецька, Кіровоградська, Миколаївська, Івано-Франківська, Житомирська й Одеська області. У розрахунку на одного жителя найбільша кількість підземних вод (5,54 м³/добу) припадає на Чернігівську область. А найменше (0,28–0,43 м³/добу) – на Одеську, Кіровоградську, Дніпровську, Донецьку, Миколаївську, Житомирську та Вінницьку області [18].

Підземні води мають стабільний у часі хімічний склад [2]. Вони зазвичай, прозорі та безбарвні, але часто містять велику кількість розчинених солей, зокрема солей кальцію, магнію та феруму [16].

Прісні ґрунтові води широко використовуються в Україні для побутового водопостачання [18]. Так, за даними національної доповіді про якість питної води [20] у 2018 році використано 2190,7 тис. м³/добу підземних вод, з них на господарсько-питні потреби – 1687,2 тис. м³/добу. Глибина залягання прісних вод залежить від геологічної будови та наявності водоносних гірських порід і змінюється в гідрогеологічних регіонах України від 50 – 100 м до 900 м. Глибше, як правило, прісні води в Україні майже не зустрічаються [18].

Як поверхневі, так і підземні води з глибоко залеглих водоносних горизонтів використовуються в системі централізованого питного водопостачання населення України [21], яким охоплено 100 % міст, 86,7 % селищ міського типу та 22,1 % сільських населених пунктів. Значна частка сільського населення нашої країни споживає воду із джерел децентралізованого водопостачання – колодязів та індивідуальних свердловин [22], які також є альтернативним джерелом водопостачання міського населення [23, 24].

На стан поверхневих та підземних джерел значний вплив має господарська діяльність людини. Головними чинниками забруднення як поверхневих, так і ґрунтових вод є недостатньо очищені чи зовсім неочищені комунальні та промислові стоки, що містять органічні забруднення, зокрема поверхнево-активні речовини, іони важких металів, стоки тваринницьких комплексів, нафтопродукти, що надходять з промислових майданчиків та територій міських

забудов, змив з сільськогосподарських угідь мінеральних добрив та засобів захисту рослин, з невідповідних складів зберігання промислових відходів, мінеральних добрив та отрутохімікатів [25, 26]. Забруднення поверхневих та підземних джерел водопостачання значною мірою впливає на якість води в них.

2 ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

Злагожене функціонування людського організму напряду залежить від способу життя людини, якості атмосферного повітря, питної води та продуктів харчування. Чиста вода є хімічним показником, яка об'єднує живі організми, що населяють нашу планету, а забруднена – згубно впливає на живі організми і здоров'я людини. Раніше, коли докільля було чистим в екологічному плані та природним, людина вживала усю природну воду, яка її оточувала і поділу на питну та не питну воду не існувало. На сьогодні ж, у природні водні об'єкти потрапляють мільярди вірусів і бактерій, токсичні речовини, які призводять до спалахів епідемій, інфекційних захворювань та масових отруєнь. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я більше 80 % відомих на сьогодні хвороб людини виникають у зв'язку з незадовільною якістю питної води. Отже, питною є вода, в якій бактеріологічні, органолептичні показники та показники токсичних хімічних речовин перебувають в межах норм питного водопостачання. Головна відмінність питної води від столових та мінеральних вод полягає у пониженому вмісті солей (сухого залишку), а також у відповідності чинним стандартам (ДСанПіНу 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" [27]). Для визначення показників безпеки та якості питної води можуть також використовуватись інші атестовані методики та стандарти.

В наш час, основною проблемою є водопостачання населення якісною питною водою, адже поверхневі та підземні води не завжди відповідають діючим стандартам і санітарним нормативним вимогам до питної води.

У відповідності до вимог ДСанПіНу 2.2.4-171-10, питна вода, яка призначена для споживання людиною, повинна відповідати таким гігієнічним вимогам: бути безпечною в епідемічному та радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості та нешкідливий хімічний склад [27]. Вміст у питній воді шкідливих речовин, не зазначених у Санітарних нормах, не

повинен перевищувати їх граничнодопустимих концентрацій (ГДК), визначених санітарними нормами для поверхневих вод.

Вимоги до органолептичних властивостей води таких як колір, смак, запах залишаються незмінними, а зміни, які виникають легко визначити наглядно. Однак, мікробне забруднення води чи значна кількість певних хімічних домішок суттєво не змінюють її органолептичних властивостей, а відповідно і не викликають підозри щодо її безпеки, але можуть негативно впливати на здоров'я людини. Тому, перш ніж робити висновок про якість та безпечність питної води, придатність до вживання, її необхідно досліджувати лабораторно за такими показниками: епідемічної безпеки, санітарно-хімічними, радіологічними та інтегральними.

2.1 Показники епідемічної безпеки

Безпека питної води в епідемічному відношенні визначається її відповідністю нормативам по мікробіологічним та паразитологічним показникам.

Показники бактеріологічного забруднення води:

- мікробне число води – загальна кількість мікробів в 1 мл води;
- титр кишкової палички – найменший об'єм води, в якому виявляється одна кишкова паличка;
- індекс кишкової палички – кількість кишкових паличок в 1 л води.

Мікробне число води показує, наскільки сприятливі чи несприятливі умови для життя мікробів. У нормі в 1 мл водопровідної води не повинно бути більше за 100, а в криничній – більше від 1000 мікробів [28].

Кишкова паличка зазвичай перебуває в товстому кишечнику людей і тварин та служить показником свіжого забруднення води їх екскрементами. Згідно з гігієнічними нормами титр кишкової палички для водопровідної питної води встановлений не менше за 300 мл, тобто на цей об'єм допускається

виявлення однієї кишкової палички. Гігієнічно питна вода не повинна містити яйця гельмінтів. Санітарно-гігієнічні норми не допускають вмісту в питній воді видимих водних організмів [28].

За мікробіологічними показниками питна вода має відповідати вимогам, наведеним у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Мікробіологічні показники безпеки питної води [27]

Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
Число бактерій в 1 мл води	КУО/л	Не більше 100
Число бактерій групи кишкових паличок (коліформних мікроорганізмів) в 1 л води	КУО/л	Не більше 3
Число термостабільних кишкових паличок (фекальних коліформ) в 100 мл води	КУО/л	Відсутність
Число патогенних мікроорганізмів в 1 л води	КУО/л	Відсутність
Число коліфагів в 1 л води	БУО/л	Відсутність

За мікробіологічними показниками якість води колодязної та з каптажів джерел у 3,2 рази гірші за якість води зі артезіанських свердловин. Це можна пояснити різною захищеністю водоносних горизонтів від забруднень, невідповідним санітарним станом водозабірних споруд (колодязів та каптажів) та навколишньої території.

За паразитологічними показниками питна вода має відповідати вимогам, наведеним у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Паразитологічні показники безпеки питної води [27]

Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
Число патогенних кишкових найпростіших	(Клітини, цисти)/25 л	Відсутність
Число кишкових гельмінтів	(Клітини, яйця, личинки)/25 л	Відсутність

Безпека води визначається відсутністю в ній патогенних мікроорганізмів. На жаль, методика контролю епідемічних показників складна. Тому дослідження проводять тільки за умови, що підозрюється спалах інфекційного захворювання, яке передається через воду, або створюється інша несприятлива обстановка.

2.2 Санітарно-хімічні показники

Доброякісна вода є показником високого санітарного благополуччя і життєвого рівня населення, яке забезпечене централізованим водопостачанням. У розвинених країнах держава та органи охорони здоров'я приділяють особливу увагу якості питної води. Стандартизація якості питної води є одним із найважливіших профілактичних заходів [29].

Нормування органолептичних властивостей води ведеться за двома напрямками:

- за інтенсивністю сприйняття людиною запаху, присмаку, кольорності та каламутності;

- за концентрацією у воді хімічних речовин, що впливають на її органолептичні властивості [29].

Органолептичні показники якості питної води згідно нормативної документації наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Органолептичні показники якості питної води

Органолептичні показники	Стандарти	
	Україна	Міжнародний
Прозорість	Не менше 30 см	Не викликає заперечень
Запах	До 2 балів	Не викликає заперечень
Смак	До 2 балів	Не викликає заперечень
Колірність	До 20 °С	5-50 °С
Каламутність	До 1,5 мг/л	До 2,0 мг/л

Оптимальною температурою питної води для фізіологічних потреб людини є 8-15 °С. Така температура надає воді приємну освіжаючу дію, краще втамовує спрагу, швидше всмоктується, стимулює секреторну і моторну діяльність шлунково-кишкового тракту. Температура води 25 °С погано втамовує спрагу, температура 25-35 °С неприємна на смак і викликає блювотний рефлекс [30].

Питна вода повинна бути приємною, мати освіжаючий смак без будь-якого стороннього присмаку. Смак води залежить від мінерального складу води, її температури та розчинених газів. Розрізняють чотири основних смакових відчуття: солоне, кисле, солодке, гірке. Всі інші смакові відчуття називаються присмаками (лужний, металевий, хлорний, терпкий). Визначення смаку і присмаку проводиться у безпечній воді при температурі 20 °С, а в сумнівних випадках воду кип'ятять впродовж 5 хвилин і охолоджують [30].

Колірність води – природна властивість води, обумовлена наявністю гумінових речовин, які утворюються при руйнуванні органічних сполук у ґрунті, які вимиваються з нього, надходять у відкриті водойми і надають їм забарвлення від жовтуватого до коричневого кольору. Забарвлення воді можуть надавати сполуки заліза (жовто-зеленувате забарвлення), водорості, які цвітуть, завислі речовини, забруднення стічними водами. Гігієнічне значення колірності полягає

в тому, що за колірності вище 35 °С обмежується водоспоживання; збільшення або зменшення колірності підземних вод свідчить про їхнє забруднення [30].

Каламутність води залежить від наявності у воді зважених частинок мінерального або органічного походження. Підвищена мутність обмежує водоспоживання і показує ступінь забруднення природних вод.

Хімічні речовини можуть впливати на якість питної води та її властивості. До хімічних речовин, які погіршують органолептичні властивості води, відносяться природні мінеральні елементи (хлориди, сульфати, залізо, мідь, цинк, солі кальцію і магнію), а також деякі хімічні речовини, що надходять до питної води в процесі її обробки (сполуки алюмінію, поліакриламід та інші), тому встановлені граничні нормативи вмісту таких речовин [29].

Таблиця 2.4 – Хімічні речовини, що впливають на якість питної води

Хімічні речовини	Стандарти	
	Україна	Міжнародний
рН	6,0-9,0	
Твердість	Не більше 7 ммоль/л	2-10 ммоль/л
Щільний осадок	1000 мг/л	300-1500 мг/л
Залізо (Fe)	0,3 мг/л	0,1-1,0 мг/л
Сульфати (SO ₄)	500 мг/л	200-400 мг/л
Хлориди (Cl)	350 мг/л	200-600 мг/л
Мідь (Cu)	1,0 мг/л	0,05-1,5 мг/л
Цинк (Zn)	5,0 мг/л	5,0-15,0 мг/л
Марганець (Mn)	0,1 мг/л	
Фосфати (PO ₄)	3,5 мг/л	

Якість питної води також залежить від наявності токсичних хімічних речовин, їхня кількість у воді нормується чинними стандартами.

Таблиця 2.5 – Токсичні речовини, що впливають на якість питної води

Токсичні речовини	Стандарти	
	Україна	Міжнародний
Нітрати (NO ₃)	Не більше 10 мг/л	Не нормується
Нітрити (NO ₂)	Не більше 0,002 мг/л	Не нормується
Фтор (F)	0,7-1,5 мг/л	0,8-1,7 мг/л
Свинець (Pb)	0,03 мг/л	0,1 мг/л
Миш'як (As)	0,05 мг/л	0,05 мг/л
Ртуть (Hg)	0,005 мг/л	0,001 мг/л
Ціаніди (Cn)	0,1 мг/л	0,05 мг/л
Алюміній (Al)	0,1 мг/л	–
Молібден (Mo)	3,5 мг/л	–
Селен (Se)	0,001 мг/л	–
Стронцій (Sr)	0,7 мг/л	–

2.3 Радіологічні показники

Особливим видом хімічного забруднення питної води є присутність в ній радіоактивних речовин. Вплив природних радіонуклідів, присутніх у питній воді, на колективну дозу опромінення населення дуже малий, лише локально мають місце випадки значного опромінення за рахунок радону (одного з газоподібних продуктів розпаду урану), що міститься в деяких родовищах прісних підземних вод [31].

Кількість радіонуклідів техногенного походження в питній воді зазвичай вельми обмежена завдяки проведенню технологічних циклів і постійному контролю за джерелами радіонуклідів. Однак близько 250 радіоактивних ізотопів потрапляють в навколишнє середовище в результаті роботи ядерних установок [31].

В Україні нормування рівня радіоактивності води відобразилося в післяаварійних Чорнобильських рівнях ДР-96 (ДР-2006), де своє місце займали цезій-137 та стронцій-90. Ці нормативи нині мають вузьке (територіальне) застосування, яке обмежується зоною відчуження. Контроль їх виконання забезпечений прямими спектрометричними та радіометричними методами на основі радіохімічної підготовки зразків (концентрування та виділення) [31].

Сьогодні якість питної води нормується відповідним ГОСТом «Вода питна», який не передбачає вимог до радіаційної якості. Радіологічні показники питної води регламентуються Нормами радіаційної безпеки України [32]. Через те, що радіаційна якість питної води визначається не лише штучними, а також і техногенно-підсиленими чинниками природного походження, останні визначають досить актуальні і значимі питання гігієни та екології.

Під час гігієнічної оцінки радіаційної безпечності питної води у місцях водозаборів поверхневих та підземних джерел водопостачання попередньо визначаються питомі сумарні альфа- і бета-активності за показниками, наведеними у таблиці 2.6 [33].

Таблиця 2.6 – Показники питомої сумарної альфа- і бета-активності питної води

Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
Сумарна альфа-активність	Бк/дм ³	≤ 0,1
Сумарна бета-активність	Бк/дм ³	≤ 1,0

При цьому у разі встановлення перевищення питомої сумарної альфа-активності у питній воді з підземних джерел водопостачання необхідно визначати питому сумарну активність природної суміші ізотопів урану (U), питому активності радію (²²⁶Ra, ²²⁸Ra) та радону (²²²Rn), а у разі встановлення перевищення питомої сумарної бета-активності у питній воді з поверхневих та

підземних джерел водопостачання – питомі активності цезію (^{137}Cs) та стронцію (^{90}Sr), які наведені у таблиці 2.7 [31].

Таблиця 2.7 – Радіаційні показники безпечності питної води

Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
Сумарна активність природної суміші ізотопів U	Бк/дм ³	≤ 1
Питома активність ^{226}Ra	Бк/дм ³	≤ 1
Питома активність ^{228}Ra	Бк/дм ³	≤ 1
Питома активність ^{222}Rn	Бк/дм ³	≤ 100
Питома активність ^{137}Cs	Бк/дм ³	≤ 2
Питома активність ^{90}Sr	Бк/дм ³	≤ 2

2.4 Інтегральні показники

Спостереження за біологічними показниками проводять на водоймах або водотоках, що мають важливе господарське значення, де виявлені найбільш помітні зміни стану співтовариств водних організмів, на об'єктах, не підданих антропогенному впливу, а також на території заповідників і національних парків.

Для системи моніторингу забруднення вод суші надзвичайно актуальним є використання комплексних показників якості, до яких відноситься й гідробіологічний показник. Тому, починаючи з 1974 року, загальнодержавні служби здійснюють контроль забруднення водних об'єктів за гідробіологічним показником. На підставі одержуваної інформації роблять висновки не тільки про рівень забруднення, але й про реакцію біоти на вплив забруднень, про стан організмів, популяцій, екосистем в умовах антропогенного впливу, а також висновки про поділ водойм за категоріями [3].

Однак перш ніж проводити програму гідробіологічних досліджень, необхідний період накопичення гідробіологічної інформації з наступних об'єктів: макрофітів, бактеріопланктону, фітопланктону, зоопланктону, зообентосу, перифітону [34].

1. Макрофіти – це головним чином вищі (судинні) водяні рослини, а також прикріплені нижчі й плаваючі водорості. До макрофітів відносяться покритонасінні папороті, хвощі, мохи, харові водорості та інші. При гідробіологічному контролі макрофітів особлива увага приділяється: видовому складу; їхньому стану; фітомасі; аномаліям; тривалості фенофаз.

Особливості повітряно-водних макрофітів полягає в тому, що при візуальній оцінці складу й розподілу цих рослин у водоймі можна зробити попередній висновок про ступінь його забруднення.

2. Бактеріопланктон (мікроби) – мікроскопічні організми, частіше одноклітинні, що втримуються в прісних водоймах. При комплексному контролі якості вод аналізується: загальне число бактерій (у млн. кліток/мл); час подвоєння числа бактерій; число сапрофітних бактерій; кількість спеціалізованих груп бактерій [35].

3. Фітопланктон – сукупність мікроскопічних рослин, головним чином водоростей, що живуть у товщі вод і водних плиннів, що пасивно пересуваються під течією.

Основними групами фітопланктону є діамантові, протококові, вольвоксові рослини. Біомаса фітопланктону визначається в міліграмах на літр, а загальна чисельність – у тисячах кліток на мілілітр. При масовому контролі якості вод вважається достатнім визначення якісного складу фітопланктону до роду. При контролі на сапробність необхідно визначати якісний склад фітопланктону до виду [35].

4. Зоопланктон – сукупність тварин, що живуть у товщі вод і не здатні активно протистояти переносу плинами, тобто пасивно переміщатися у товщі води. Основні групи зоопланктону складають ветвістовусі, веслоногі, коловертки, найпростіші. Загальна чисельність визначається в тисячах

екземплярів на кубічний метр, а біомаса – у міліграмах на кубічний метр. Чисельність і склад зоопланктону характеризують ступінь забруднення вод органічними й токсичними речовинами [36].

Більшість зоопланктону служить індикаторами сапробності водойм. Контроль зоопланктону має важливе значення ще й тому, що серед цих організмів зустрічаються патогенні види, що погіршують якість води.

5. Бентос – сукупність організмів, які все життя або більшу її частину живуть на дні. Розрізняють фітобентос і зообентос. До бентосних організмів відносять молюски, хірономіди, олігохети, веснянки, поденщини, двокрилі, ракоподібні, ручейники [36].

Обов'язковими є: визначення загальної чисельності бентосних організмів; загального числа їхніх видів, чисельності основних груп; числа видів в основних групах; визначення масових і індикаторних видів [34].

6. Перифитон – тварини й рослини, що прикріплюються до стебел і листків водяних рослин, а також до інших поверхонь, що перебувають і товщі вод водойми. Спостереження за перифитоном (фауною обростання), що є різновидом бентосу, в даний час тільки впроваджується в систему контролю прісноводних водойм [3].

Оцінку якості води й стану водних екосистем виконують за сукупністю гідробіологічних показників, до яких відноситься індекс сапробності.

Сапробність – ступінь розпаду органічних речовин у забруднених водах. Сапробність встановлюється за списком сапробних організмів. Для порівняння видової розмаїтості на забрудненій і контрольній ділянках використовуються коефіцієнти подібності Серенса й абсолютної подібності [34].

За ступенем забруднення органічними речовинами води розділяються на чотири зони сапробності: полі-, мезо-, оліго- та ксеносапробні.

Полісапробна зона – вода найбрудніша та характеризується низькою концентрацією кисню, що потрапляє до води переважно з атмосфери та повністю використовується на окислення. Тут інтенсивно відбуваються процеси органічної речовини з утворенням сірководню, метану, вуглекислого газу.

Характерний великий вміст нестійких органічних речовин і продуктів їхнього анаеробного розпаду. Видове багатство водних мешканців збіднене, переважають види-полісапроби, здатні витримувати високий рівень забруднення – бактерії (розвивається кишкова паличка), інфузорії, олігохети, личинки деяких мух, гриби, актиноміцети, деякі види водоростей. Гідробіонти, які живуть у забруднених органічними речовинами водах та беруть участь у розкладанні останніх, є важливим ланцюгом у біологічному круговороті речовини та енергії. Води такої якості формуються у річках та озерах, до яких безпосередньо та постійно потрапляють у великій кількості стоки комунально-промислових, сільськогосподарських виробництв [35].

У мезосапробних водах ступінь забруднення дещо менший, залежно від його рівня вони поділяються на альфа- та бета-мезосапробні. В α -мезосапробній зоні починається аеробний розпад органічних речовин з утворенням метану, міститься багато вільної вуглекислоти та мало кисню. Серед водних організмів переважають ті, що пристосовані до дефіциту кисню, високого вмісту вуглекислоти та здатні витримувати забруднене середовище: бактерії, гриби, олігохети, трапляються лише окремі види ракоподібних (зокрема водяний вісліючок), личинки двокрилих. У процесах самоочищення в таких водах активну участь беруть водорості. Вода, що відноситься до цієї зони сапробності, характерна водоймам, до яких потрапляє значна кількість стічних вод, а також заболоченим природним водоймам. У β -мезосапробних водах відмічається незначна кількість нестійких органічних речовин, що розклалися до окислених продуктів. Їм характерні менші кількості амонійного та нітритного азоту, сірководню, переважають нітрати. Розчиненого у воді кисню, зазвичай, багато, іноді спостерігається його перенасичення (у світлий період доби). Живий світ такий вод багатий та різноманітний, внаслідок надмірного розвитку фітопланктону може відбуватися “цвітіння” води. Серед організмів-індикаторів умов β -мезосапробної зони є зелені і синьо-зелені водорості, макрофіти, численні види найпростіших, сюди належать більшість видів молюсків, ракоподібних,

губки, різноманітні риби. Більшості нашим водоймам притаманна вода такої якості [36].

Олігосапробна зона характеризує майже чисті води з незначним вмістом нестійких органічних речовин і невеликою кількістю продуктів їхньої мінералізації. Тут відмічаються високі концентрації кисню, відсутній сірководень, серед сполук азоту домінують нітрати. Серед олігосапробних організмів, які населяють чисті або слабко забруднені органічними речовинами води, відмічається значна кількість видів діамантових водоростей (явища “цвітіння” води тут не буває). Видами-індикаторами олігосапробних умов є численні харові водорості, деякі вищі водні рослини, ракоподібні, коловертки, молюски, личинки комах та риби. Олігосапробна зона представлена чистими водами великих озер [36].

Ксеносапробна зона – це холодні води чистих гірських струмків, озер, джерел, у яких біота збіднена та відмічається мінімальна кількість органічних речовин.

Для кожної із чотирьох зон сапробності створені списки видів-індикаторів, кожному присвоєне певне число, яке характеризує його положення на шкалі сапробності (так званий індивідуальний індекс сапробності) [29].

Таблиця 2.8 – Класифікація води залежно від значення індексу сапробності

Індекс сапробності	Номер класу чистоти	Характеристика класу чистоти
Менше 0,5	1	Дуже чиста
0,5...1,5	2	Чиста
1,5...2,5	3	Помірно забруднена
2,5...3,5	4	Важко забруднена
3,5...4,0	5	Дуже забруднена
Більше 4	6	Дуже брудна

До категорії найбільш часто використовуваних методик для оцінки якості води водних об'єктів відноситься гідрохімічний показник забруднення води. Ця методика є однією з найпростіших методик всебічної оцінки якості води та дозволяє за короткий термін оцінити якість поверхневих вод. Методика оцінки якості води на основі індексу забруднення води була рекомендована для використання підрозділами Держкомгідромету. Гідрохімічний індекс забрудненості води є комплексним показником якості води [6].

Сутність цієї методики полягає у розрахунку індексу забруднення води за гідрохімічними показниками, а потім за величинами розрахованих ІЗВ воду, яку досліджують, відносять до відповідного класу якості. При цьому виділяються такі класи якості води: I – дуже чиста; II – чиста; III – помірно забруднена; IV – забруднена; V – брудна; VI – дуже брудна; VII – надзвичайно брудна [37].

До першого класу відносяться води, на які найменше впливає антропогенне навантаження. Величини їх гідрохімічних та гідробіологічних показників близькі до природних значень для даного регіону.

Для вод другого класу характерні певні зміни порівняно з природними, однак ці зміни не порушують екологічної рівноваги.

Для третього класу відносяться води, які знаходяться під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем.

Води IV-VII класів – це води з порушеними екологічними параметрами, їх екологічний стан оцінюється як екологічний регрес [37].

3 ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ ВОДИ

3.1 Системи підготовки питної води

3.1.1 Технологічні схеми для підготовки питної води в Україні

Більшість жителів України вживають неякісну воду. За багатьма показниками наша вода є небезпечною для пиття.

Природна вода очищається, коли її якість із природних джерел не відповідає вимогам споживачів. Хімічний склад, призначення води і вимоги споживачів до її якості визначають вибір процесів очищення води. При цьому враховується якість води джерел водопостачання у різні пори року, ступінь і можливість забруднення побутовими і промисловими стічними водами.

У процесі підготовки питної води, якщо вона забирається з поверхневих водойм, її очищують за традиційною технологією, яка включає процеси прояснення і знебарвлення у відстійниках, прояснювачах з шаром завислого осаду, швидкими і повільними фільтрами та контактними прояснювачами. Підготовка води завершується знезараженням із використанням хлорування або озонування [38].

У деяких випадках для усунення стійких неприємних запахів і присмаків, видалення планктону застосовують подвійне хлорування природної води високими дозами хлору, а інколи і її дехлорування. В цьому випадку первинне хлорування проводять у водоприймальному колодязі або насосній станції першого підйому. Після прояснення у відстійнику або після фільтрування здійснюють вторинне хлорування.

Надлишок хлору видаляють в адсорбційних фільтрах, які заповнені гранульованим активованим вугіллям. У разі дехлорування води оксидом сульфуру (IV) або іншими хімічними реагентами вугільні фільтри не

використовують. За наявності в очищуваній воді солей феруму (II) і мангану (II) проводять подвійне хлорування – до відстоювання та після фільтрування.

Найбільш поширеною в нашій країні є універсальна технологічна схема, представлена на рис. 3.1. Її можна застосовувати для очищення природної води будь-якої якості. Вода, яка потребує очистки, під тиском насосів першого підйому подається на барабанні сітки для вилучення завислих речовин великих розмірів. Потім вона потрапляє у змішувач, у який додають хлор (первинне хлорування), коагулянт і за потреби лужні реагенти (підлугування води). Після змішування з реагентами вода надходить у камеру пластівцеутворення, вмонтовану у відстійнику. Утворені великі агрегати пластівців випадають в осад у вертикальних або горизонтальних відстійниках. Вибір останніх залежить від продуктивності станції. За великої продуктивності застосовують горизонтальні відстійники. Потім вода надходить на швидкий фільтр, перед яким за потреби до неї додають реагенти для дезодорації, фторування чи інтенсифікації процесу фільтрування. Профільтровану воду знезаражують і направляють у резервуар чистої води, звідки насосами другого підйому вона подається в мережу водоспоживача. Якщо воду використовують як технічну, то потреба в її дезодорації, фторуванні й знезараженні відпадає [39].

Удосконалена технологічна схема (рис. 3.2) передбачає реагентну обробку води, її прояснення і знебарвлення в шарі завислого осаду та фільтрування на швидких фільтрах. Тут функції камери утворення пластівців і відстійника об'єднані в одному апараті – прояснювачі з завислим шаром осаду, що дозволяє інтенсифікувати процеси прояснення та знебарвлення. У цій технологічній схемі одночасно використовують двошарові або двопотокові фільтри та фільтри з великозернистим завантаженням. Крім того, дана схема передбачає вилучення завислих речовин великих розмірів на барабанних сітках, дезодорацію, фільтрування і знезараження. У порівнянні з попередньою вона компактніша. Апарати (споруди), що входять до складу цієї технологічної схеми, менші за об'ємом, але конструктивно складніші і це, в свою чергу, ускладнює їх експлуатацію [39].

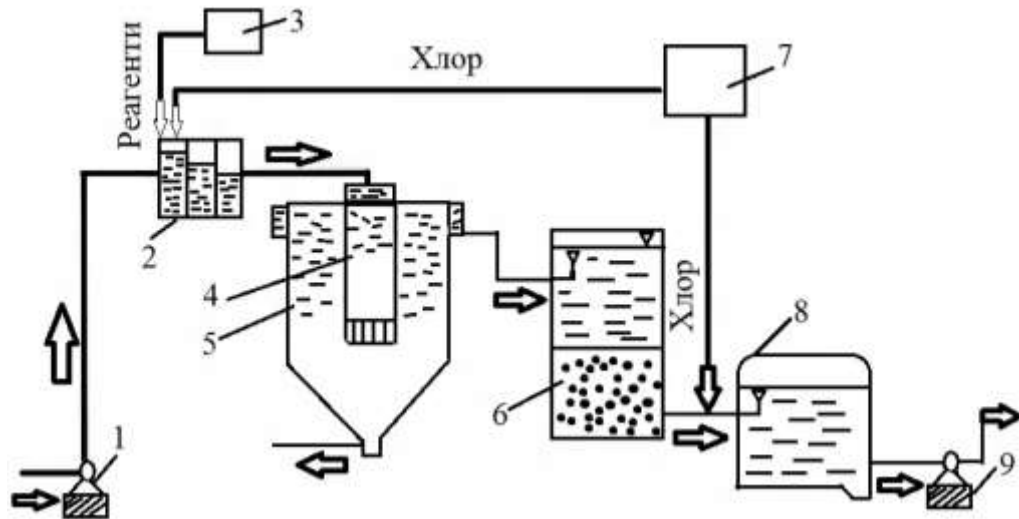


Рисунок 3.1 – Схема технологічних споруд водоочисних станцій з вертикальним відстійником і швидкими фільтрами: 1 – насосна станція першого підйому; 2 – змішувачі; 3 – реагентний цех; 4 – коловоротна камера пластівцеутворення; 5 – вертикальний відстійник; 6 – швидкі фільтри; 7 – хлораторна; 8 – резервуари чистої води; 9 – насосна станція другого підйому.

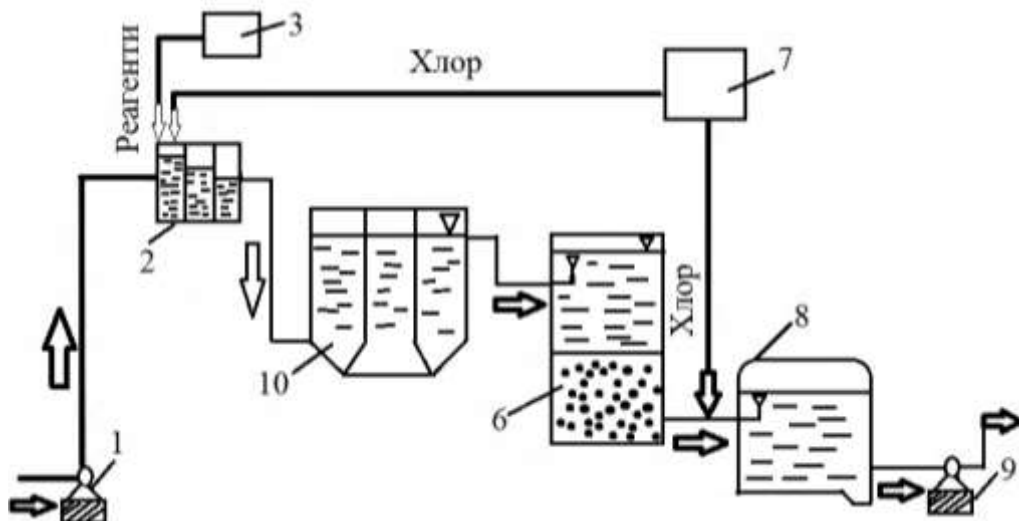


Рис. 3.2 – Схема технологічних споруд водоочисних станцій з прояснювачами і фільтрами: 1 – насосна станція першого підйому; 2 – змішувачі; 3 – реагентний цех; 6 – швидкі фільтри; 7 – хлораторна; 8 – резервуари чистої води; 9 – насосна станція другого підйому; 10 – прояснювачі із завислим осадом.

В даний час в Україні використовуються технології підготовки питної води, які засновані переважно на грубому та тонкому очищенні води від механічних домішок та хімічному окисненні хлором з метою знезараження. Зокрема, технологія очищення води включає процеси первинного хлорування, коагуляції, очищення за допомогою фільтруючого завантаження (кварцовий пісок, дроблений антрацит й керамзит та ін. матеріали), дезінфекцію шляхом вторинного хлорування води з подальшою подачею її до споживача [38].

Метод хлорування є найбільш поширеним у водопостачальній практиці. Така затребуваність обумовлена порівняно невисокою вартістю реагенту і простотою у обслуговуванні. Ефективність даного методу багато в чому залежить від правильності розрахунку дози реагенту.

Крім переваг, хлорування води також має свої мінуси. Основним недоліком є ризик утворення похідних метану, що володіють канцерогенними властивостями. Накопичення хлору і його похідних в організмі також відбивається на функціонуванні органів шлунково-кишкового тракту, печінки, серцево-судинної системи.

Сучасні наукові дослідження показують, що через вміст у воді значної кількості органічних речовин в процесі її хлорування можуть утворюватися нові, більш токсичні речовини, наприклад діоксин.

Саме тому потрібно розглядати альтернативи для очистки питної води, адже саме очищення є головною частиною будь-якої технологічної схеми підготовки води.

3.1.2 Тенденції сучасних методів підготовки питної води

Концепція ВООЗ щодо забезпечення населення питною водою хорошої якості передбачає, перш за все, мікробіологічну безпеку води, але в той же час слід мінімізувати використання хімічної обробки. Особливу увагу слід приділити біологічним методам з метою зниження утворення побічних продуктів очищення води. Закачування води з поверхневих джерел у поверхневі піщані горизонти

(дамби, насипи) – один з таких методів, які широко практикуються у різних країнах для попереднього очищення води від органічних і мікробних забруднювачів. Така попередня обробка набуває поширення як більш економічний спосіб одержання біологічно стабільної води, до того ж дозволяє мінімізувати використання хлору, який утворює токсичні сполуки з природними органічними речовинами.

Технологія питного водопостачання повинна повністю забезпечувати користувачів якісною питною водою і передбачає видалення або зниження до мінімальних концентрацій потенційно небезпечних для здоров'я людини компонентів вихідної води під час її обробки. Зазвичай технологія підготовки високоякісної питної води створюється з урахуванням практичних можливостей виробника та якості води джерела [39].

Ризики, пов'язані з наявністю токсичних хімічних речовин у питній воді, відрізняються від ризиків, пов'язаних з мікробіологічним забрудненням. Тільки деякі хімічні компоненти у воді можуть викликати гострі порушення здоров'я, виключаючи сильне забруднення системи водопостачання. Тому хімічні забруднюючі речовини класифікуються як менш пріоритетні, ніж мікробні, дія яких зазвичай буває сильнішою та масштабнішою. Однак використання хімічних дезінфікуючих засобів при очищенні води призводить до утворення потенційно небезпечних для здоров'я людини побічних продуктів. Тобто технологія очищення питної води стикається з двома проблемами, які «конфліктують» між собою: з одного боку, необхідність створення сильного дезінфікуючого ефекту, а з іншого – мінімізація або усунення побічних ефектів вторинних продуктів дезінфекції на здоров'я людини. Знезараження води є завершальним (заключним) етапом захисту питної води від зовнішнього забруднення та вторинного росту мікроорганізмів у системі водопостачання. Тобто всю послідовність процесів очищення фактично слід розглядати як підготовку води до ефективної та надійної дезінфекції [40]. Згідно з концепцією ВООЗ тенденція, яка зараз спостерігається у технологіях водопідготовки, полягає в оптимізації використання хімічних реагентів з використанням фізичних або біологічних

методів очищення для зниження доз цих реагентів і, таким чином, зменшення кількості побічних продуктів, які можуть утворюватися під час знезараження. Такий підхід передбачає застосування принципу багатобар'єрності технології водопідготовки з максимальних природних можливостей водоочищення за допомогою різноманітних фільтруючих пристроїв або перегородок. Прикладом технології одержання води високої якості слугує схема підготовки питної води у Нідерландах (рис. 3.3). Якість води поверхневого джерела постійно контролюється і, якщо вона незадовільна, до води поверхневого джерела докачують підземну воду (глибина свердловини близько 120 м). Якщо якість води зовсім незадовільна, технологічну схему повністю переключають на використання підземної води. Комбінована схема передбачає наступну систему підготовки води: коагуляцію (разом із завислими речовинами з води видаляються фосфати, частину розчинних органічних сполук, віруси, важкі метали) з подальшим розподілом води за допомогою каналів у піщані дюни (грунти). Така інфільтрація може тривати до двох місяців. Протягом цього періоду відбувається подальше підвищення якості води: руйнуються нітрати, видаляються мікрокількості органічних сполук та затримується більше 99% фекальних бактерій та вірусів. Після інфільтрації воду насичують киснем, фільтрують та озонують (при цьому частково руйнуються органічні речовини, пестициди, гинуть патогенні віруси та бактерії, які видаляються при подальшій фільтрації) [41].

Після вторинного озонування вода підлягає двоступеневому адсорбційному очищенню, в процесі якого відбувається глибоке видалення мікрокількостей органічних речовин за рахунок фізичної адсорбції та біологічного окиснення. Після адсорбційних фільтрів воду пропускають через повільні піщані фільтри, де остаточно затримуються залишки бактерій та слідові кількості органічних сполук. Наведена схема може слугувати також прикладом безхлорної технології.

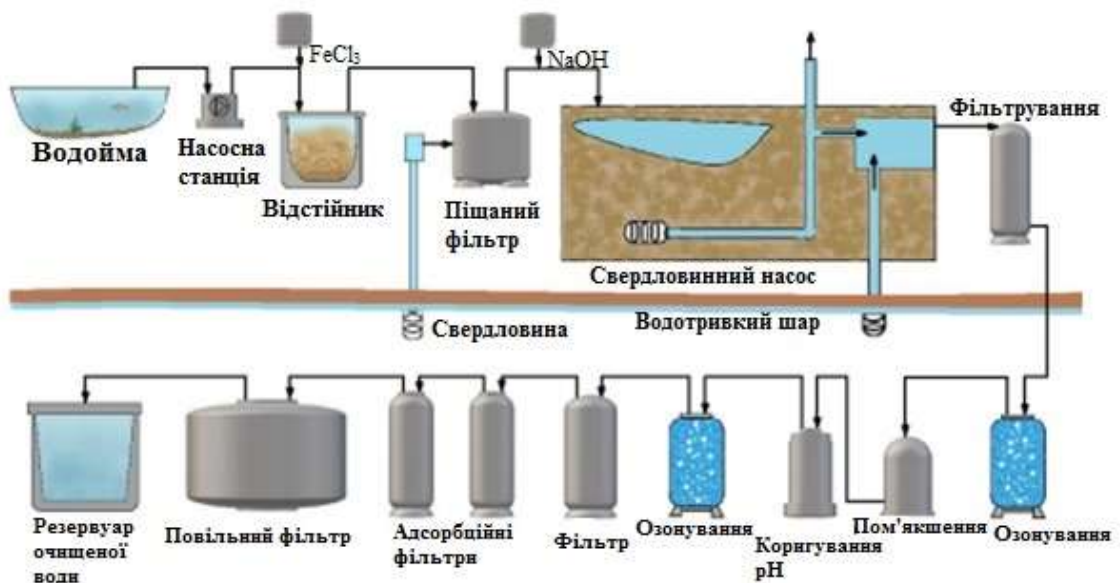


Рис. 3.3 – Схема підготовки питної води в Нідерландах

На рис. 3.4 наведено схему підготовки питної води з Цюріхського озера.



Рис. 3.4 – Схема підготовки питної води з Цюріхського озера

Технологія передбачає подвійне озонування, швидке фільтрування, адсорбцію на активованому вугіллі, повільне фільтрування, коригування рН.

Озонування – найкращий хімічний метод дезінфекції питної води. Озон в якості окиснювача здатний знищити ті мікроби і віруси, з якими не справляються ні УФ-промені, ні хлор. На відміну від хлорування, обробка озоном не пов'язана з ризиком утворення канцерогенних сполук [42].

Цей метод має ряд переваг, серед яких:

- позбавлення від неприємного запаху і смаку;
- збереження органолептичних показників якості води;
- знезалізнення води.

Озонування є фінансово витратним методом дезінфекції, оскільки для його проведення необхідно дороге обладнання та установки.

Прикладом підготовки води питного призначення з використанням сильно забрудненої води поверхневого джерела є запатентована у Великобританії технологія. Спрощену принципову схему наведено на рис. 3.5. Вода із забрудненого поверхневого джерела проходить попереднє очищення з використанням коагуляції та відстоювання. Далі вода після резервуарнакопичувача проходить фільтр грубого очищення, потім дві стадії фільтрування через завантаження різної крупності, перед першою стадією до води дозують коагулянт та флокулянт, тобто здійснюється контактна коагуляція.

Далі передбачається декілька стадій сорбції на активованому вугіллі та знезараження води за допомогою УФ-опромінення. Заключна стадія передбачає глибоке доочищення на установках зворотного осмосу та кондиціювання води за мінеральними компонентами [40].



Рис. 3.5 – Схема підготовки питної води з поверхневого джерела в Великобританії

У Намібії для підготовки питної води використовують переважно поверхневі джерела і значно менше – ґрунтові води. Реалізація технологічної схеми передбачає наступні процеси (рис. 3.6). На першій стадії воду озонують та направляють на споруди, де відбувається коагуляція-флокуляція. Далі вода проходить флотатор та фільтрацію на двошарових фільтрах, знову озонування і далі адсорбційний фільтр, завантажений БАР, потім дві стадії адсорбційного очищення за допомогою АР [41].

Заключними стадіями є знезараження: послідовно УФ-опромінення та хлорування. Якість води, одержаної за даною технологією, навіть перевищує вимоги, що висуваються до питної води.

Ультрафіолетове знезараження вважається одним з найбільш прогресивних і безпечних методів дезінфекції води. Його ефективність обумовлена вираженими бактерицидними властивостями УФ-променів. Знезараження відбувається в спеціальній лампі – джерелі ультрафіолетових променів [42].

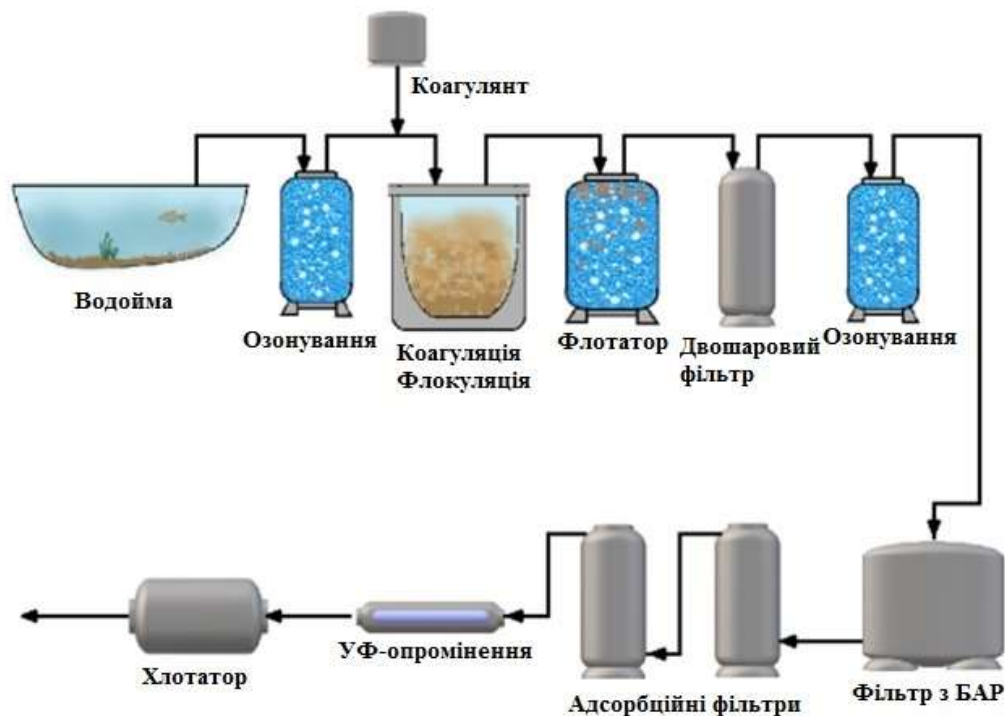


Рис. 3.6 – Схема підготовки питної води в Намібії

Багато експертів переконані в тому, що дезінфекція ультрафіолетовим випромінюванням є найкращим способом підготовки питної води до використання. Серед основних переваг такого методу вони відзначають:

- простоту в обслуговуванні;
- знищення яєць гельмінтів, вірусів і бактерій, з якими не справляється хлорування;
- збереження органолептичних властивостей;
- мінімальні витрати на електроенергію;
- широку область застосування.

Цей метод також має певні недоліки. Наприклад, дезінфекція УФ-випромінюванням вимагає попереднього механічного очищення, для якого можуть знадобитися магістральні фільтри, а також фільтри для очищення питної води.

На рис. 3.7 наведено схему підготовки питної води з використанням біологічних процесів. На станції передбачено фільтри грубого механічного очищення, далі декілька стадій фільтрування, реагентну флокацію з

використанням коагулянтів та флокулянтів. Після флотації вода надходить на споруди біохімічного очищення. Наступні стадії включають глибоке знезараження у декілька стадій. Спочатку воду піддають озонуванню, далі передбачено дві стадії фільтрування на АР. На першій стадії видаляються органічні сполуки у певному інтервалі молекулярних мас, на другій – мікрокількості пестицидів та інших токсичних сполук [43].

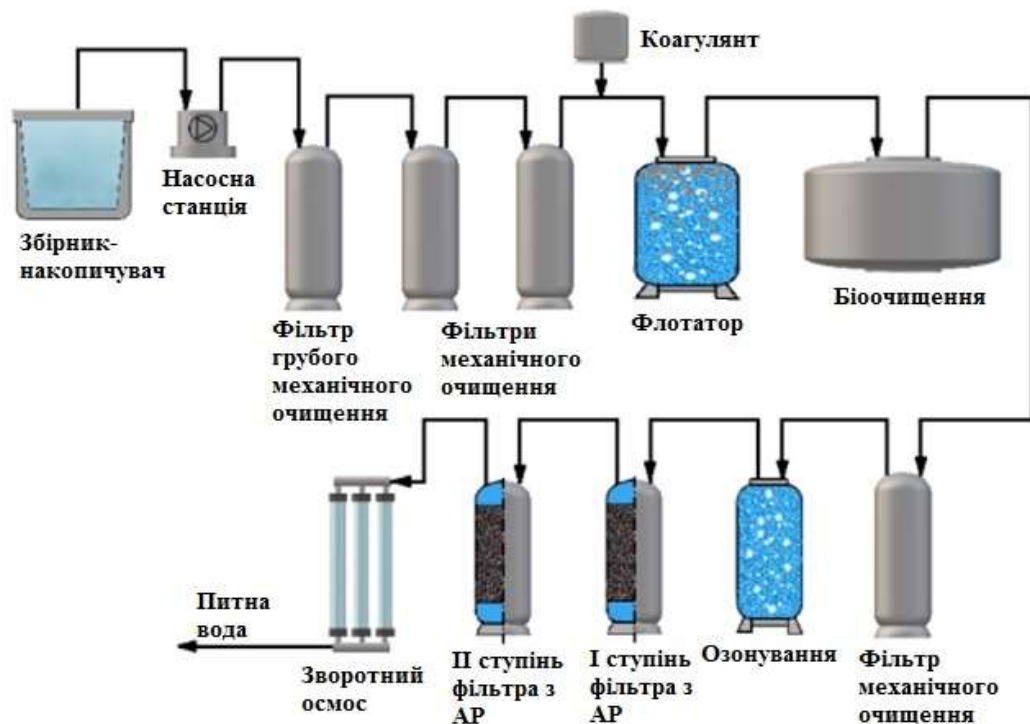


Рис. 3.7 – Схема підготовки питної води з використанням біологічних процесів

Заключне видалення патогенних мікрофлори та вірусів здійснюється на стадії обробки води за допомогою зворотного осмосу.

Багатостадійна комплексна технологія підготовки питної води застосовується у Франції (м. Іври-сюр-Сен). Перша стадія підготовки води передбачає попереднє озонування (рис. 3.8), далі послідовно вода проходить стадію коагуляції (у якості коагулянта використовується FeCl_3). Одночасно можна додавати порошкову АР (ПАР), якщо має місце критична ситуація. Дві

наступні стадії ґрунтуються на використанні контактної коагуляції з FeCl_3 і здійснюються на двох різних типах завантаження: спеціальне біологічно активне завантаження «Biolite» та кварцовий пісок [43].

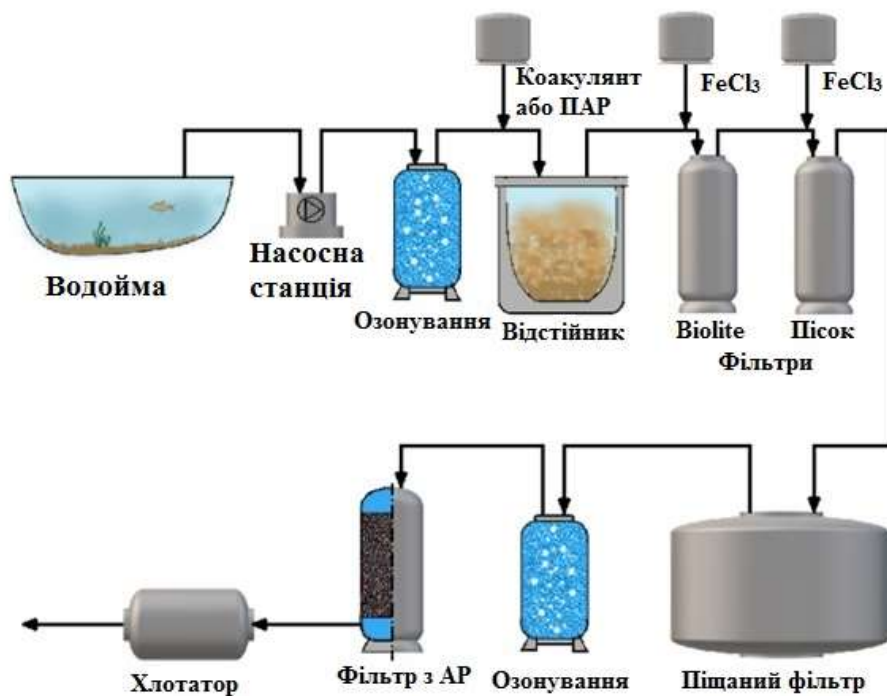


Рис. 3.8 – Схема підготовки питної води в Іврі-сюр-Сен (Париж)

Після проходження піщаного фільтру вода озонується та направляється на фільтр з АР. Остаточна дезінфекція здійснюється за допомогою хлорування.

Головне питання всіх технологій підготовки питної води – це, безумовно, заключна (остаточна) дезінфекція.

Хлорування залишається найбільш поширеним методом знезараження води у більшості технологічних схем, хоча використання хлорованої води може призвести до підвищеного ризику канцерогенних захворювань і порушення репродуктивних функцій людини. Сучасні технології знезараження все частіше використовують енергію УФ-випромінювання [38].

В цілому вибір методу знезараження питної води залежить від якості природної води і технології її підготовки, яка повинна забезпечувати певний рівень біологічної стійкості води з урахуванням стану водорозподільної системи.

Переваги багатоступневих схем водопідготовки, які укомплектовані додатково до традиційних методів очищення фільтруванням через активоване вугілля, озонуванням та використовують методи інтенсифікації процесів очищення, такі як підвищення турбулентності під час введення коагулянтів-флокулянтів та оптимізація гідравлічного режиму на стадії освітлення, забезпечують вищу якість води у порівнянні з традиційними прийомами коагулювання та фільтрування.

3.2 Підготовка бутильованої води

Все більше підприємств харчової галузі використовують під час виробництва харчових продуктів артезіанські води, оскільки вони не мають в своєму складі такої кількості забруднень, як поверхневі. Підземні води, особливо води Юрського та Сеноманського горизонтів, відрізняються збалансованим смаком та сольовим складом, який майже не потребує коригувань. Тому більшість підприємств харчової галузі намагаються використовувати саме ці води в своїх технологічних схемах. Але крім чисто технічних проблем, таких як буріння свердловини глибиною до 800 м, та її грамотної експлуатації, виникає проблема із незначним, але необхідним коригуванням хімічного складу добутої води. Зазвичай проблемою є відчутний запах сірководню та надлишкова концентрація фторидів. За іншими показниками ці води майже завжди повністю відповідають вимогам нормативних документів [44].

Існує два основних способи коригування мінерального складу води за цими показниками. Реалізація першого способу не залежить від фізико-хімічних показників, оскільки ця технологія є універсальною та може бути реалізована для будь-якого підприємства. Цей спосіб включає два етапи:

– перший етап – це повне знесолення води із використанням технологій зворотного осмосу;

– другий етап – штучне створення оптимального сольового складу води шляхом додавання у майже дистильовану воду необхідних солей для створення смаку, або купаж знесоленої води природною артезіанською водою.

Недоліком цього способу є, в першу чергу, руйнування природного складу води. На мій погляд, цей спосіб не підходить для глибинних артезіанських вод, оскільки їх склад говорить про те, що ми маємо справу з високоякісною водою. Водою, яка, якщо і вимагає коригування, то дуже обережного та за одним або двома показниками. Крім того, реалізація цього методу вимагає від підприємства великих витрат та повної заміни обладнання. До того ж, реалізація цього способу робить недоцільним існування та витрати на експлуатацію глибинних свердловин, оскільки цей метод можна було б використовувати навіть для поверхневих вод [44].

Другий спосіб – привести склад артезіанської води до вимог нормативних документів – полягає у коригуванні сольового складу лише за тими показниками, які саме і вимагають коригування. Реалізація цього способу є досить складною, оскільки вимагає індивідуального підходу до певної води, врахування її хімічних показників та розробки методики, яка дасть можливість одночасного коригування заданих параметрів та не впливатиме на інші показники води. Крім безсумнівної екологічності, цей спосіб є більш доцільним, оскільки, він дозволить заощадити кошти через відсутність необхідності повної заміни обладнання. Водопідготовка у випадку реалізації другого способу може бути здійснена за модифікованою схемою, яка розробляється на основі вже існуючої схеми водопідготовки підприємства [43].

Існуючі способи водопідготовки дають можливість одночасного коригування цих показників із якнайменшим втручанням у загальний сольовий склад води.

Наприклад, наявність надлишку фторидів у питній воді викликає у людини розвиток змін у кістках скелета, а у дітей – хвороби крові та рахіт. Є дані, що підвищені концентрації фторидів погано впливають на функціональний стан

серцево-судинної системи та загальний фізичний стан. Але вода із низьким вмістом фтору теж не сприяє зміцненню здоров'я людини.

Додаток №4 до ДСанПіН 2.2.4-171-10 регламентує вміст фтору у межах від 0,7 до 1,2 мг/дм³. Якщо концентрація фторид-іонів у воді перевищує 1,2 мг/дм³, то така вода потребує дефторування [45].

Одним з найбільш поширених методів дефторування є безпосереднє додавання у високофтористу воду коагулянтів – солей алюмінію або заліза, із їхньою подальшою коагуляцією та седиментацією. Разом з тим цей метод може знайти використання також під час обробки підземних вод, якщо є необхідність одночасного коригування рН та вмісту фторидів. Розрізняють два типи осадження коагулянтами у вільному об'ємі (в камерах пластівцеутворення) та осадження коагулянтами в товщині зернистого завантаження або у масі завислого осаду (контактна коагуляція). В залежності від складу природної води та джерела її походження (поверхнева або підземна вода) обирається сіль-коагулянт, обладнання, технологічні режими обробки [46].

Для організації процесу дефторування води установка має бути сконструйована відповідно до схеми, наведеної на рисунку 3.9.

Установка працюватиме наступним чином. Вода з глибинної свердловини насосом піднімається на поверхню, і під залишковим тиском проходить крізь ежектор, де насичується киснем повітря. Перед ежектором (або після нього) у воду за допомогою насоса-дозатора додається розчин коагулянта – сульфату алюмінію десятиводного, що готується у збірнику розчину коагулянта.

Далі вода потрапляє у камеру пластівцеутворення контактного просвітлювача й далі центральною трубою спускається у нижню частину контактного просвітлювача. Поступово підіймаючись конусною, а потім – циліндричною частиною корпусу контактного просвітлювача, вода очищається від пластівців коагулянта і далі самопливом спрямовується в існуючі накопичувальні ємності. З цих ємностей вода засмоктується насосами та через зернистий фільтр, що завантажений кримським гірським гранодіоритним піском,

потрапляє на існуючий картриджний фільтр, а звідти через ультрафіолетову знезаражуючу установку на лінію розливу [46].

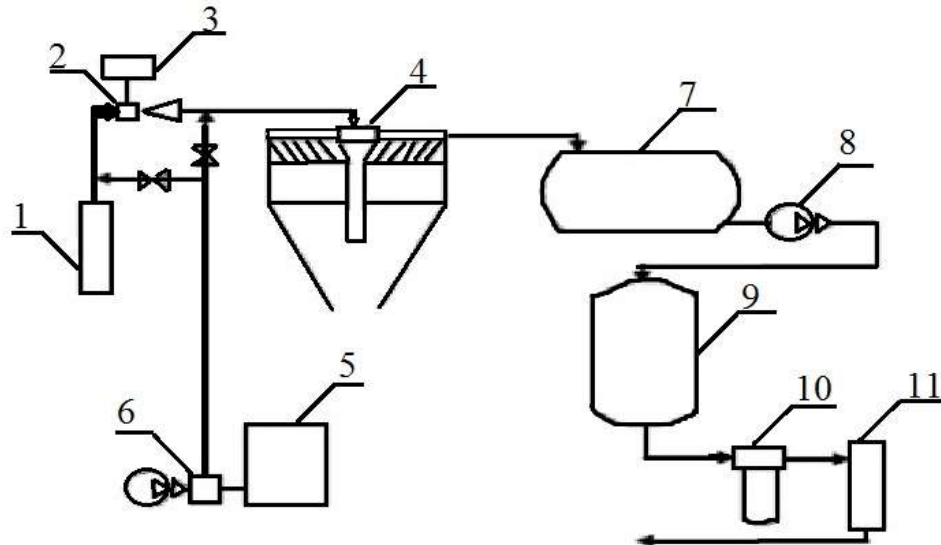


Рис. 3.9 – Схема установки підготовки бутельованої води: 1 – глибинний артезіанський насос; 2 – ежектор; 3 – повітряний картриджний фільтр; 4 – контактний просвітлювач; 5 – збірник розчину коагулянта; 6 – насос-дозатор коагулянта; 7 – накопичувальні ємності; 8 – насоси; 9 – напірний зернистий фільтр, завантажений гранодіоритним піском; 10 – картриджний фільтр з рейтингом фільтрування 5 мкм; 11 – ультрафіолетова знезаражуюча установка

Зазначена конструкція дозволить одночасно з дефторуванням знизити рН обробленої води і привести ці два показники у відповідність до вимог діючого ДСанПіН 2.2.4-171-10. Саме ці два показники дуже часто не відповідають цим вимогам.

3.3 Порівняння методів для дезінфекції питної води

Стійке погіршення якості джерел питного водопостачання, що супроводжується зниженням гігієнічних характеристик води, викликає громадську стурбованість. Серед провідних завдань Всесвітньої організації

охорони здоров'я – вирішення проблеми питного водопостачання, як невід'ємної частини покращення програми охорони здоров'я. Для забезпечення якості питної води необхідно постійно вдосконалювати методи очищення питної води, а також проводити періодичні вимірювання та оцінку її якості.

Для порівняння ми вибрали два методи дезінфекції питної води, а саме хлорування та озонування.

Метод озонування використовується вже понад століття, але тільки в останні 10-15 років цей метод отримав більш широке поширення на різних етапах обробки води з водних джерел. Використання стандартного очищення води (хлоруванням) виявило ряд проблем: мікроорганізми, які є стійкими до дії хлору, а також утворення вторинних продуктів після хлорування, які є токсичними для людини.

Основними цілями обробки води озоном є:

- позбавлення присмаку у воді;
- збільшенню прозорості та зниження кольоровості води;
- дезінфекція та санація;
- стерилізації (позбавлення від мікроорганізмів, грибків, водоростей, бактерій, вірусів та фагів);
- консервація.

У знезараженні води хлор та озон є конкурентними. На даний момент в нашій країні використовують хлор через невисоку вартість обладнання та більш тривалий ефект обробки, в той час коли європейські країни, вже давно відмовилися від цього методу. Дослідження показали, що сполуки, які використовуються для хлорування води, є канцерогенними (тригалопохідні метану та інших хлорорганічних сполук, які іноді токсичніші за вихідні). Виходячи з цього необхідно б було ввести озонування в водоочищення або комбінувати його з хлоруванням. Світова екологічна ситуація погіршилась зокрема і в нашій країні, це призвело до утворення нових окисників. Нові

окисники все ще утворюються й з'являються, тому необхідно постійно оновлювати ставлення до методів очищення води у зв'язку з цими обставинами.

Озон – одним з найсильніших окисників на даний момент. Його особливість в тому, що він не здатний до реакцій заміщень на відміну від хлору. Він дуже швидко розкладається у воді, а значить, з екологічної точки зору є повністю безпечним. До недоліків можна віднести використання певної кількості електроенергії при його синтезі, а також кінцеве хлорування (кількість дозованого хлору, що вноситься у воду, значно менший, ніж з стандартною технологією хлорування) для дезінфекції від речовин, з якими озон, нажаль впоратися не може. Для затвердження необхідної якості води використовують три процеси: сорбційні методи (покращення смакових якостей), коагулювання (знебарвлення води), хлорування (зnezараження води). Ці три процеси ускладнюють технологію очищення води. При використанні озону одночасно виконуються всі три процеси.

При очищенні питної води одним з найбільш важливих аспектів є попереднє окислення, при якому, використовується хлор, діоксид хлору, озон. Попереднє окислення робить дезінфекцію безпечнішою. Важливим параметром цього процесу є час контакту окисника з вірусами та бактеріями. Табл. 3.1 демонструє, що часу контакту буде достатньо, навіть якщо реагенти будуть застосовуватися ближче до кінця обробки. Та й нелогічно намагатися знищити бактерії та віруси на попередній стадії процесу, коли вони є ще захищеними замуленими твердими частинками.

Таблиця 3.1 – Практичні умови дезінфекції

	Хлор	Діоксид хлору	Озон
Знищення бактерій	0,1 – 0,2 ppm 10 – 15 хв	0,1 – 0,2 ppm 5 – 10 хв	0,1 – 0,2 ppm 1 – 2 хв
Знищення вірусів	0,3 – 0,5 ppm 30 – 40 хв	0,3 – 0,5 ppm 30 хв	0,3 – 0,5 ppm 4 хв

*У верхньому рядку комірки вказана доза реагенту ppm, а в нижньому – необхідний контактний час.

Дивлячись на дану таблицю ми бачимо, що озону порівняно з іншими окисниками необхідно значно менше часу для знищення бактерій і вірусів.

Індустріалізація сільського господарства значною мірою погіршила органолептичні показники води. На полях почали частіше застосовувати пестициди, а вони в свою чергу негативно діють на органолептичні властивості води. Токсичність пестицидів, які потрапляють у воду при обробці полів, зростає при очищенні їх хлором, а при їх озонуванні розчин дезодорується у вихідні сполуки, і стає абсолютно безпечним для людського організму.

Таблиця 3.2 – Впливи окисників на органолептичні властивості води

Забрудник		Хлор	Діоксид хлору	Озон
Залізо і марганець		+	++	+++
Аміак		+++	0	0
Органічні речовини	Смак	+	++	+++
	Колір	+	++	+++
	Попередники тригалометанів	+++	0	0
	Посилення біологічного розкладу	+	+	+++

Як видно з таблиці 3.2, озон є найефективнішим для знешкодження у воді металів, що являється важливим фактором при обробці підземних вод, де знаходиться велика частка концентрації металів. Озон володіє кращими показниками, окрім відношення до аміаку та попередників тригалометанів, в цих випадках найкращим виявився хлор, тому його і потрібно комбінувати з озоном у невеликих кількостях задля максимального знешкодження всіх негативних чинників, що знаходяться у воді.

4 ОЦІНКА ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ З ДЖЕРЕЛ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЇЇ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ

4.1 Визначення деяких показників хімічного складу питної води

Як було сказано в пункті 3.2, у харчовій промисловості використовується вода зі свердловин, а також бутильована вода. Перед використанням вода проходить перевірку на якість.

Якість питної води оцінюється низкою показників: бактеріологічних, органолептичних, фізико-хімічних та токсикологічних, які регламентуються державними санітарними нормами та правилами. Якісна питна вода має бути не лише біологічно, радіаційно та хімічно не забрудненою, але і містити певну кількість необхідних мінеральних речовин, що забезпечують фізіологічні потреби людини. Так, показники загальної мінералізації, загальної твердості, загальної лужності, магній, кальцій, калій, натрій, йод та фториди визначають фізіологічну повноцінність питної води, відповідність її мінерального складу біологічним потребам людини [27]. Для цих показників встановлені як максимально допустимі, так і мінімально необхідні рівні їх вмісту у питній воді (табл. 4.1).

Головним джерелом постачання питної води є водогін. Альтернативою водопровідній є вода з пунктів розливу, бутильована, з колодязів і свердловин. Нашою метою було визначення деяких показників хімічного складу питної води, що використовуються для оцінки її якості, та встановлення її придатності до споживання згідно вимог національних нормативів. Для дослідження було відібрано 6 проб води, місце відбору для яких наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.1 – Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води [27]

Показник	Нормативи
Загальна мінералізація, мг/л	200 – 500
Загальна твердість, ммоль/л	1,5 – 7,0
Загальна лужність, ммоль/л	0,5 – 6,5
Кальцій, мг/л	25 – 75
Магній, мг/л	10 – 50
Натрій, мг/л	2 – 20
Калій, мг/л	2 – 20
Фториди, мг/л	0,7 – 1,2

Таблиця 4.2 – Зразки води, відібрані для аналізу

Номер зразку	Доліджувана вода
1	Бутильована вода «Регіна»
2	Бутильована вода «Зіньківська»
3	Вода із свердловини (м. Вінниця, вул. Юності)
4	Вода із свердловини (м. Вінниця, Хмельницьке шосе)
5	Вода з колодязя (с. Агрономічне, Вінницький р-н)
6	Вода з колодязя (с. Мізаківські хутори, Вінницький р-н)

Для відібраних нами проб води аналітично визначали такі показники як мінералізація, загальна твердість, кальцій та магній, загальна лужність, хлориди. Визначення цих показників проводили згідно до методик, які наведені в хімічній літературі.

Загальну лужність води визначали методом кислотно-основного титрування розчином хлоридної або сульфатної кислоти до рН \approx 4,5 в присутності метилоранжу. Для цього в конічну колбу вносили 100 мл води, додавали 2 – 3 краплини метилоранжу і титрували 0,1 моль/л розчином хлоридної кислоти до зміни забарвлення індикатора з жовтого на оранжевий [2].

Загальну лужність q , ммольекв/л, обчислювали за формулою:

$$q = (C \cdot V_1 / V) 1000, \quad (4.1)$$

де C – концентрація робочого розчину кислоти, моль/л;

V – об'єм проби води, мл;

V_1 – об'єм робочого розчину кислоти, витраченого на титрування, мл.

Визначення загальної твердості води проводили комплексонометрично.

Метод ґрунтується на титруванні проби води розчином динатрієвої солі етилендіамінтетраоцтової кислоти (комплексону III) у лужному середовищі при $pH \approx 10$ з хромтемносинім як металохромним індикатором. Для визначення загальної твердості в конічну колбу вносили 10 – 100 мл води залежно від очікуваної величини твердості, розбавляли при необхідності до 100 мл дистильованою водою, додавали 5 мл аміачного буферного розчину з $pH = 10$, кілька краплин розчину хромтемносинього, перемішували і титрували розчином комплексону III з молярною концентрацією еквівалента 0,02 – 0,05 моль/л до переходу червоно-фіолетового кольору розчину в блакитний [2].

Загальну твердість води T_3 , ммольекв/л, визначали за формулою:

$$T_3 = (C_1 \cdot V_1 / V) 1000, \quad (4.2)$$

де C_1 – концентрація робочого розчину комплексону III, моль/л;

V_1 – об'єм робочого розчину комплексону III, витрачений на титрування, мл;

V – об'єм проби води, мл.

Вміст кальцію та магнію визначали комплексонометричним титруванням, яким можна визначати у 100 мл проби 1 мг/л і більше йонів лужноземельних металів. Комплексонометричне визначення кальцію та магнію ґрунтується на таких же реакціях, як і визначення твердості води. У сильнолужному середовищі при $pH 12 - 13$ утворюється комплексонат кальцію, а магній, комплекс якого

менш стійкий, зв'язується в малорозчинний гідроксид магнію. Титрування кальцію розчином комплексону III проводили у присутності мурексиду як металохромного індикатора. Концентрацію магнію розраховували як різницю між загальною твердістю води і вмістом кальцію.

Визначення кальцію. В конічну колбу вносили 25 – 100 мл води залежно від вмісту кальцію, додають 2 мл 2 моль/л розчину NaOH для створення рН 12 – 13, 10 – 15 мг мурексиду і титрували робочим розчином комплексону III з молярною концентрацією еквівалента 0,02–0,05 моль/л до переходу забарвлення з рожевого у фіолетове [2].

Концентрацію кальцію T_{Ca} , ммольекв/л обчислювали за формулою:

$$T_{Ca} = (C_1 \cdot V_1 / V) 1000, \quad (4.3)$$

де C_1 – концентрація робочого розчину комплексону III, моль/л;

V_1 – об'єм робочого розчину комплексону III, витрачений на титрування, мл;

V – об'єм проби води, мл.

Обчисливши концентрацію кальцію за вище наведеною методикою концентрацію магнію T_{Mg} , ммольекв/л, обчислювали за формулою:

$$T_{Mg} = T_{заг} - T_{Ca} \quad (4.4)$$

Хлориди визначали титриметрично методом Мора. Титриметричне визначення хлоридів аргентометричним методом Мора ґрунтується на утворенні в нейтральному або слаболужному середовищі (рН 7 – 10) малорозчинного осаду аргентум хлориду. Для встановлення кінцевої точки титрування як індикатор використовують калій хромат, який з надлишком іонів Ag^+ утворює червоний осад – аргентум хромат. Метод Мора застосовують для визначення хлоридів у розчинах при концентрації понад 2 мг/л. Без додаткового розбавлення можна титрувати проби з концентрацією хлоридів до 400 мг/л. Залежно від концентрації

хлоридів пробу титрують 0,1; 0,05 або 0,02 моль/л робочими розчинами аргентум нітрату. Паралельно проводять холостий розчин з таким же об'ємом бідистиляту.

Визначення хлоридів проводили наступним чином, в конічну колбу вносили 100 мл води, або меншу її кількість, доводячи її об'єм бідистилятом 100 мл, додавали 1 мл розчину K_2CrO_4 і титрували розчином $AgNO_3$ до зміни кольору суспензії від лимono-жовтого до оранжевого [2].

Концентрацію хлорид-іонів C_{Cl} , мг/л обчислювали за формулою:

$$C_{Cl} = (C_1 \cdot (V_1 - V_0) / V) 1000, \quad (4.5)$$

де C_1 – концентрація робочого розчину аргентум нітрату, моль/л;

V_1 – об'єм робочого розчину аргентум нітрату, витрачений на титрування проби води, мл;

V_0 – об'єм робочого розчину аргентум нітрату, витрачений на титрування холостого розчину, мл;

V – об'єм проби води, мл.

Статистичну обробку експериментально отриманих результатів аналізів проводили за загальноприйнятою методикою, розраховуючи такі основні характеристики вибірки: середнє значення (математичне очікування), дисперсію, стандартне відхилення, довірчий інтервал [47].

Середнє значення \bar{x} для вибірки обчислювали за формулою:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (4.6)$$

де x_i – одиничний результат серії вимірювань;

n – число варіант.

Потім обчислювали дисперсію вибірки V , яка характеризує розсіювання результатів відносно середнього:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (4.7)$$

де x_i – одиничний результат серії вимірювань;

\bar{x} – середнє значення вибірки;

n – число варіант.

Далі обчислювали стандартне відхилення s , яке є квадратним коренем з дисперсії, за формулою:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (4.8)$$

де x_i – одиничний результат серії вимірювань;

\bar{x} – середнє значення вибірки;

n – число варіант.

Також обчислювали відносне стандартне відхилення s_r за формулою:

$$s_r = \frac{s}{\bar{x}}, \quad (4.9)$$

де s – стандартне відхилення;

\bar{x} – середнє значення вибірки.

Потім обчислювали довірчий інтервал δ , в який із заданою ймовірністю потрапляє результат хімічного аналізу, за формулою:

$$\delta = \frac{s \cdot t_{p,f}}{\sqrt{n}}, \quad (4.10)$$

де s – стандартне відхилення вибірки з n вимірювань;

$t_{p,f}$ – коефіцієнт Ст'юдента;

f – число ступенів свободи, розраховували за формулою:

$$f = n - 1. \quad (4.11)$$

Результати статистичної обробки даних з визначеного вмісту кальцію в досліджених зразках води наведено в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 – Вміст кальцію у досліджених зразках води

Зразок	x_i , МГ/Л	\bar{x} , МГ/Л	V	$s (s_r)$, МГ/Л	$\delta = \frac{s \cdot t_{p,f}}{\sqrt{n}}$, МГ/Л	$\bar{x} \pm \delta$, МГ/Л
1	97 101 103	100	9,5	3,08 (0,03)	7,65	100±7,65
2	11 13 12	12	1	1 (0,08)	2,48	12±2,48
3	46 48 49	48	2,5	1,58 (0,03)	3,92	48±3,92
4	102 97 103	100	11	3,31 (0,03)	8,23	100±8,23
5	196 192 195	194	4,5	2,12 (0,01)	5,27	194±5,27
6	199 203 204	202	7	2,64 (0,01)	6,56	202±6,56

Статистичну обробку даних для інших показників розраховували аналогічно.

Результати проведених аналітичних досліджень з визначення показників якості питної води для досліджених зразків наведено в таблиці 4.4 [48].

Таблиця 4.4 – Результати вимірювань

Показник	Зразок						Нормативи фізико-хімічних показників безпечності та якості питної води [27]	
	1	2	3	4	5	6	з колодязів	Фасованої, з пунктів розливу
Загальна мінералізація, мг/л	428	120	277	359	790	1134	≤1500	≤1000
Загальна твердість, ммоль/л	6,9	1,3	3,7	6,8	11,5	12,5	≤10	≤7
Кальцій, мг/л	100	12	48	100	194	202	не визн.	≤130
Магній, мг/л	23	8,4	16	22	22	29	не визн.	≤80
Загальна лужність, ммоль/л	5,3	0,9	2	4,5	7,3	5,5	не визн.	≤6,5
Хлориди, мг/л	16	14	49	51	63	85	≤350	≤250

4.2 Екологічна оцінка якості питної води

Згідно ДСанПін 2.2.4-171-10 у питній воді контролюється 31-47 показників (в залежності від типу очистки).

Аналізуючи стандарти питної води Всесвітньої організації охорони здоров'я і більшості провідних світових країн, то ні в одному з них немає жорстких вимог до мінімального або оптимального вмісту солей у воді.

Норми вітчизняного і Європейського стандарту загальної мінералізації:

– Україна: 100-1000 мг/л [27];

– ЄС: до 1000 мг/л.

Недостатня кількість мінеральних елементів у воді може стати причиною виникнення хронічних захворювань:

- карієсу;
- рахіту;
- остеопорозу;
- серцево-судинних захворювань.

Вживання води з низьким вмістом солей – причина патологій вагітності та гіпертонічних хвороб.

Чиста вода вимиває з організму зайві солі. А якщо пити воду з високою концентрацією мінералів, то солі не вимиваються, а, навпаки, накопичуються в організмі. Це призводить до цілого ряду серйозних захворювань:

- артрит;
- порушується робота внутрішніх органів;
- утворюються ниркові і жовчні камені;
- порушуються біохімічні та метаболічні процеси в організмі;
- суттєво збільшується ризик інфаркту або ішемічної хвороби серця [49].

За мінералізацією та вмістом хлоридів всі досліджені зразки відповідають нормативам фізико-хімічних показників безпечності та якості питної води.

Твердість (жорсткість) води обумовлена наявністю катіонів Ca^{2+} та Mg^{2+} . Якщо вода містить значні кількості таких солей, то таку воду називають жорсткою, а коли цих солей зовсім немає, або вони містяться в незначних кількостях, то – м'якою.

Головний чинник, що впливає на величину твердості – розчинення гірських порід (вапняки, доломіти), які містять кальцій і магній. Під час проходження крізь них природної води, вапнякові породи розчиняються.

Аналізуючи отримані експериментальні дані серед досліджених нами 6 зразків питної води загальна твердість перевищена лише у двох зразках колодязної води (зразки 5 і 6). На нашу думку, причиною цього може бути те, що влітку спостерігалась критична ситуація з відсутністю води у деяких колодязях у другій половині літа.

На основі літературних та експериментальних даних вміст кальцію та магнію серед досліджених зразків відповідають встановленим нормативам лише зразки фасованої води (зразки 1, 2) У водопровідній та колодязній воді вміст кальцію, магнію та гідрокарбонатів не нормується.

Порівнявши отримані експериментальні дані (табл. 4.4) та нормативи фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води (табл. 4.1), ми бачимо, що за мінералізацією, твердістю, лужністю, вмістом магнію і кальцію лише один зразок (3-й) відповідає даним нормативам. В зразках 1 та 4 дещо перевищений вміст кальцію. Навпаки, у зразку 3 більшість показників менші за нижню межу. Значення загальної лужності у більшості досліджених зразків води знаходяться в межах нормативного діапазону. Незначне перевищення цього показника відмічено лише для колодязної води (5-й зразок).

Таким чином, більшість досліджених зразків води відповідають нормативам безпечності та якості питної води за визначеними фізико-хімічними показниками. Лише для одного зразку води значення всіх визначених показників знаходяться в межах нормативного діапазону фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води.

5 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУТНУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ

5.1 Витрати на хлорування

Для знезараження води КП “Вінницяоблводоканал” використовує рідкий хлор. Він являє собою рідину бурштинового кольору. В Україні єдиним підприємством, яке виробляє рідкий хлор є “Дніпроазот”.

В липні 2019 року підприємство збільшило ціну на рідкий хлор майже в 5 разів. Причиною вони оголосили – занадто високі ціни на газ, які зробили роботу підприємства збитковою. До підняття ціни тонна рідкого хлору коштувала 11000 грн, а зараз – 47250 грн з ПДВ.

Фактичний обсяг стічних вод на КП “Вінницяоблводоканал” на двох очисних спорудах становить 150000 м³/добу.

Згідно з річним планом закупівель на 2021 рік (станом на 18.10.2021) КП “Вінницяоблводоканал” в рік на рідкий хлор для знезараження стічних вод витрачає 11 900000 грн.

5.2 Визначення потреби в озонаторах

Установка для озонування складається з: озонаторів, обладнання для підготовки й подачі повітря, систем електроживлення, камер для контакту озону з водою, обладнання для утилізації залишкового озону.

Для розрахунку параметрів рекреаційних камер необхідно визначити площу розпилювальних елементів, які розміщуються на дні камери для забезпечення рівномірного барботажу. В якості розпилюючих елементів приймаємо стандартні керамічні труби з порами розміром 20 мкм. Інтенсивність розпилювання 80 – 90 м³/м²·год. Зовнішній діаметр 30 мм, зовнішній радіус труби R = 0,05 м. Довжина розпилюючого елемента L = 5 м.

Доза озону для знезаражування стічних вод залежить від ступеня попереднього очищення і вмісту органічних речовин у стічних водах, часу контакту стічних вод з озоном, концентрації озону в озоно-повітряній суміші.

Розрахуємо основні параметри розпилювальних елементів озонатора.

Вихідні дані:

Витрата стічних вод $Q = 150\,000 \text{ м}^3/\text{добу} = 6\,250 \text{ м}^3/\text{год}$

Приймаємо прилад ОП-121 (номінальна продуктивність за озоном $q_{\text{оз}} = 6 \text{ кг/год}$)

Концентрація озону в озоно-повітряній суміші $C = 13 \text{ г/м}^3$

Інтенсивність розпилювання $w = 30 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$

Тривалість обробки $T = 20 \text{ хв}$

Необхідний вміст озону $d_{\text{оз}} = 10 \text{ г/м}^3$

Пропускна здатність озонатора $q_{\text{оз}} = 6 \text{ кг/год}$

Хід розрахунку:

1. Визначаємо необхідну загальну площу розпилювальних елементів рекреаційної камери барботажного типу:

$$f_{\text{заг}} = \frac{Q \cdot d_{\text{оз}}}{C \cdot w} \quad (5.1)$$

де Q – витрата стічних вод, $\text{м}^3/\text{год}$;

$d_{\text{оз}}$ – необхідний питомий вміст озону, г/м^3 ;

C – концентрація озону в озоно-повітряній суміші, г/м^3 ;

w – інтенсивність розпилювання, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$.

$$f_{\text{заг}} = \frac{6250 \cdot 6}{13 \cdot 30} = 96,1 \text{ м}^2$$

2. Визначаємо площу одного розпилюючого елемента:

$$f_e = 2\pi RL \quad (5.2)$$

де R – зовнішній радіус труби, м;

L – довжина розпилюючого елемента, м.

$$f_e = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,05 \cdot 5 = 1,57$$

3. Кількість розпилювальних елементів визначається за формулою:

$$n = \frac{f_{\text{заг}}}{f_e} = \frac{96,1}{1,57} = 61 \quad (5.3)$$

4. Визначаємо загальний об'єм камери:

$$W = k_{\text{пр}} \cdot Q \cdot T \quad (5.4)$$

де $k_{\text{пр}}$ – коефіцієнт збільшення об'єму води за рахунок її продувки озоноповітряною сумішшю, становить 1,1;

T – тривалість обробки, год (20 хв = 0,33 год).

$$W = 1,1 \cdot 6250 \cdot 0,33 = 2268,75 \text{ м}^3$$

5. Висоту шару води над розпилювачами приймаємо рівною 3 м.

6. Довжина прямокутної камери відповідає довжині розпилювального елемента ($L = 5$ м).

7. Визначаємо ширину камери озонування:

$$B = \frac{W}{L \cdot H} = \frac{2268,75}{5 \cdot 5} = 90,75 \text{ м} \quad (5.5)$$

8. Питома витрата озону:

$$D_{\text{оз}} = \frac{d_{\text{оз}} \cdot Q}{100} = \frac{6 \cdot 6250}{100} = 375 \text{ кг/год} \quad (5.6)$$

9. Визначаємо кількість озонаторів:

$$m = \frac{k \cdot D_{\text{оз}}}{q_{\text{оз}}} = \frac{1 \cdot 375}{6} = 62,5 \approx 63 \quad (5.7)$$

де k – коефіцієнт запасу, приймаємо 1.

Отже, для знезараження 150 000 м³ стічних вод на КП “Вінницяоблводоканал” потрібно 63 озонатори.

Капітальні витрати на природоохоронні заходи в даному випадку – вартість придбаних озонаторів.

Ціна одного озонатора ОК-10000 з усіма суміжними деталями складає 120 000 грн, для знезараження 150 000 м³ стічних вод потрібно 63 озонатори, тому вартість становитиме:

$$K = 120\,000 \cdot 63 = 7\,560\,000 \text{ грн.}$$

5.3 Загальна економічна ефективність природоохоронних заходів

Розмір чистого економічного ефекту знаходиться за формулою:

$$E_a = \frac{\sum E_{i\phi}}{C + E_n \cdot K} \quad (5.8)$$

де E_a – розмір економічного ефекту;

$E_{i\phi}$ – загальний ефект;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_n = 0,15$;

C – поточні витрати;

K – вартість установок.

$$E_{i\phi} = Y_{\text{пр}} + \Delta D \quad (5.9)$$

де $Y_{\text{пр}}$ – результат природоохоронних заходів;

ΔD – додатковий дохід.

$$C = C_{\text{ел}} + C_{\text{з/пл}} \quad (5.10)$$

де $C_{\text{ел}}$ – витрати на електроенергію;

$C_{\text{з/пл}}$ – витрати на заробітну плату.

Окупність придбаних установок здійсниться за рахунок заміщення використання рідкого хлору. Отже, загальна вартість рідкого хлору на рік становить:

$$\Delta D = 11\,900\,000 \text{ грн/рік}$$

Споживна потужність озонаторних установок 200 кВт·год, установки використовуються цілодобово, з 23-ї до 7-ї години, коли діє нічний тариф, а також в звичний тариф з 7-ї до 23-ї години. Вартість електроенергії для підприємств у нічний час становить 0,84 грн/кВт·год, а в денний час – 1,68 грн/кВт·год.

Споживна потужність ОК-10000 на добу становить 50,3 кВт, отже, електроспоживання на годину становить $50,3/24=2,1$ кВт·год. Враховуючи, що таких установок у нас 63, то вартість споживання на добу буде коштувати:

$$C_{\text{ел}} = 63 \cdot (8 \cdot 2,1 \cdot 0,84 + 14 \cdot 2,1 \cdot 1,68) = 4000,5 \text{ грн/добу}$$

В рік це буде становити:

$$C_{\text{ел}} = 4000,5 \cdot 365 = 1460182,5 \text{ грн/рік}$$

При повноцінному хлоруванні необхідно 10 людей персоналу для обслуговування знезараження даним методом. Середня заробітна плата на КП “Вінницяоблводоканал” становить 8 000 гривень.

Але за умовами оплати праці працівників на основі єдиної тарифної сітки, які затверджені наказом Кабінету Міністрів України від 18.10.2015 №745, передбачена доплата працівникам за використання в роботі дезінфікуючих засобів – у розмірі 10 відсотків.

Тобто загальна середня сума зарплати одного працівника становить 8800 гривень. При впровадженні озонаторних установок потрібно збільшити кількість працівників. Так як для обслуговування однієї озонаторної установки потрібно 2 людини, а установок потрібно 63, то кількість працівників має бути 136.

В рік на заробітну плату працівників потрібно буде виділяти:

$$C_{\text{з/пл}} = (136 \cdot 8800) \cdot 12 = 14361600 \text{ грн/рік}$$

$$E_a = \frac{11900000}{1460182,5 + 14361600 + 0,15 \cdot 7560000} = 0,51$$

Якщо $E_a > 0,14$, то природоохоронний захід вважають економічно ефективним.

Виходячи з розрахунків, які були проведені вище, можна порахувати через скільки років придбані установки окупляться:

$$T_o = \frac{1}{E_a} = \frac{1}{0,51} \approx 2 \text{ роки} \quad (5.11)$$

Отже, при придбанні 63 установок окупність загальної вартості відбудеться приблизно через 2 роки. Даний результат є задовільним, тому що термін експлуатації даних озонаторних установок становить близько 50 років.

ВИСНОВКИ

В магістерській дипломній роботі наведено теоретичні узагальнення та аналіз експериментальних даних щодо стану забезпечення якісною питною водою населення, також обґрунтовано економічну ефективність модернізації обладнання на КП “Вінницяоблводоканал”.

Для виконання проставлених задач було виконано наступне:

- проаналізовано основні групи речовин, які містяться в природній воді та встановлено, що наявні у природній воді речовини впливають на її властивості та придатність до використання для забезпечення життєдіяльності людини, в різноманітних технологічних процесах, у сільському господарстві тощо;
- охарактеризовано природні води як джерело водопостачання. В Україні питне водопостачання на 70 % забезпечується з поверхневих джерел, з яких найчастіше використовують річки;
- проаналізовано основні показники якості питної води. У відповідності до вимог ДСанПіНу 2.2.4-171-10, питна вода, яка призначена для споживання людиною, повинна відповідати таким гігієнічним вимогам: бути безпечною в епідемічному та радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості та нешкідливий хімічний склад. Вміст у питній воді шкідливих речовин, не зазначених у Санітарних нормах, не повинен перевищувати їх граничнодопустимих концентрацій (ГДК), визначених санітарними нормами для поверхневих вод;
- проаналізовано сучасні технології підготовки питної води, які використовуються у світі і було вибрано оптимальну технологію підготовки для України;
- описано схему підготовки бутильованої води;
- визначено деякі показники хімічного складу питної води, що використовуються для оцінки її якості, та встановлено її придатність до

споживання згідно вимог національних нормативів. Також проведено статистичну обробку експериментально отриманих результатів аналізу відібраних проб. Більшість досліджених зразків води відповідають нормативам безпеки та якості питної води за визначеними фізико-хімічними показниками;

- описано вплив неякісної питної води на організм людини;
- обґрунтовано еколого-економічну ефективність модернізації обладнання для КП “Вінницяоблводоканал”.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Іванченко Л. В. Хімія і технологія води : навчальний посібник / Л. В. Іванченко, В. Я. Кожухар, В. В. Брем. – Одеса : Екологія, 2017. – 208 с.
2. Набиванець Б. Й. Аналітична хімія природного середовища : підручник / Б. Й. Набиванець, В. В. Сухан, Л. В. Калабіна. – К. : Либідь, 1996. – 304 с.
3. Шиян Л. Н. Химия воды. Водоподготовка : учебное пособие / Л. Н. Шиян. – Томск : Изд-во ТПУ, 2004. – 72 с.
4. Хільчевський В. К. Основи гідрохімії : підручник / В. К. Хільчевський, В. І. Осадчий, С. М. Курило. – К. : Ніка-Центр, 2012. – 312 с.
5. Осадча Н. М. Осадчий Дослідження умов формування величини рН водних екосистем Дніпра, Дунаю, Західного Бугу / Н. М. Осадча, В. І. Осадчий // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вип. 252. – С 40–52.
6. Горєв Л. М. Гідрохімія України : підручник / Л. М. Горєв, В. І. Пелешко, В. К. Хільчевський. – К. : Вища школа, 1995. – 308 с.
7. Пелешко В. І., Хільчевський В. К. Загальна гідрохімія : підручник. – К. : Либідь, 1997.– 382 с.
8. Рабченюк О. О. Ферум у водних екосистемах: форми знаходження, біологічне значення та токсичність для риб / О. О. Рабченюк, В. О. Хоменчук, В. З. Курант // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. – 2016. – № 3–4 (67). – С. 107–119.
9. Степова О. В. Оцінка біогенного забруднення поверхневих водойм Полтавської області / О. В. Степова, В. В. Рома // Вісник Полтавської державної аграрної академії – 2016. – № 1–2. – С. 93–97.
10. Юрасов С. М. Оцінка якості природних вод : навчальний посібник / С. М. Юрасов, Т. А. Сафранов, А. В. Чугай. – Одеса : Екологія, 2012. – 168 с.

11. Гриб О. М. Оцінка, прогнозування та управління якістю водних ресурсів : конспект лекцій / О. М. Гриб, В. В. Белов, Н. Д. Отченаш. – Одеса : ОДЕКУ, 2015. – 121 с.
12. Хвесик М. А. Водні ресурси – інвестиція сьогодення і перспектива майбутнього / М. А. Хвесик, В. М. Мандзик // Інвестиції: практика та досвід. – 2009. – № 1. – С. 2–8.
13. Шаповалова І. О. Наявність та використання водних споживчих ресурсів / І. О. Шаповалова // Культура народів Причорномор'я. – 2007. – № 116. – С. 107–111.
14. Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення»
15. Павлинова И. И. Водоснабжение и водоотведение / И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий. – Москва : Юрайт, 2015. – 472 с.
16. Водопостачання та водовідведення. Конспект лекцій для студентів 1 курсу денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)» спеціальності «Водопостачання та водовідведення» / К. Б. Сорокіна. – Харків : ХНАМГ, 2009. – 80 с.
17. Туровська Г. І. Якісна питна вода – базова складова життєдіяльності людини / Г. І. Туровська, А. О. Туровська // Молодий вчений. – 2017. – № 8. – С. 413–416.
18. Клименко В. Г. Гідрологія України: Навчальний посібник для студентів-географів / В. Г. Клименко. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2010. – 124 с.
19. Василюк А. В. Аналіз сучасного стану водних ресурсів України і шляхів їх раціонального використання в галузях економіки / А. В. Василюк // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2014. – Вип. 55. – С.42–46. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vodaba_2014_55_7
20. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2018 році [Електронний ресерс]. – Режим

- доступу: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2019/11/Proekt-Nats.-dop.-za-2018.pdf>
21. Прокопов В. О. Стан та якість питної води централізованих систем водопостачання України в сучасних умовах (погляд на проблему з позицій гігієни) / В. О. Прокопов // Гігієна населених місць. – 2014. – № 64. – С. 56–67.
 22. Прокопов В. О. Стан децентралізованого господарсько-питного водопостачання України // В. О. Прокопов, О. М. Кузьмінець, В. А. Соболев // Гігієна населених місць. – 2008. – № 51. – С. 63–67.
 23. Шестопапов В. М. Подземные воды трещиноватых кристаллических пород как резервный источник питьевого водоснабжения Винницы (Украина) / В. М. Шестопапов, Б. Д. Стеценко, Ю. Ф. Руденко. // Геол. журн. – 2018. – № 1 (362). – С. 6–16.
 24. Дегтяр М. В. Особливості використання альтернативних джерел водопостачання / М. В. Дегтяр // Комунальне господарство міст. – 2014. – Вип. 118. – С. 106–108.
 25. Хоружий В. П. Оцінка потенціалу поверхневих водних джерел в басейні річок Дніпро і Дністер та шляхи вирішення проблеми забезпечення населення доброякісною водою / В. П. Хоружий, А. В. Василюк, І. П. Недашковський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2018. – Вип. 70. – С. 138–144.
 26. Стан підземних вод України, щорічник. – Київ: Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2018. – 121 с. – Режим доступу: http://geoinf.kiev.ua/wp/wp-content/uploads/2018/07/2017_sajt.pdf
 27. Державні санітарні правила і норми України 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, яка використовується для споживання людиною». – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>
 28. Державні санітарні правила і норми "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання".

№136/1940 від 15.04.97. – Режим доступу:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0136-97>

29. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними критеріями / [В. Д. Романенко, О. П. Оксіюк, В. Н. Жукинський та ін.]. – К.: Символ-Т, 1998. – 28 с.
30. Руководство по контролю качества питьевой воды. Уровни рекомендуемых величин. – Женева, 1994. – С. 148-153.
31. Бузинний М. Г. Природна радіоактивність питної води свердловин на території України / М. Г. Бузинний // Гігієнічна наука та практика на рубежі століть: Матеріали XIV з'їзду гігієністів України, 19-21 травня 2004 року. (Дніпро) / Під ред. Ю. І. Кундієва, А. М. Сердюка, Є. Г. Гончарука, О. В. Лапушенко. – К., 2004. – Т.ІІ. – С. 308-310.
32. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). – К.: МОЗ України, 1998. – 135 с.
33. Бузинний М. Г. Дослідження природних радіонуклідів у підземній воді в Україні / М. Г. Бузинний, Л. Л. Михайлова, В. І. Сахно, М. О. Романченко // Довкілля та здоров'я. – 2001. – №1. – С. 31-35.
34. Семенченко В. П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод: Монография. / В. П. Семенченко. – Минск: Орех, 2004. – 125 с.
35. Ляндзберг А. Р. Биоиндикация состояния пресного водоема с помощью донных организмов / А. Р. Ляндзберг // Исследовательская работа школьников. – 2004, № 1-2.
36. Матюкас К. В. Определение качества воды по донным животным. / К. В. Матюкас. – К.: Клайпеда, 2005.
37. Федорова Г. В. Гідрохімія і методи гідрохімічних досліджень: Конспект лекцій. / Г. В. Федорова. – Дніпро: Економіка, 2006. – 80 с.
38. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. / А. К. Запольський. – К.: Вища шк., 2005. – 671 с.: іл.
39. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання: Підручник. / А. М. Тугай, В. О. Орлов. – К.: Знання, 2009. – 735 с.

40. Мицук О.А. Сучасні технології підготовки питної води / Мицук О.А., Мідяний С.В., Мазурак О.Т. // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького . – 2008. – №2-4.
41. Рябчиков Б.Е. Современная водоподготовка. / Рябчиков Б.Е. – М.: Дели плюс, – 2013. – 680 с.
42. Реалії сьогодення та перспективи майбутнього підготовки питної і технологічної води / А. А. Долінський, О. М. Ободович, В. В. Сидоренко, Н. А. Гусятинська // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2018. – Т. 24, № 2. – С. 247–255.
43. Чарний, Д. В. Шляхи оптимізації технологій водопідготовки з поверхневих водних джерел / Д. В. Чарний // Водопостачання. Водовідведення. – 2014. – № 5. – С. 44–51.
44. Аксьонова О. Ф. Удосконалення існуючої схеми підготовки води для виробництва води питної фасованої / О. Ф. Аксьонова, В. Г. Михайленко, О. О. Любавіна, О. В. Антонов // Харчова наука і технологія. – 2012. – № 1. – С. 19–23.
45. Литвиненко, Т. Фасована питна вода: вимоги до складу, зберігання та маркування / Т. Литвиненко // Управління якістю. – 2019. – № 5 (17), трав. – С. 63–65.
46. Любавіна О. О. Використання гранодіоритного піску у технології дефторування води / О. О. Любавіна, О. Ф. Аксьонова, В. Г. Михайленко // Вісник Харківського національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”: Зб. наук. пр. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2005. – №26. – С. 61-66.
47. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни “Фізико-хімічні методи аналізу навколишнього середовища” для студентів напряму підготовки 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування” / Уклад. А. П.

- Ранський, О. А. Гордієнко, М. В. Євсєєва, Н. С. Звездецька. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 47 с.
48. Запрелюк М. С. Оцінка якості питної води за деякими показниками хімічного складу [Електронний ресурс] / М. С. Запрелюк, О. А. Гордієнко // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. - Електрон. текст. дані. – 2018. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2018/paper/view/4305>.
49. Курик М. В. Екологічна безпека здоров'я людини / М. В. Курик. – К.: Трибуна, 1999 – №3-4.

ДОДАТОК А**Технічне завдання**

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕЕБ
д.т.н., професор
_____ В.Г.Петрук
(підпис)

«05» _____ жовтня _____ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

**«Екологічно безпечні технології підготовки питної води та оцінка її
якості»**

08-48. МКР.105.01.000 ТЗ

спеціальність 183 – Технології захисту навколишнього середовища

Керівник магістерської кваліфікаційної
роботи: к.х.н., доцент
_____ Т. І. Сидорук
(підпис)

«05» _____ жовтня _____ 2021 р.

Розробив: студент групи ТЗД-20м
_____ М. С. Запрелюк
(підпис)

«05» _____ жовтня _____ 2021 р.

1. Підстава для проведення робіт

Підставою для виконання роботи є наказ № 277 по ВНТУ від «24» вересня 2021 р., та індивідуальне завдання на МКР, затверджене протоколом № 3 засідання кафедри ЕЕБ від «28» вересня 2021 р.

2. Мета роботи. Оцінка якості питної води, аналіз сучасних технологій підготовки води та розробка оптимальної системи для дезінфекції питної води.

3. Вихідні дані для проведення робіт.

Витрати на хлорування та вартість озонаторних установок

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.	05.10.2021
2.	Літературний огляд та характеристика природних вод	12.10.2021
3.	Аналіз основних показників якості питної води	26.10.2021
4.	Дослідження екологічно безпечних технологій підготовки питної води	09.11.2021
5.	Оцінка якості питної води за показниками її хімічного складу	23.11.2021
6.	Проведення еколого-економічного обґрунтування ефективності модернізації обладнання	30.11.2021
7.	Підготовка висновків, додатків і переліку літератури.	15.12.2021

6. Призначення і галузь використання

Результати роботи можуть бути використані для модернізації обладнання на КП «Вінницяоблводоканал».

7. Вимоги до розробленої документації

Пояснювальна записка та графічна частина

8. Порядок приймання роботи

Публічний захист роботи «21» грудня 2021 р.

Початок розробки «28» вересня 2021 р.

Граничні терміни виконання МКР «15» грудня 2021 р.

Розробив студент групи ТЗД-20м _____ Запрелюк Марія Сергіївна
(підпис)

Додаток Б. Місця відбору проб

Таблиця Б.1 – Місця відбору проб

Номер зразку	Вид води	Адреса
1	Бутильована вода	ПРАТ МКЗ «Регіна», Вінницька обл., Мурованокуриловецький р-н, смт. Муровані Курилівці, вул. Заводська, 18
2	Бутильована вода	ТМ «Зіньківська», Полтавська область обл., м. Зіньків, вулиця Леніна, 1
3	Вода із свердловини	м. Вінниця, вул. Юності
4	Вода із свердловини	м. Вінниця, Хмельницьке шосе
5	Вода з колодязя	с. Агрономічне, Вінницький р-н
6	Вода з колодязя	с. Міз'яківські хутори, Вінницький р-н

Додаток В. Основні поверхневі джерела водопостачання України

Рисунок В.1 – Основні поверхневі джерела водопостачання України



Додаток Г. Зосередження підземних вод на території України

Рисунок Г.1 – Зосередження підземних вод на території України



● – області, в яких зосереджена основна частина підземних вод.

Основні поверхневі джерела водопостачання України



					08-48.МКР.105.01.001 ГЧ					
					Основні джерела водопостачання України	Літ.			Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Запрелюк М. С.		14.12.21						
Перевірів		Сидорук Т. І.		14.12.21						
Г.контр.						Аркуш 1			Аркушів 10	
Рецензент		Гордієнко О. А.		14.12.21		ВНТУ, ТЗД-20м				
Н. контр.		Васильківський І.В.		14.12.21						
Затвердив		Петрук В. Г.		14.12.21						

Зосередження підземних вод на території України



08-48.МКР.105.01.002 ГЧ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зосередження підземних вод на території України	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Запрелюк М. С.		14.12.21				
Перевірив		Сидорук Т. І.		14.12.21				
Т.контр.						Аркуш 2	Аркушів 10	
Рецензент		Гордієнко О. А.		14.12.21		ВНТУ, ТЗД-20м		
Н. контр.		Васильківський І.В.		14.12.21				
Затвердив		Петрук В. Г.		14.12.21				

Мікробіологічні показники безпеки питної води

Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
Число бактерій в 1 мл води	КУО/л	Не більше 100
Число бактерій групи кишкових паличок (коліформних мікроорганізмів) в 1 л води	КУО/л	Не більше 3
Число термостабільних кишкових паличок (фекальних коліформ) в 100 мл води	КУО/л	Відсутність
Число патогенних мікроорганізмів в 1 л води	КУО/л	Відсутність
Число коліфагів в 1 л води	БУО/л	Відсутність

08-48.МКР.105.01.003 ГЧ

					08-48.МКР.105.01.003 ГЧ			
					Літ.		Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Запрелок М. С.		14.12.21	Мікробіологічні показники безпеки питної води			
Перевірив		Сидорук Т. І.		14.12.21				
Т.контр.								
Рецензент		Гордієнко О. А.		14.12.21	Аркуш 3		Аркушів 10	
Н. контр.		Васильківський І.В.		14.12.21	ВНТУ, ТЗД-20м			
Затвердив		Петрук В. Г.		14.12.21				

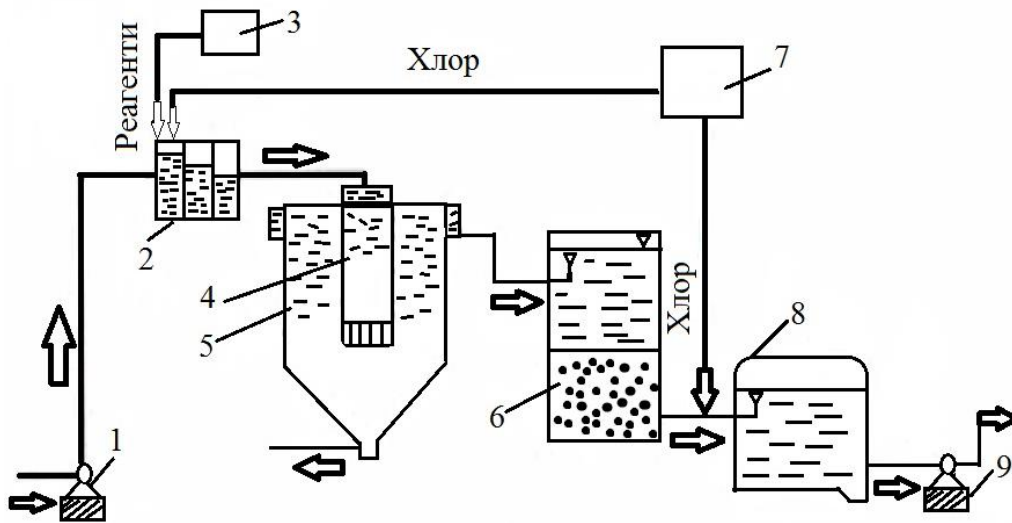
Паразитологічні показники безпеки питної води

Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
Число патогенних кишкових найпростіших	(Клітини, цисти)/25 л	Відсутність
Число кишкових гельмінтів	(Клітини, яйця, личинки)/25 л	Відсутність

08-48.МКР.105.01.004 ГЧ

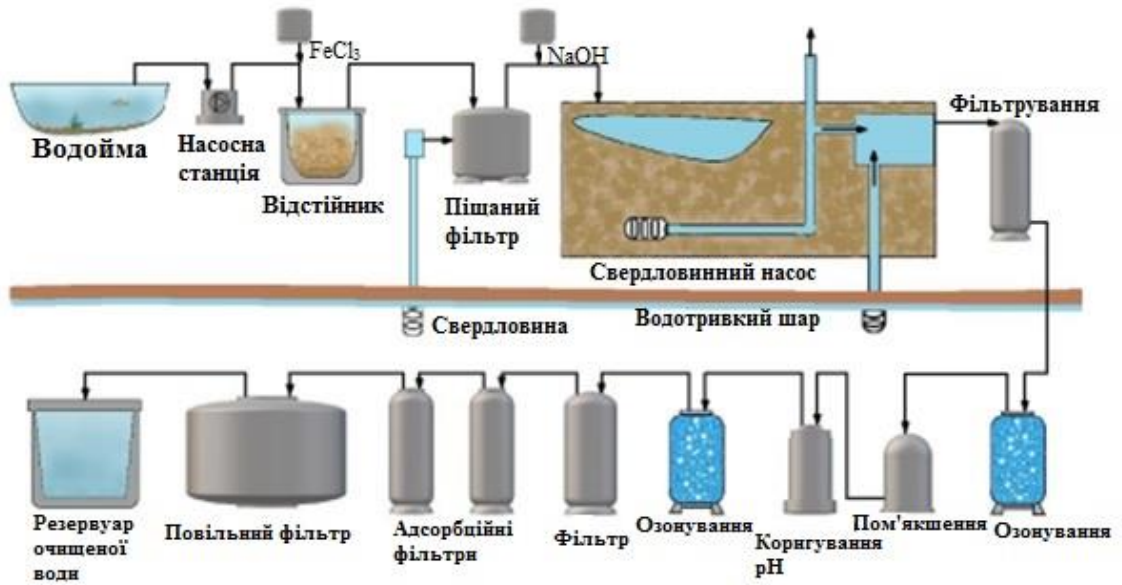
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Паразитологічні показники безпеки питної води	Літ.	Маса	Масшта
Розробив		Запрелюк М. С.		14.12.21				
Перевірив		Сидорук Т. І.		14.12.21				
Т.контр.						Аркуш 4		Аркушів 10
Рецензент		Гордієнко О. А.		14.12.21		ВНТУ, ТЗД-20м		
Н. контр.		Васильківський І.В.		14.12.21				
Затвердив		Петрук В. Г.		14.12.21				

Схема технологічних споруд водоочисних станцій з вертикальним відстійником і швидкими фільтрами



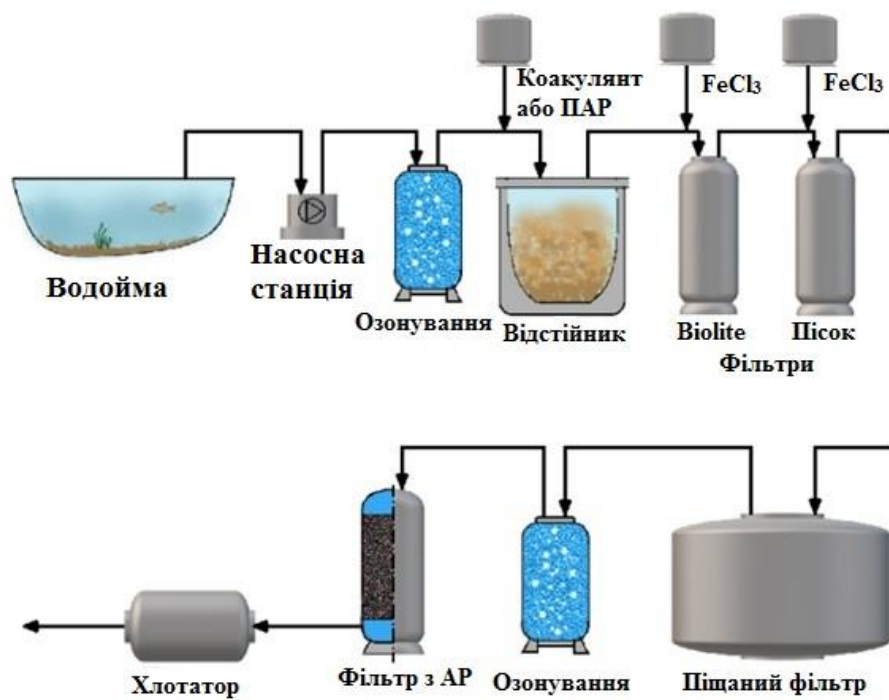
					08-48.МКР.105.01.005 ГЧ				
					Схема технологічних споруд водоочисних станцій з вертикальним відстійником і швидкими фільтрами	Літ.		Маса	Масшта
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Запрелюк М. С.		14.12.21					
Перевірів		Сидорук Т. І.		14.12.21					
Т.контр.						Аркуш 5		Аркушів 10	
Рецензент		Гордієнко О. А.		14.12.21		ВНТУ, ТЗД-20м			
Н. контр.		Васильківський І.В.		14.12.21					
Затвердив		Петрук В. Г.		14.12.21					

Схема підготовки питної води в Нідерландах



					08-48.МКР.105.01.006 ГЧ				
					Схема підготовки питної води в Нідерландах	Літ.		Маса	Масшта
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Запрелюк М. С.		14.12.21					
Перевірив		Сидорук Т. І.		14.12.21					
Т.контр.						Аркуш 6		Аркушів 10	
Рецензент		Гордієнко О. А.		14.12.21	ВНТУ, ТЗД-20м				
Н. контр.		Васильківський І.В.		14.12.21					
Затвердив		Петрук В. Г.		14.12.21					

Схема підготовки питної води в Іврі-сюр-Сен (Париж)



08-48.МКР.105.01.007 ГЧ

					08-48.МКР.105.01.007 ГЧ							
					Літ.		Маса	Масшта				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Схема підготовки питної води в Іври-сюр-Сен (Париж)							
Розробив		Запрелюк М. С.		14.12.21								
Перевірив		Сидорук Т. І.		14.12.21								
Т.контр.									Аркуш 7		Аркушів 10	
Рецензент		Гордієнко О. А.		14.12.21	ВНТУ, ТЗД-20м							
Н. контр.		Васильківський І.В.		14.12.21								
Затвердив		Петрук В. Г.		14.12.21								

Практичні умови дезінфекції

	Хлор	Діоксид хлору	Озон
Знищення бактерій	0,1 – 0,2 ppm 10 – 15 хв	0,1 – 0,2 ppm 5 – 10 хв	0,1 – 0,2 ppm 1 – 2 хв
Знищення вірусів	0,3 – 0,5 ppm 30 – 40 хв	0,3 – 0,5 ppm 30 хв	0,3 – 0,5 ppm 4 хв

					08-48.МКР.105.01.008 ГЧ				
					Практичні умови дезінфекції	Літ.		Маса	Масшта
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Запрелюк М. С.		14.12.21					
Перевірив		Сидорук Т. І.		14.12.21					
Т.контр.						Аркуш 8		Аркушів 10	
Рецензент		Гордієнко О. А.		14.12.21	ВНТУ, ТЗД-20м				
Н. контр.		Васильківський І.В.		14.12.21					
Затвердив		Петрук В. Г.		14.12.21					

Зразки води, відібрані для аналізу

Номер зразку	Доліджувана вода
1	Бутильована вода «Регіна»
2	Бутильована вода «Зіньківська»
3	Вода із свердловини (м. Вінниця, вул. Юності)
4	Вода із свердловини (м. Вінниця, Хмельницьке шосе)
5	Вода з колодязя (с. Агрономічне, Вінницький р-н)
6	Вода з колодязя (с. Мізківські хутори, Вінницький р-н)

					08-48.МКР.105.01.009 ГЧ					
					Зразки води, відібрані для аналізу	Літ.			Маса	Масшта
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Запрелюк М. С.		14.12.21						
Перевірів		Сидорук Т. І.		14.12.21						
Т.контр.						Аркуш 9			Аркушів 10	
Рецензент		Гордієнко О. А.		14.12.21		ВНТУ, ТЗД-20м				
Н. контр.		Васильківський І.В.		14.12.21						
Затвердив		Петрук В. Г.		14.12.21						

Результати вимірювань

Показник	Зразок						Нормативи фізико-хімічних показників безпечності та якості питної води [27]	
	1	2	3	4	5	6	з колодязів	Фасованої, з пунктів розливу
Загальна мінералізація, мг/л	428	120	277	359	790	1134	≤1500	≤1000
Загальна твердість, ммоль/л	6,9	1,3	3,7	6,8	11,5	12,5	≤10	≤7
Кальцій, мг/л	100	12	48	100	194	202	не визн.	≤130
Магній, мг/л	23	8,4	16	22	22	29	не визн.	≤80
Загальна лужність, ммоль/л	5,3	0,9	2	4,5	7,3	5,5	не визн.	≤6,5
Хлориди, мг/л	16	14	49	51	63	85	≤350	≤250

08-48.МКР.105.01.010 ГЧ

					08-48.МКР.105.01.010 ГЧ				
					Результати вимірювань	Літ.		Маса	Масшта
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Запрелок М. С.		14.12.21		Аркуш 10	Аркушів 10	ВНТУ, ТЗД-20м	
Перевірів		Сидорук Т. І.		14.12.21					
Т.контр.									
Рецензент		Гордієнко О. А.		14.12.21		Аркуш 10	Аркушів 10	ВНТУ, ТЗД-20м	
Н. контр.		Васильківський І.В.		14.12.21					
Затвердив		Петрук В. Г.		14.12.21					