

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології
Кафедра водопостачання та водовідведення

“ Допустити до захисту в
АЕК”

Завідувач кафедри

„___” _____ 2025 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА ЗА ОПП/ОНП**

Водопостачання сільського населеного пункту з розробкою системи
водопостачання лікарні

(назва)

Виконав студент групи ВВМН-23

Бійчук Володимир Петрович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Спеціальність: 192. Будівництво та цивільна
інженерія

Спеціалізація: Водопостачання та водовідведення

Керівник: Шаманський С.Й.

(прізвище, ініціали.)

д.т.н., проф.

науковий ступінь, вчене звання

(прізвище, ініціали.)

науковий ступінь, вчене звання

Рецензент: _____

(прізвище, ініціали.)

науковий ступінь, вчене звання

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології
Кафедра водопостачання та водовідведення
Освітній рівень: магістр за освітньо-професійною програмою/ освітньо-науковою програмою
Галузь знань: 19 – Архітектура та будівництво
Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія
Спеціалізація: «Водопостачання та водовідведення»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

„___” _____ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Бійчук Володимир Петрович

(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи Водопостачання сільського населеного пункту з розробкою системи водопостачання лікарні

затверджена наказом ректора КНУБА №377 від 07.03.2025 року

2. Керівник роботи д.т.н., проф. Шаманський С.Й.

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту _____

4. Вихідні дані та зміст роботи за розділами:

Представлений дипломний проєкт присвячений розробці станції підготовки води для забезпечення потреб населення сільського населеного пункту. Запропонована технологічна схема очищення підземних вод передбачає ефективне вилучення сполук заліза та марганцю до нормативних показників.

Додаткові дані

1. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Технологічна частина	
Гідравлічні розрахунки очисних споруд	
Будівництво очисних споруд	
Оцінка вмісту важких металів та способи їх зниження	
Перевірка на плагіат	
Попередній захист	
Рецензування	

2. Дата видачі завдання _____

Керівник проекту _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Анотація

Гігієнічне значення води визначається передусім фізіологічною потребою в ній людини. Вода, як повітря та їжа, є тим складником зовнішнього середовища, без якого неможливе існування. Людина без води може прожити лише 5-6 діб. Водопровідна мережа призначена для розподілу води між окремими споживачами та є одним з елементів загальної системи водоспоживання міста, що тісно пов'язаний з рештою. Тобто зміна режиму роботи мережі впливає на функціонування інших елементів. Система подачі та розподілу води населеного пункту повинна задовольняти наступним вимогам: забезпечувати подачу необхідної витрати та напору води в кожную точку запроектованої мережі; забезпечувати безперебійність та надійність роботи; забезпечувати необхідні робочі параметри при найменших можливих капітальних та експлуатаційних витратах.

На підставі цього було виконано розрахунок матеріального балансу із внесенням відповідних вихідних та розрахункових значень.

Метою роботи є вдосконалення системи водопостачання сільського населеного пункту та лікарні шляхом застосування сучасних технологій технологій водопідготовки

Об'єкт досліджень – споруди водопідготовки сільського населеного пункту.

Предмет досліджень – технологічна схема очищення природної води та методи доочистки від важких металів в домашніх умовах.

Ключові слова: система водопостачання; водопровідна мережа; очисні споруди;.

Abstract

The hygienic value of water is determined primarily by the physiological need for it. Water, like air and food, is a component of the environment without which existence is impossible. A person can live only 5-6 days without water. The water supply network is designed to distribute water to individual consumers and is one element of the city's overall water consumption system, which is closely linked to the rest. That is, changes in the network operation mode affect the functioning of other elements. The water supply and distribution system of a settlement must meet the following requirements: to ensure the supply of the required flow rate and water pressure to each point of the designed network; to ensure uninterrupted and reliable operation; to provide the required operating parameters at the lowest possible capital and operating costs.

Based on this, the material balance was calculated with the introduction of the relevant initial and calculated values.

The aim of the work is to improve the water supply system of a rural settlement and a hospital by applying modern water treatment technologies

Object of research - water treatment facilities of a rural settlement.

The subject of research is the technological scheme of natural water purification and methods of post-treatment from heavy metals at home.

Keywords: *water supply system; water supply network; water treatment facilities;*

ЗМІСТ

Вступ	8
Розділ 1 Технологічна частина	10
1.1. Характеристика вихідної води та вимоги до очищеної води для виробництва.....	17
1.2. Розробка та обґрунтування технологічної схеми.....	24
1.3. Теоретичні дані про хімічні, фізичні та біологічні процеси, що реалізуються за даною схемою.....	26
1.4. Розрахунок матеріального балансу.....	32
Розділ 2 Гідравлічні розрахунки очисних споруд.....	41
2.1. Розрахунок приймальної камери.....	41
2.2. Розрахунок контактного резервуару.....	41
2.3. Розрахунок механічного фільтру.....	42
2.4. Розрахунок каталітичного фільтру.....	43
2.5. Розрахунок вугільного фільтру.....	44
2.6. Розрахунок резервуару чистої води (РЧВ).....	46
2.7. Розрахунок резервуару-накопичувача промивних вод.....	46
2.8. Розрахунок шламосховища.....	47
2.9. Розрахунок фільтр – преса.....	48
2.10 Розрахунок електрохлоратору.....	48
Розділ 3. Будівництво очисних споруд.....	50
3.1. Компонування споруд підготовки питної води.....	50
3.2. Об'ємно-планувальні рішення будівлі.....	51
3.3. Конструктивне рішення будівлі.....	52
Розділ 4. Оцінка вмісту важких металів та способи їх зниження	56
4.1. Вміст важких металів у питній воді з різних джерел водопостачання.....	60
4.2. Вплив побутового доочищення питної води на концентрацію в ній важких металів.....	64
Висновки	71

Список використаної літератури..... 72

ВСТУП

Актуальність теми. Гігієнічне значення води визначається передусім фізіологічною потребою в ній людини. Вода, як повітря та їжа, є тим складником зовнішнього середовища, без якого неможливе існування. Людина без води може прожити лише 5-6 діб. Це пояснюється тим, що тіло людини в середньому на 65% складається з води. Вода відіграє в організмі людини важливу роль. Без води не відбувається жоден біохімічний, фізіологічний і фізико-хімічний процес обміну речовин та енергії, неможливі травлення, дихання, анаболізм (асиміляція) і катаболізм (дисиміляція), синтез білків, жирів, вуглеводів з чужорідних білків, жирів, вуглеводів харчових продуктів. Така роль води зумовлена тим, що вона є універсальним розчинником, в якому рідкі й газоподібні, тверді неорганічні речовини створюють молекулярні або іонні розчини, а органічні речовини знаходяться переважно в молекулярному і колоїдному стані.

Саме тому вона бере безпосередню або непрямую участь практично у всіх життєво важливих процесах: всмоктуванні, транспорті, розщепленні, окисненні, гідролізі, синтезі, осмосі, дифузії, резорбції, фільтрації, виведенні та ін.

У разі вживання неякісної води створюється реальна небезпека розвитку інфекційних і неінфекційних захворювань. Статистика ВООЗ свідчить, що майже 3 млрд. населення планети користуються недоброякісною питною водою. З більш ніж 2 тис. хвороб техногенного походження 80% виникають унаслідок вживання питної води незадовільної якості. З цієї причини щорічно 25% населення світу ризикують захворіти, приблизно кожен десятий житель планети хворіє, майже 4 млн. дітей і 18 млн. дорослих вмирають. Вважається, що з 100 випадків онкологічних захворювань від 20 до 35 (особливо товстої кишки і сечового міхура) обумовлені вживанням хлорованої питної води.

Водопровідна мережа призначена для розподілу води між окремими споживачами та є одним з елементів загальної системи водоспоживання міста, що тісно пов'язаний з рештою. Тобто зміна режиму роботи мережі впливає на

функціонування інших елементів. Система подачі та розподілу води населеного пункту повинна задовольняти наступним вимогам:

- забезпечувати подачу необхідної витрати та напору води в кожную точку запроектованої мережі;
- забезпечувати безперебійність та надійність роботи;
- забезпечувати необхідні робочі параметри при найменших можливих капітальних та експлуатаційних витратах.

На підставі цього було виконано розрахунок матеріального балансу із внесенням відповідних вихідних та розрахункових значень.

Представлений дипломний проєкт присвячений розробці станції підготовки води для забезпечення потреб населення сільського населеного пункту. Запропонована технологічна схема очищення підземних вод передбачає ефективне вилучення сполук заліза та марганцю до нормативних показників.

Щоб виконати всі ці вимоги, слід правильно обрати тип мережі, матеріал труб, місце розміщення водонапірної башти та провести трасування.

Метою роботи є вдосконалення системи водопостачання сільського населеного пункту та лікарні шляхом застосування сучасних технологій технологій водопідготовки

Об'єкт досліджень – споруди водопідготовки сільського населеного пункту.

Предмет досліджень – технологічна схема очищення природної води та методи доочистки від важких металів в домашніх умовах.

Методи досліджень. Застосовані методи математичного моделювання, методи гідравлічних розрахунків.

Практичне значення отриманих результатів. Результати досліджень можуть бути використані при проектуванні системи водопостачання сільського населеного пункту.

Розділ 1

Технологічна частина

У всьому світі самим важливим та актуальним завданням сьогодення є забезпечення суспільства одним із головних природних ресурсів – питною водою належної якості, яка б забезпечила епідеміологічне благополуччя населення. Останніми роками спостерігається зменшення водного ресурсу майже у всіх країнах, внаслідок антропогенних чинників вода стає поганою якості, що веде до виникнення проблем із збереженням біологічного різноманіття та може бути причиною виникнення різних негативних соціальних наслідків.

В Україні, як і в інших країнах, впродовж останніх років відбувається загострення проблеми питного водопостачання, яка головним чином виникає через те, що забруднені або недостатньо очищені стоки потрапляють до природних вод, що і викликає нестачу якісної питної води. Тому відповідна кількість та належна якість питної води набуває найважливішого та глобального значення.

Сьогодні, щоб задовільнити потреби сучасних постійно зростаючих міст, необхідна велика кількість води – мільйони кубічних метрів. Щоб виконати таке завдання, необхідно забезпечити належну санітарну якість питної води, ретельний відбір джерел водопостачання, захист від можливих забруднень, якісної очистки води водопровідно-каналізаційними господарствами.

Виконання найважливіших заходів раціонального використання та охорони водних ресурсів можна можливо досягти вдосконалюючи існуючі технології виробництва, впроваджуючи у виробництво безвідходної технології. Сьогодні у світі часто знаходиться впровадження оборотної системи водопостачання, тобто повторного використання води. Такі способи широко впроваджуються у країнах з недостатньою кількістю прісних джерел, які

гостро відчувають нестачу питної води, зокрема, в Ізраїлю, де на державному рівні контролюють за цільністю балансу споживання. Так, понад шістдесят відсотків води для пиття у цій країні підлягає опрісненню, при цьому використовуючи високі технології, їм вдається тримати ціну на воду у межах доступних для населення та підприємств.

Таблиця 1.1.1. – Основні методи очищення води

Метод очистки	Характеристика
Механічні:	нерозчинні домішки видаляються за допомогою ґрат, сит, жиру (масло) та ін. У відстійниках осаджують важкі частинки. Механічною очисткою вдається звільнити воду від нерозчинених домішок на 60-95%
Хімічні	застосовуються реагенти, які переводять розчинні речовини в нерозчинні, пов'язують їх, осаджують і видаляють зі стічних вод, які очищаються ще на 25-95%.
Біологічні	1-й спосіб: здійснюється на спеціально підготовлених полях фільтрації (зрошення) з обладнаними картами, магістральними та розподільними каналами. Очищення відбувається природним способом – шляхом фільтрації води через ґрунти. Органічний фільтрат піддається бактеріальному розкладанню, дії кисню, сонячних променів і використовується надалі як добриво. Застосовується також каскад ставків-відстійників, в яких природним шляхом відбувається самоочищення води 2-й спосіб (прискорений) очищення стічних вод проводиться із застосуванням спеціальних біофільтрів. Очищення стічних вод здійснюється фільтрацією через пористі матеріали (гравій, щебінь, пісок і керамзит), поверхня яких покрита плівкою мікроорганізмів. Процес очищення на біофільтрах відбувається інтенсивніше, ніж на полях фільтрації.

Виділяють ще альтернативні способи очищення води, які заслуговують на вивчення, це очистка питної води:

- озонуванням (сприяє підвищенню здатності до біохімічного розкладання багатьох органічних сполук, що містяться в воді) – таблиця 1.1.2;
- фільтруванням через активне вугілля (значно покращує процеси сорбції різних органічних сполук);
- ультрафіолетовими променями.

Озонування є сучасним методом дезінфекції завдяки окислення води озоном (газ O_3). Знаходить своє застосування при обробці води в побутових та промислових масштабах.

Зокрема, озонування може використовуватися для:

- боротьби з бактеріальними забрудненнями у побуті;
- для підготовки акваріумної води;
- обробки для промислових потреб;
- знезараження води в басейнах тощо.

У таблиці 1.1.2 подано переваги та недоліки озонування води.

Таблиця 1.1.2 – Основні переваги та недоліки озонування води

Озонування води	
Переваги насичення води озоном	Недоліки використання озону для водообробки
– Озон, відмінний засіб боротьби з мікроорганізмами, знищує навіть стійкі до інших методів дезінфекції	– Висока токсичність газу, вимагає обережності і дотримання заходів безпеки.
– При розщепленні молекул утворюється кисень. Покращує смакові параметри.	– Неправильний розрахунок дози газу, необхідної для водообробки, може призвести до підвищення рівня фенолів та інших токсинів.
– При взаємодії з органікою, на відміну від хлору, не утворює шкідливих для здоров'я сполук.	– Вода, насичена озоном, має більш високу корозійну здатність, це необхідно враховувати, вибираючи ємності і трубопроводи. Наприклад пластикові, скляні та бетонні, або нержавіючі ємності прослужать довше металевих.
– Не впливає на рівень рН і наявність таких елементів, як кальцій, магній, калій, натрій та інші корисні речовини.	– Короткостроковість бактерицидної дії через швидкість розкладання озонових сполук.
– Озон - швидкодіюча речовина, яку можна виробляти безпосередньо на місці.	– Деструкція органічних сполук призводить до асиміляції органічного вуглецю - поживної речовини для мікроорганізмів, службовців повторним джерелом бактеріального забруднення.
	– Висока вартість.

Свого можливого застосування знайшов метод очистки води за використання ультрафіолетового випромінювання. Даний спосіб розвивався і вдосконалювався. Наразі створено спеціальні ультрафіолетові лампи для води, які створюють більші можливості для очищення, ніж застосування природного ультрафіолетового випромінювання. Такий спосіб промислового водоочищення знайшов застосування: побут; сільське господарство; гігієнічні, санітарні та профілактичні установи; промисловість і виробництво.

Використовуючи ультрафіолет за промислової водопідготовки ми отримуємо метод, який є економічно вигідним, практичним і безпечним для здоров'я людей. Зазначимо, що при знищенні патогенних мікроорганізмів і бактерій, за використання ультрафіолетової лампи для очищення води, не надходять в оброблювані середовища ніякі домішки (рис. 1.1.)

Сфери застосування ультрафіолетових ламп для води



- в системах господарського і загального водопостачання;
- при очищенні води для виробництва хімічної, фармацевтичної та харчової продукції;
- для знезараження стічних вод;
- у ветеринарії, при вирощуванні птахів і в тваринництві;
- бактерицидне очищення води для виробництва за допомогою ультрафіолету проводиться в резервуарах з застоюною водою: басейнах, акваріумах і на фермах з розведення риб

Рисунок 1.1.1. Сфери застосування ультрафіолетових ламп

Аналізуючи вищевказані методи, зазначимо що наразі майже всі міста мають очисні споруди, на яких можливе застосування перелічених способів у комплексі з суттєвим ефектом. Але, якщо у містах проблема водопостачання вирішується за рахунок водопровідно-каналізаційних господарств, то у селах та невеличких містечках ситуація щодо якості питної води є критичною

внаслідок сільськогосподарського виробництва, що суттєво впливає на стан навколишнього середовища, зокрема, на водні об'єкти, на які чинять вплив тваринницькі комплекси (надходження нітратів), мінеральні добрива (без яких майже неможливе рослинництво).

Таблиця 1.1.3. – Основні переваги та недоліки технології ультрафіолетової очистки

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none"> - збереження при знезараженні фізико-хімічного складу води; – відсутність вторинних продуктів обробки; – нейтралізація як спороутворюючих, так і вегетативних бактерій; – універсальне, ефективне й економічно вигідне рішення; – швидкість процесу очищення і відсутність обмеження верхньої межі дози опромінення; – простота використання, обслуговування та компактність - установки зворотного осмосу легко встановлюються в уже існуючі схеми систем водоочистки та водопостачання; – відсутність необхідності створення систем безпеки і запасів реагентів; – при установці промислових фільтрів для очищення води на вже побудованих очисних спорудах не потрібно проводити реконструкцію приміщень або здійснювати масштабні будівельні роботи 	<ul style="list-style-type: none"> – зниження ефективності знезараження рідин з різними домішками, кольорової або каламутної води; – в процесі експлуатації промислових фільтрів для води потрібно регулярне чищення ламп від вапняного нальоту і осаду; – при порушенні технології знезараження промисловими системами зворотного осмосу або при транспортуванні по зношених комунікаціях вода може знову насичуватися бактеріями; – не очищають рідини від хімікатів, свинцю, азбесту, білкових фрагментів мікробів, клітинних стінок грибів і бактерій.

Загальновідомо, що отримання питної води у селах та невеличких містах відбувається за рахунок підземних вод. Населення отримує питну воду із колодязів (криниць) та зі свердловин, більшість яких має незадовільний

санітарно-технічний стан – показники щодо вмісту нітратів доволі часто перевищують допустимі норми (50 мг/л).

Така ситуація негативно впливає на стан здоров'я населення, особливо дітей, адже відомо, що організм дитини дуже чутливий до різних видів небезпечних речовин, які за надходження з питною водою можуть викликати гальмування фізіологічного розвитку, спричиняти ендокринні, серцево судинні захворювання. Тому, для попередження таких явищ сільськогосподарським виробникам (для упередження потрапляння у довкілля) потрібно зважено підходити до використання хімічних засобів у рослинництві, зокрема, мінеральних добрив, до яких необхідно застосовувати й керуватися правилами щодо їх безпечного використання, зберігання, транспортування тощо. Також необхідним є:

- встановлення чітких періодів, коли забороняється внесення у ґрунт окремого типу добрива;
- визначення необхідного об'єму ємності для зберігання відходів від тваринницьких ферм (гною);
- вносити чітко розраховані дози добрив з урахуванням необхідності (бажано господарствам мати та оновлювати паспорти поля, де будуть вказані його агрохімічні показники).

Необхідно переймати досвід європейських країн, у яких розроблено Кодекси, завдяки яким регулюються у відповідності до природних умов та місць розташування внесення в ґрунт гною та мінеральних добрив тощо. Так, у них чітко визначено процедуру внесення добрива в ґрунт на полях, які:

- розташовуються на крутих схилах;
- перезволожені, підтоплені, затоплені, вкриті снігом;
- наявність поблизу водотоків (річка, став, джерела).

Також рекомендовано визначення щодо об'ємів та умов створення спеціальних відсіків задля зберігання гною, із розробленням заходів які б унеможливили потрапляння у ґрунтові води рідини із умістом гною, а також стічних вод внаслідок розпаду рослинних решток (силос).

Господарства повинні запроваджувати сівозміну рослин, даючи перевагу багаторічним бобовим культурам, які завдяки притаманній їм властивості азотфіксації, здатні накопичувати азот у ґрунті, що дасть змогу оздоровити ґрунт та зменшити наступні норми внесення азотних добрив. Зазначимо, що не тільки мінеральні, а й органічні добрива можуть створювати пресинг на ґрунті та підземні води. Також необхідним є проведення періодичного моніторингу за вмістом нітратів у поверхневих і ґрунтових водах.

Необхідно також вказати проблеми тих населених пунктів, які внаслідок військової агресії РФ були позбавлені питного водопостачання. Така ситуація була характерною довгий час для східних районів нашої країни, а тепер нею охоплена й велика територія півдня. Населення більшості міст та сіл позбавлене не тільки якісної питної води, а взагалі, води. Тому часто люди вимушені використовувати привізні питні води, фасовані води, привізні в цистернах або очищені за допомогою фільтрів (рис.1.1.2).

Дуже часто такі води не контролюються, хоча їх якість має бути у відповідності до ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [7].

Отже, проблема забезпечення населення якісною питною водою є однією із найважливіших для соціально-економічного благополуччя нашої країни.

Вважаємо, що збереження й відтворення питного водного ресурсу потребує вирішення наступних питань:

- вдосконалити правову базу із збереження й охорони природних вод;
- підвищити контроль за підприємствами, які розташовуються біля джерел водопостачання (скидають стічні води);
- постійно діючий моніторинг якості води; впроваджувати замкнуті системи водокористування на підприємствах;
- модернізувати існуючі системи водопостачання;

- впроваджувати ефективні технології і методи очищення води;
- розвивати альтернативні способи водопостачання.

1.1. Характеристика вихідної води та вимоги до очищеної води для виробництва.

Для котеджного містечка розроблюється станція водопідготовки води з підземного джерела водопостачання.

Заплановано, що кількість населення сільського населеного пункту становитиме 1000 чоловік.

Необхідну кількість води для забезпечення потреб населення розраховують виходячи з норм водоспоживання прийнятих в Україні.

Води з підземних джерел правильніше називати розчинами, в яких містяться певні концентрації солей, іонів, газів та колоїдів. Серед фізичних властивостей, на які найчастіше звертають увагу в першу чергу, варто відокремити колір рідини, запах, температуру, каламутність та ін.

Таблиця 1.1. Вихідні дані щодо характеристики води з підземного джерела

Визначені показники, розмірність	Фактичне значення	Нормативні значення
Запах (20°C), бали	2	≤ 2
Запах (60°C), бали	3	≤ 2
Забарвленість, градуси	30	≤ 20
Каламутність НОК	6,5	≤ 1,0
Смак та присмак, бали	3	≤ 2
Водневий показник, одиниця рН	7,6	6,5 - 8,5
Залізо загальне, мг/дм ³	2,7	≤ 0,2
Загальна жорсткість, мг-екв/дм ³	4,6	≤ 7,0
Карбонатна жорсткість, мг-екв/дм ³	3,6	не нормується
Загальна лужність, мг-екв/дм ³	4,2	≤ 6,5
Марганець, мг/дм ³	1,0	≤ 0,05
Загальна мінералізація(TDS), мг/дм ³	350	≤ 1000

Сірковордень, мг/дм ³	0,04	≤ 0,03
Нітрати (по NO ⁻³), мг/дм ³	2,25	≤ 50
Сульфати, мг/дм ³	25,8	≤ 250
Хлориди, мг/дм ³	15,7	≤ 250

Таблиця 1.2. Норми споживання води для мешканців приватного сектора

Види благоустрою житлового фонду	Холодна вода (дм ³ /добу)	Гаряча вода (дм ³ /добу)
З каналізацією, централізованою подачею ГВ, з ванною довжиною понад 1,5 м, обладнаної душем	150	100
З каналізацією і ванною з душем, без централізованої подачі ГВ (з газовим / електроводонагрівачем)	220	-
З автономної каналізацією (септиком) і ванною з душем, без централізованої подачі ГВ (з газовим / електроводонагрівачем)	170	-

Чисті якісні підземні води не мають забарвлень та запаху. Присмак рідини пов'язаний з наявністю в ній хімічних компонентів, наприклад, солоний присмак може свідчити про концентрацію хлористого натрію, а гіркий зумовлюється наявністю сульфату магнію, іржавий – це про наявність солей заліза. Якщо отримана зі свердловини вода відрізняється солодкуватим смаком, це може свідчити про наявність в ній високої концентрації речовин саме органічного походження, а приємний освіжаючий смак забезпечується присутністю вільної вуглекислоти в складі.

За кольором рідини можна визначити її хімічний склад, а також наявність решток чи механічних домішок. Жовтувате забарвлення може бути зумовлене болотним походженням джерела, в складі якого є гумінові компоненти (складаються з торфу, вугілля, тощо).

Щодо ступеня прозорості рідини, то цей показник зумовлений рівнем концентрації мінеральних сполук, колоїдів, домішок органічного походження та механічних решток. Ступінь каламутності визначають в міліграмах сухої речовини з розрахунку на літр рідини.

Підземні води не містять зовсім або дуже мало завислих речовин. Вони, як правило, безбарвні, але часто мають підвищену жорсткість, відрізняються значним вмістом солей заліза та інших елементів, іноді сильно мінералізовані. Більшість підземних вод надійно захищені від попадання в них забруднених поверхневих стоків. Підземні води, як правило, прозорі й безбарвні, але часто сильно мінералізовані, мають підвищену жорсткість, значний вміст фтору, заліза і т.п.

Хімічні показники. До хімічних показників якості води відносять: реакцію середовища, ХСК(хімічне споживання кисню), концентрацію азотовмісних сполук, концентрації сульфатів та хлоридів, лужність, жорсткість, вміст заліза та марганцю, концентрації сполук кремнію та фосфору, насиченість водорозчиненими газами, наявність і вміст мікроелементів, радіоізотопів, отруйних або токсичних хімічних сполук.

Реакція середовища один з найважливіших показників якості вод. Величина концентрації йонів водню має велике значення для хімічних і біологічних процесів, що відбуваються в природних водах. Від величини рН залежить розвиток і життєдіяльність водних рослин, стійкість різних форм міграції елементів, агресивна дія води на метали й бетон. рН води також впливає на процеси перетворення різних форм біогенних елементів, змінює токсичність забруднюючих речовин. Більшість природних незабруднених вод має рН 6,5-9.

Для природної води нормується лише перманганатна окиснюваність, яка визначається за кількістю перманганату калію $KMnO_4$, витраченого на титрування певного об'єму води. Перманганатна окиснюваність природних вод пов'язана з їх генезисом і становить наступні середні значення: артезіанська вода – до $2\text{ мг}O_2/\text{дм}^3$, озерна вода – $5-8\text{ мг}O_2/\text{дм}^3$, річкова вода – $5-60\text{ мг}O_2/\text{дм}^3$, болота – до $400\text{ мг}O_2/\text{дм}^3$.

За мінералізацією, тобто в залежності від вмісту розчинених солей, підземні води підрозділяються: на прісні з концентрацією солей до 1 г/л, слабосолоні – 1 - 3, солонуваті – 3 - 10, солоні – 10 - 30, розсолні – 30 - 50 та

розсоли – більше 50 г/л. Мінералізацію води визначають за сухим залишком при її випаровуванні при температурі 105 - 110°C.

Жорсткість води характеризується наявністю в ній розчинених сірнокислих солей Ca та Mg. За жорсткістю води класифікуються як дуже м'які при вмісті у воді до 1,5 мг-екв/л, м'які 1,5 - 3,0, помірно жорсткі 3,0-6,0, жорсткі 6-9 та дуже жорсткі більше 9 мг-екв/л. Жорстка вода дає великий накип у парових котлах, погано мильється та викликає інші небажані явища.

Агресивність підземних вод проявляється в шкідливій дії їх на бетонні та металеві конструкції. Загальнокислотна агресія обумовлена наявністю у воді в дисоційованому стані водневих H^+ та гідроксильних іонів OH^- . При кислих підземних водах відбувається розчинення та вимивання вапна з бетону, крім цього значного роз'їдання зазнають металеві конструкції під впливом сильно кислих та сильно лужних вод. Вуглекислотна агресія має місце при наявності у воді агресивної вуглекислоти CO_2 . При взаємодії з водою та вапном цементу утворюється бігідрокарбонат кальцію $Ca(HCO_3)_2$, який швидко розчиняється у воді та виноситься з бетону

Сульфатна агресія полягає в утворенні нових кристалічних сполук із-за надмірного вмісту іонів сульфату SO_4^{2-} . Це утворення, яке дістало назву цементної "бацили" ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$) супроводжується збільшенням об'єму цементу в 2 - 3 рази і руйнуванням бетонних конструкцій.

Гази у підземних водах знаходяться у вільному та розчиненому стані і проникають у підземні води різними шляхами, одним із яких, при розкладі органічних речовин. Найбільш розповсюджені з них кисень, сірководень, вуглекислота, азот, метан та благородні гази (гелій, аргон, радон та інші). Гази, особливо кисень, як у вільному, так і у розчиненому стані, спричинюють корозію металоконструкцій.

Гігієнічність підземних вод, тобто придатність їх для пиття, оцінюється такими характеристиками: кольором, прозорістю, смаком, запахом, наявністю хвороботворних бактерій та важких металів. Вода для пиття повинна бути смачною, прозорою, безкольоровою, не мати ніяких

запахів. Наявність у воді гумінових кислот додає їй болотного запаху. Сульфати надають гірко-солоного смаку, а хлориди - солоного.

З мікроорганізмів у підземних водах найбільше значення мають бактерії, мікроскопічні водорості, найпростіші та віруси. До групи бактерій належить більша частина одноклітинних мікробів.

Мікроорганізми, що мешкають в підземних водах дуже активні, адаптивні до різних ступенів мінералізації, температури, тиску. Вони беруть участь в розкладі і синтезі різних органічних і мінеральних сполук, здатні впливати на зміну сольового і газового складу природних вод, їх мінералізацію. Проникнення бактерій в глибину лімітує висока температура (вище 95– 100 °С) і мінералізація (130–270 г/кг — так звані «міцні розчини»). Бактерії та мікроби проникають в пори породи і перебувають там в капілярній воді, вкривають стінки пустот.

З точки зору медицини придатність для пиття визначається наявністю у підземній воді кишкової палички *Coli*. Кількість цих бактерій визначається колі - тестом або колі - титром. Колі - тест - це кількість одиниць кишкової палички в 1 л води, а колі - титр - кількість см³ води, яка містить 1 бактерію. Вода придатна для пиття, коли колі - тест не перевищує 3, а колі- титр 300 - 700 см³.

Показники очищеної питної води повинні відповідати нормативним вимогам та нормам місцевих водоканалів. Відповідно до законодавства України та діючого ДСТУ “Питна вода” вимоги до неї поділяють на наступні групи:

- Вимоги до жорсткості води (води маркують як дуже м'які, м'які, пом'якшені, жорсткі та дуже жорсткі). Допустиме значення більше 7-ми ммоль/дм³;

- Вимоги до солевмісткості води максимально допустима солевмісткість 1,0-1,5 г/л;

- Кількість розчинених у воді газів (6,5-8,06 рН);

- Реакція води (кислотність/лужність). Кислотність - 7,0 - 8,0 рН.
Лужність питної води - більше 7 рН.
- Вимоги до прозорості. Не менш ніж 30см.
- Вимоги до температури (10-30 °С);
- Вимоги до смаку і присмаку (2 бали по органолептичній шкалі (від 0 до 5-ти));
- Вимоги до колірності (20-35 нефелометричних одиниць мутності (НЕМ) або до 20°С);
- Вимоги до каламутності (мг/л) 1,5-2;
- Фізико-хімічні показники характеризують за бактеріологічними та хімічними показниками наведеними у таблиці.



Рисунок 1.1. Вимоги до питної води

Таблиця 1.3. Бактеріологічні показники якості питної води

Бактеріологічні показники	Стандарти	
	Україна	Міжнародний
Мікробне число (кількість м/о, що міститься в 1 мл води)	Не більше ніж 100	Не нормується
Колі-індекс (кількість бактерій групи E. coli в 1 л води)	Не більше ніж 3	Не більше ніж 10 – 30

Колі-титр (кількість води, у якій знаходиться 1 E. coli)	Не менше ніж 300 мл	-
--	---------------------	---

Таблиця 1.4. Хімічні речовини, що впливають на якість питної води

Хімічні речовини	Стандарти	
	Україна	Міжнародний
pH	6,0-9,0	
Твердість	не більш ніж 7 мг/екв/л	2-10 мг/екв/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	

Таблиця 1. 5. Токсичні речовини, що впливають на якість питної води

Хімічні речовини	Стандарти	
	Україна	Міжнародний
Нітрати (NO ₃)	не більш ніж 10 мг/л	не нормується
Нітрити(NO ₂)	не більш ніж 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	
Берилій (Be)	0,0002 мг/л	

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 водив процесі її обробки (сполуки алюмінію, поліакриламід та ін), тому встановлені граничні нормативи вмісту таких речовин.

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

1.2. Розробка та обґрунтування технологічної схеми

Для нового сільського населеного пункту з нуля розробляється станція водопідготовки, тому було розроблено нову технологічну схему підготовки питної води з підземного джерела водопостачання.

Вода забирається з підземного джерела та поступає в приймальну камеру (1), що забезпечує вирівнювання витрати води та усереднення концентрацій всіх компонентів. Після чого надходить в контактний резервуар (2), де відбувається окислення залишкових забруднень вод хлором, що призводить до випадання в них осаду.

Далі вода надходить в каталітичний фільтр (3). Цей тип фільтра використовує каталітичні матеріали, які сприяють хімічним реакціям, що допомагають у видаленні органічних забруднень, хлору, заліза, мангану та інших шкідливих речовин з води. Для вилучення з води осаду використовують механічний фільтр (4).

Потім вода надходить у вугільний фільтр (5), який має властивість адсорбувати органічні сполуки, залишковий хлор та інші забруднюючі речовини. Вода надходить знову у контактний резервуар(6). Потім частина води повертається назад до каталітичного, механічного та вугільного фільтрів на промивку(7).

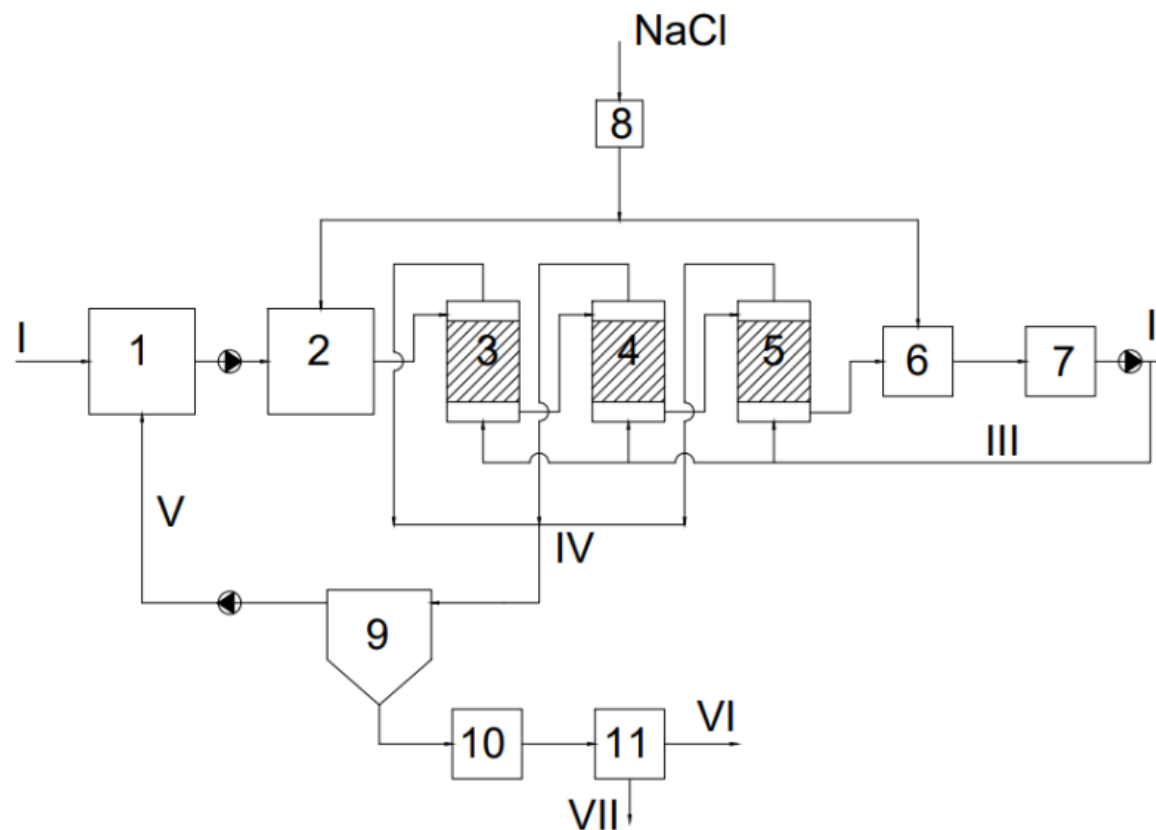


Рисунок 1.2. Технологічна схема підготовки питної води з підземного джерела водопостачання для сільського населеного пункту

1-приймальна камера, 2-контактний резервуар, 3-каталітичний фільтр, 4- механічний фільтр, 5-вугільний фільтр, 6- контактний резервуар, 7-резервуар чистої води, 8-Бак NaCl, 9-відстійник-накопичувач, 10-шламонакопичувач, 11- фільтр-прес.

I – Подача води на очищення, II – подача води до споживача, III – подача води на промивку, IV – надходження води зі шламом після промивки фільтрів, V– повернення води після відстійника, VI – скид фільтрату, VII – осад на переробку.

Після промивки фільтрів, промивні води надходять у відстійник-накопичувач(9). У відстійнику відбувається процес відокремлення твердих частинок від рідини. Коли забруднена вода потрапляє у відстійник, вона залишається у спокої протягом певного часу, що дозволяє твердим частинкам осідати на дно. Після чого вода без твердої фази перекачується у приймальну камеру на початку технологічної схеми і проходить весь шлях очистки.

Із відстійників осад надходить у шламосховище(10), після чого подається на фільтр-прес(11), де відбувається зневоднення осаду, після якого осад відокремлюється на фільтрат і сухий залишок. Сухий залишок відправляється на переробку, а фільтрат скидається

1.3. Теоретичні дані про хімічні, фізичні та біологічні процеси, що реалізуються за даною схемою

Для підготовки води береться вода з підземного джерела водопостачання, яка характеризується підвищеним вмістом марганцю та заліза, що було враховано при обиранні технологічної схеми. Представлена технологічна схема містить в собі такі процеси, як знезараження, фільтрування, зневоднення шламів.

Знезараження питної води служить для створення надійного бар'єра на шляху передачі водним шляхом збудників інфекційних хвороб. Методи знезараження води спрямовані на знищення патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів, чим забезпечується епідемічна безпека води. Воду, звичайно, знезаражують на заключному етапі очистки води.

Методи знезараження води класифікуються за принципом дії на:

1) хімічні або реагентні методи, при використанні яких в воду вносяться деякі реагенти (хлор, озон, неокиснювальні реагенти);

2) комбіновані методи, що передбачають поєднання обох технологій, наприклад ультрафільтрації та хлорування.

Хлорування — процес водопідготовки, який полягає у додаванні елемента хлору у воду як спосіб очищення води, щоб зробити її придатною для споживання людиною як питною водою.

Види хлорування води:

- Звичайне: воду хлорують після її фільтрації.
- Подвійне: воду хлорують двічі - у змішувачах перед відстійниками і після фільтрації. Таке хлорування застосовують при високій бактеріальній забрудненості води вододжерела, з якого живиться водопровід.

При хлоруванні застосовують або чистий хлор або хлоровмісні препарати, такі як: хлорне вапно, гіпохлорит кальцію, гіпохлорит натрію, діоксид хлору. Окислювальні властивості хлору, а також низка інших сприятливих ефектів (дезодорація, зменшення кольоровості, попередження біобростань, видалення заліза та марганцю, руйнування сірководню) — це є суть знезаражуючого ефекту при хлоруванні води.

Із введенням хлору у воді відбувається гідроліз хлорагенту з утворенням хлорноватистої кислоти, яка далі дисоціює до гіпохлорит-іона:



Рідкий хлор при розчиненні у воді утворює дві кислоти — соляну і хлорноватисту. У даному випадку окисниками є хлор і хлорноватиста кислота.

Під час використання гіпохлориту натрію і хлорного вапна у водному середовищі окисником є тільки хлорноватиста кислота, що має вищий окислювальний потенціал у порівнянні з гіпохлорит-іоном. Окрім того, хлорована вода підлужнюється, що створює сприятливі умови для створення хлорорганічних сполук(ХОС).

Перхлорування (гіперхлорування): у воду вносять надмірну кількість хлору (5-10 мг/л). Такі дози забезпечують швидке та надійне знезараження води. Гіперхлорування застосовують при несприятливих епідеміологічних

обставинах або коли доводиться використовувати воду з підозрілих у санітарному відношенні джерел.

Хімічне окислення хлоруванням — найбільш потужний метод очищення води від вмісту сірководню. Дозування розчину гіпохлориту натрію здатне забезпечити видалення сірководню у дуже високих концентраціях від 6 до 75 мг/л в межах рН від 6 до 8, на відміну від перекису водню (H_2O_2), який має обмежений діапазон рН для ефективної роботи (рН 4- 9).

Хлор швидко окислює сульфід (S^{2-}), бісульфід-аніон (HS^-) та сірководень (H_2S), створюючи окисні сполуки, котрі не впливають на органолептичні властивості води (смак та запах).

Нерозчинна елементарна сірка, як кінцевий продукт окислення сірководню, може осідати на сантехнічних поверхнях, надаючи їм жовтого забарвлення. Видалення цієї сірки здійснюється за допомогою фільтрів тонкого очищення.

Найкращим варіантом фільтрувального середовища є каталітичне гранульоване активоване вугілля, яке також здатне видаляти залишковий хлор, перекис водню і органічні сполуки.

У нашому випадку для знезараження (зниження рівня бактерій) та дезинфікації води використовують активний хлор, що отримують за допомогою розкладу хлориду натрію в електролізері.

Хлорування, як метод знезараження води, домінує у світовій практиці завдяки його простоті та високій знезаражувальній дії стосовно патогенних мікроорганізмів. незважаючи на проблему забруднення питної води через здатність хлорагентів утворювати у воді ХОС високого ступеня токсичності та сумарної мутагенної активності хлорованої питної води, що в багато разів перевищує ризик виникнення онкологічних захворювань.

На очисних спорудах з підготовки питної води утворюються концентровані сильно вологі осади. Це осади з відстійників, фільтрів, осади із розчинних баків з реагентами. Такі осади можна піддавати як природнім

(сушка на мулових майданчиках) так і штучним методам обробки осадів (зневоднення на центрифугах, фільтр-пресах).

Шлам – це тверді речовини, які відокремлюються в результаті фільтрування, осадження та інших процесів очищення води.

Шламосховище – це спеціально облаштована конструкція, яка дозволяє зберігати та обробляти шлам, вилучений із води в процесі очищення, осаджений речовинами в попередніх очисних спорудах.

Фільтр – прес використовується для відокремлення твердих частинок шламу від рідини, за допомогою механічного стиснення та фільтрації. Він є досить ефективним інструментом для зневоднення осадів, що дозволяє зменшити негативний вплив забруднень, які утворюються в процесі водопідготовки.

Принцип роботи фільтр-пресу полягає у наповненні очисної споруди шламом, фільтрації під впливом тиску, стисканні задля зменшення об'єму, і, безпосередньо, видалення та подальшої утилізації.

Одержаний осад можна піддавати певній обробці, такій як, наприклад, сушка або компостування, що дозволяє його утилізувати, або використовувати у подальшому в якості сировини для певного виробництва.

Утилізація осадів залежить від хімічного складу, що визначається якістю вихідної води і видами використовуваних реагентів в процесі водопідготовки та обробки осадів. Крім того, осади можуть бути вихідною сировиною при виробництві різних будівельних матеріалів, таких як: бетонної суміші, цементів, цегли, керамзиту та інших, а також вони можуть бути використані для поліпшення структури родючості ґрунтів.

Фільтрування – це метод очищення води від завислих речовин при пропусканні її через пористий матеріал. Пористим матеріалом можуть слугувати різноманітні завантаження, що складаються з кварцового піску, дробленого керамзиту, антрациту. Фільтруючим матеріалом можуть бути спеціальні тканини, керамічні та скляні пористі перегородки, синтетичні полімерні мембрани.

При фільтруванні води тверді частинки затримуються на поверхні і в товщі фільтруючого матеріалу. У результаті фільтрування відбувається освітлення води.

Розрізняють два механізми фільтрування у процесах очищення води фільтруванням. По першому механізму, забруднення збирається тонким шаром на поверхні фільтруючого зернистого завантаження чи фільтруючого матеріалу. Даний механізм реалізується в той час, коли пори фільтруючого матеріалу менші за розміри завислих часток або фільтрування відбувається через намивний шар.

Намивний шар – це тонкий шар дрібнодисперсних речовин, що осідає на поверхні фільтруючого матеріалу і може формуватися із домішок, що є у воді або із домішок, що спеціально вносяться у воду. Другий механізм фільтрування реалізується при затриманні завислих речовин в об'ємі фільтруючого завантаження. Завислі речовини затримуються за рахунок адгезії до часток фільтруючого матеріалу. Цей механізм реалізується при використанні насипних фільтруючих матеріалів у швидких фільтрах.

Найчастіше на станціях водопідготовки та очищення води використовують насипні фільтри, які умовно поділяють на повільні(які працюють зі швидкістю фільтрування 0,1 – 0,2 м/год) і швидкі (які працюють при швидкості фільтрування 5 – 10 м/год) фільтри. Процес фільтрування при експлуатації будь-яких фільтрів із насипним завантаженням проходить періодично. На 1-й стадії відбувається очищення води при пропусканні через пористий матеріал до вичерпання брудомісткості фільтрів і називається цей період фільтроциклом, про завершення якого судять за проскоком завислих речовин чи за підвищенням до критичних значень гідравлічного опору фільтрів. Друга стадія настає коли завершується фільтроцикл і фільтри відключають на очищення.

У повільних фільтрах реалізується перший механізм фільтрування, тобто механізм, при якому на поверхні зернистого матеріалу утворюється намивний шар із завислих речовин і всі забруднення затримуються на поверхні

фільтруючого матеріалу, що досягається за рахунок дуже повільного фільтрування води.

Перевага таких фільтрів – висока ефективність при очищенні води, тобто вони забезпечують практично повне видалення завислих часток без застосування коагулянтів та флокулянтів і забезпечують видалення більшості мікроорганізмів із води. Недоліки таких фільтрів: вони мають велику площу фільтрування (m^2) внаслідок малої швидкості фільтрування і виникає необхідність у великих капітальних затратах на їхнє будівництво. Інший недолік – це складність їх очищати, так як механічне очищення здійснюється вручну, через це повільні фільтри, що широко використовувалися до 60-х років минулого століття на станціях водопідготовки, практично повністю замінено на швидкі фільтри. Хоча сьогодні розвинені країни повертаються до використання повільних фільтрів, проте їх використовують не на основній стадії фільтрування, а на стадії доочищення води. При цьому концентрація завислих речовин перед повільними фільтрами знаходиться в межах $1 - 5 \text{ мг/дм}^3$, що дає змогу збільшити фільтроцикл до 2 – 3 років і у цьому випадку використання фільтрів є вигідним.

У швидких фільтрах реалізується другий механізм фільтрування, в якому забруднення затримуються у товщині шару фільтруючого матеріалу.

Під час застосування таких фільтрів, станція водопідготовки працює в безперервному, постійному режимі з послідовним почерговим відключенням фільтрів на промивку. Тривалість фільтроциклу при нормальній роботі станції становить 8 – 12 год, а число промивок $n = 2 - 3$ на добу.

1.4. Розрахунок матеріального балансу

Таблиця 1.4 – Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

Показник	Значення показника
Корисна виробнича потужність станції, м ³ /добу	250
Коефіцієнт, що враховує витрати води на власні потреби очисної станції	1,03
Запах (20°C), бали	2
Запах (60°C), бали	3
Забарвленість, градуси	30
Каламутність, мг/дм ³	6,5
Смак та присмак, балів	3
Водневий показник, одиниця рН	7,6
Залізо загальне, мг/дм ³	2,7
Загальна жорсткість, мг-екв/дм ³	4,6
Карбонатна жорсткість, мг-екв/дм ³	3,6
Загальна лужність, мг-екв/дм ³	4,2
Марганець, мг/дм ³	1
Загальна мінералізація (TDS), мг/дм ³	350
Сірководень, мг/дм ³	0,04
Нітрати (по NO ₃), мг/дм ³	2,25
Сульфати, мг/дм ³	25,8
Хлориди, мг/дм ³	15,7
Час роботи станції за добу, год	24
Каламутність води після механічного фільтру, мг/дм ³	0,5
Швидкість фільтрування за нормального режиму механічного фільтру, м/год	10
Число промивок фільтру	2
Інтенсивність промивання механічного фільтра, л/(с·м ³)	15
Швидкість фільтрування за нормального режиму каталічного фільтру, м/год	8
Число промивок фільтру	2
Інтенсивність промивання механічного фільтра, л/(с·м ³)	15
Швидкість фільтрування за нормального режиму вугільного фільтру, м/год	10
Число промивок фільтру	1
Інтенсивність промивання вугільного фільтра, л/(с·м ³)	12
Доза хлору за первинного хлорування, мг/дм ³	3
Доза хлору за вторинного хлорування, мг/дм ³	2
Вологість осаду після фільтр-пресу, %	60

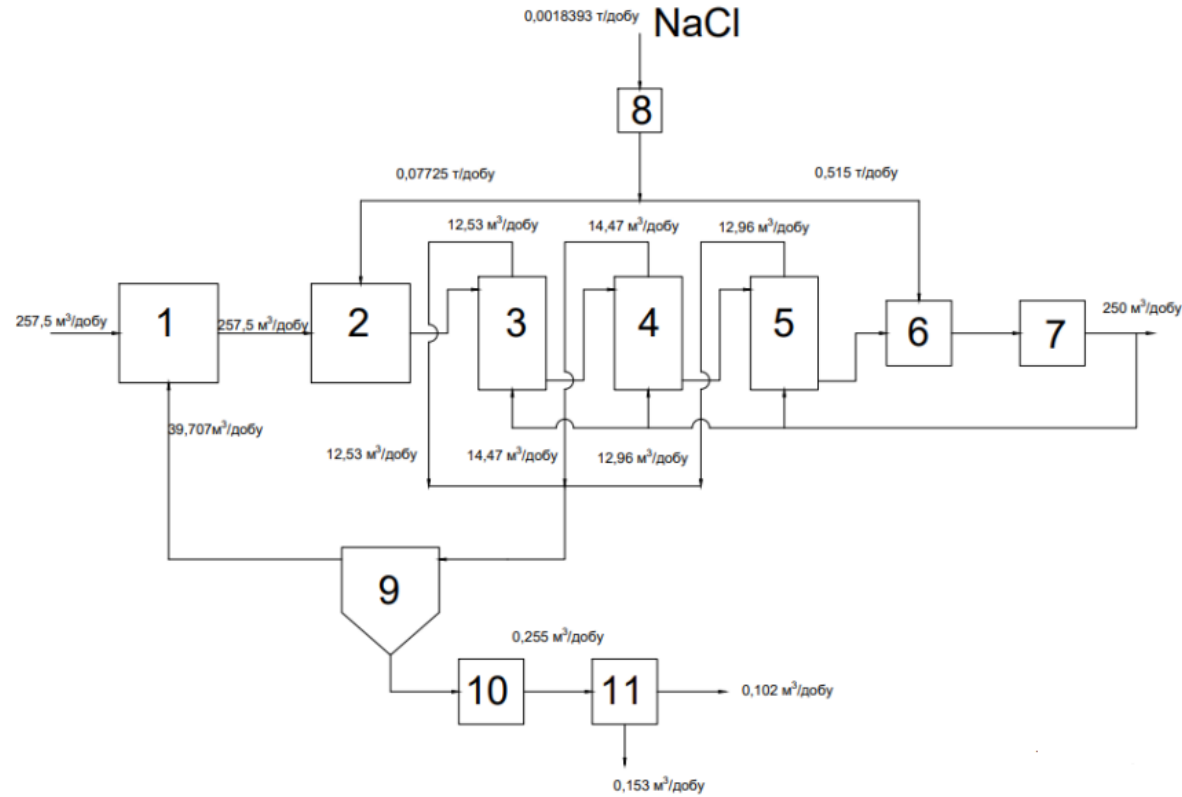


Рисунок 1.4. Блок – схема матеріального балансу.

1-приймальна камера, 2-контактний резервуар, 3-каталітичний фільтр, 4- механічний фільтр, 5-вугільний фільтр, 6- контактний резервуар, 7- резервуар чистої води, 8-Бак NaCl, 9-відстійник-накопичувач, 10- шламонакопичувач, 11- фільтр-прес.

I – Подача води на очищення, *II* – подача води до споживача, *III* – подача води на промивку, *IV* – надходження води зі шламом після промивки фільтрів, *V*– повернення води після відстійника, *VI* – скид фільтрату, *VII* – осад на переробку.

1. Розраховуємо витрату води виходячи з кількості населення та норм споживання води для мешканців приватного сектора:

$$Q = N_{\text{жит}} \cdot q_{\text{норм}} = 1000 \cdot 220 = 220000 = 220\text{м}^3/\text{добу}$$

$N_{\text{жит}}$ – кількість населення 1000 чоловік.

$q_{\text{норм}}$ – необхідна кількість води для забезпечення потреб населення вибирається виходячи з норм водоспоживання прийнятих в Україні.

Таблиця 1.4.1. Норми споживання води для мешканців приватного сектора

Види благоустрою житлового фонду	Холодна вода (дм ³ /добу)	Гаряча вода (дм ³ /добу)
З каналізацією, централізованою подачею ГВ, з ванною довжиною понад 1,5 м, обладнаної душем	150	100
З каналізацією і ванною з душем, без централізованої подачі ГВ (з газовим / електроводонагрівачем)	220	-
З автономної каналізацією (септиком) і ванною з душем, без централізованої подачі ГВ (з газовим / електроводонагрівачем)	170	-

Повну витрату води для розрахунків приймаємо з деяким надлишком враховуючи потреби на підтримку території містечка, тоді $Q_{\text{кор}} = 250 \text{ м}^3/\text{добу}$.

2. Розраховуємо повну виробничу потужність водопровідної станції:

$$Q = \alpha \cdot Q_{\text{кор}} = 1,03 \cdot 250 = 257,5 \text{ м}^3/\text{добу}$$

де α - коефіцієнт, що враховує витрати води на власні потреби очисної станції; $\alpha = 1,03$;

$Q_{\text{кор}}$ - корисна виробнича потужність станції, м³/добу; $Q_{\text{кор}} = 250 \text{ м}^3/\text{добу}$.

3. Розрахунок механічного фільтра:

$$F = \frac{Q}{TV_H - 3,6\omega t_1 n - t_2 V_H n} = \frac{257,5}{24 \cdot 10 - 3,6 \cdot 15 \cdot 0,1 \cdot 2 - 0,33 \cdot 10 \cdot 2} = 1,16 \text{ м}^2$$

T – час роботи станції, $T = 24 \text{ год/добу}$;

V_H – швидкість фільтрування, $V_H = 10 \text{ м/год}$;

ω – інтенсивність подачі води на промивання фільтрів, $15 \text{ дм}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$;

n – число промивок, $n = 2$;

t_1 – час промивки фільтру, $t_1 = 0,1$ год;

t_2 – час простою фільтра у зв'язку з промивкою, $t_2 = 0,33$ год.

Розраховуємо кількість фільтрів:

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2} = \frac{\sqrt{1,16}}{2} = 0,54$$

Тоді площа одного фільтру становить:

$$F = \frac{1,16}{1} = 1,16 \text{ м}^2$$

Приймаємо число фільтрів рівним 2, один в роботі інший запасний на випадок промивки.

Визначення об'єму води, необхідного для промивки фільтрів:

$$q_{\text{пр.1}} = F \cdot \omega \cdot n \cdot t_1 \cdot 3,6 = 1,16 \cdot 15 \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 3,6 = 12,53 \text{ м}^3$$

4. Розрахунок кількості шламу, що утвориться після промивки фільтрів:

Кількість шламу за сухою речовиною, що утворюється за добу:

$$M_{\text{ш}} = \frac{(C_{\text{п}} - C_{\text{к}}) \cdot Q}{10^6} = \frac{(6,5 - 0,5) \cdot 257,5}{10^6} \approx 0,0015 \text{ т/добу}$$

Q - повна виробнича потужність станції, м^3 ;

$C_{\text{п}}$ - концентрація змулених речовин, що поступає на фільтр, $\text{г}/\text{м}^3$. $C_{\text{п}} = 6,5 \text{ мг}/\text{дм}^3$;

$C_{\text{к}}$ - концентрація змулених речовин на виході з фільтру, $\text{г}/\text{м}^3$. $C_{\text{к}} = 0,5 \text{ мг}/\text{дм}^3$;

Розраховуємо об'єм шламу, м^3 :

$$W_{\text{ш}} = \frac{M_{\text{ш}} \cdot 10^6}{\delta} = \frac{0,0015 \cdot 10^6}{15000} = 0,1 \text{ м}^3$$

$M_{\text{ш}}$ – маса шламу, т;

δ – концентрація ущільненого осаду, $\text{г}/\text{м}^3$. $\delta = 15000 \text{ г}/\text{м}^3$

Об'єм шламу, що направляється у шламосховище, м^3 :

$$W_{\text{ш}}'' = 1,5 \cdot W_{\text{ш}} = 1,5 \cdot 0,1 = 0,15 \text{ м}^3$$

5. Розрахунок каталітичних фільтрів:

Приймаємо, що ефективна швидкість фільтрування для повного окислення сполук заліза та марганцю ($V_{\text{фільтрув.}}$) становить 8 м/год. Виходячи з цього розрахуємо приблизну площу фільтрування:

$$F = \frac{Q}{V_{\text{фільтрув.}}} = \frac{10,73}{8} = 1,34 \text{ м}^2$$

де Q – витрата води за годину:

$$\frac{257,5}{24} = 10,73 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Приймаємо висоту шару завантаження 1 м.

Розраховуємо кількість фільтрів:

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2} = \frac{\sqrt{1,34}}{2} \approx 0,57$$

Тоді площа одного фільтру становить:

$$F = \frac{1,34}{1} = 1,34 \text{ м}^2$$

Приймаємо число фільтрів рівним 2, один в роботі інший запасний на випадок промивки

Визначаємо об'єм води, необхідний для промивки каталітичних фільтрів:

$$q_{\text{пр.2}} = F \cdot \omega \cdot n \cdot t_1 \cdot 3,6 = 1,34 \cdot 15 \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 3,6 = 14,472 \text{ м}^3$$

6. Розрахунок маси осаду, що утворюється після промивки каталітичного фільтру:

Для розрахунку враховуємо кількість окисленого заліза та марганцю

Концентрація заліза перед фільтром = 2,7 мг/дм³,

Концентрація заліза після фільтру = 0,2 мг/дм³,

Концентрація марганцю перед фільтром = 1,0 мг/дм³,

Концентрація марганцю після фільтру = 0,05 мг/дм³.

Розраховуємо кількість шламу за сухою речовиною, що утворюється за добу при повному окисненні заліза та марганцю:

$$M_{\text{ш}} = \frac{(C_{\text{п}} - C_{\text{к}}) \cdot Q}{10^6} = \frac{((2,7 - 0,2) + (1 - 0,05)) \cdot 257,5}{10^6} \approx 0,001 \text{ т/добу}$$

Об'єм шламу, м³:

$$W_{\text{ш}} = \frac{M_{\text{ш}} \cdot 10^6}{\delta} = \frac{0,001 \cdot 10^6}{15000} \approx 0,07 \text{ м}^3$$

Об'єм шламу, що направляється у шламосховище, м³:

$$W_{\text{ш}}'' = 1,5 \cdot W_{\text{ш}} = 1,5 \cdot 0,07 = 0,105 \text{ м}^3$$

7. Розраховуємо вугільний фільтр:

Для зниження забарвленості води та її доочищення рекомендується використовувати сорбційні фільтри, що являють собою механічні напірні фільтри із антрацитовим завантаженням. Приймаємо діаметр зерен засипки 0,6-1,4 мм, висота фільтрувального шару $H_{\text{ф}} = 1 \text{ м}$.

Площу фільтрів розраховують за формулою:

$$F = \frac{q_y}{V_H} = \frac{10,73}{10} = 1,073 \text{ м}^2$$

де q_y – продуктивність установки, 10,73 м³/год;

V_H – швидкість фільтрування в нормальному режимі, 10 м/год;

Приймаємо стандартний фільтр розміром: діаметр $D = 1000 \text{ мм}$, площа одного фільтра $F = 1,2 \text{ м}^2$;

Розраховуємо витрату води на одне відмивання вугільного фільтра:

$$q_{\text{пр.з}} = \frac{60 \cdot i \cdot t \cdot F}{1000} = \frac{60 \cdot 12 \cdot 15 \cdot 1,2}{1000} = 12,96 \text{ м}^3$$

де i – інтенсивність розпушуючого промивання фільтра, 12 л/(с × м²);

t – тривалість розпушуючого промивання фільтра, 15 хв.

8. Розраховуємо об'єм води, що подається у відстійник:

$$V = q_{\text{пр1}} + q_{\text{пр2}} + q_{\text{пр3}}$$

$$V = 12,53 + 14,472 + 12,96 = 39,962 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Об'єм води, що повертається до приймальної камери з резервуару усереднювача промивних вод:

$$V_1 = V - (W''_{ш} + W'_{ш}) = 39,962 - (0,15 + 0,105) = 39,707 \text{ м}^3$$

9. Розраховуємо загальну кількість осаду, що подається в шламосховище:

$$W_{ш} = W'_{ш} + W''_{ш} = 0,15 + 0,105 = 0,255 \text{ м}^3/\text{добу}$$

10. Розраховуємо масу осаду після зневоднення на фільтр-пресі:

На фільтр-прес подається $W_{ш}$ осаду, вологість осаду після фільтр-преса становить 60%.

Об'єм осаду після фільтр-пресу:

$$W_{ос} = \frac{W_{ш} \cdot 60}{100} = \frac{0,255 \cdot 60}{100} = 0,153 \text{ м}^3$$

Об'єм води:

$$W_{вод} = W_{ш} - W_{ос} = 0,255 - 0,153 = 0,102 \text{ м}^3$$

11. Розраховуємо витрату активного хлору необхідну для знезараження води на початку схеми:

$$q_{пер.хл.} = \frac{Q_{Д1}}{1000} = \frac{257,5 \cdot 3}{1000} = 0,7725 \text{ кг/добу}$$

де D_1 – доза активного хлору для первинного хлорування води, $D_1 = 3 \text{ г/м}^3$

12. Розраховуємо витрату активного хлору необхідну для знезараження води в кінці схеми:

$$q_{втор.хл.} = \frac{Q_{Д2}}{1000} = \frac{257,5 \cdot 2}{1000} = 0,515 \text{ кг/добу}$$

де D_2 – доза активного хлору для вторинного хлорування води $D_2 = 2 \text{ г/м}^3$

В якості хлораторної установки використовуємо електрохлоратор, в який подається розчин NaCl. Вихід Cl_2 , буде 70%.

Розраховуємо кількість NaCl необхідного для генерування активного хлору:

$$\text{За первинного хлорування: } 2 \overset{100\%}{\underset{\text{кг/добу}}{\text{NaCl}}} = 2\text{Na} + \overset{70\%}{\underset{\text{кг/добу}}{\text{Cl}_2}} \uparrow - X = \frac{100 \cdot 0,7725}{70} =$$

$$1,1036 \text{ кг/добу} = 0,0011036 \text{ т/добу};$$

$$\text{За вторинного хлорування: } 2 \overset{100\%}{\underset{\text{кг/добу}}{\text{NaCl}}} = 2\text{Na} + \overset{70\%}{\underset{\text{кг/добу}}{\text{Cl}_2}} \uparrow - X = \frac{100 \cdot 0,515}{70} =$$

$$0,7357 \text{ кг/добу} = 0,0007357.$$

Загальна витрата хлору:

$$q = q_{\text{пер.хл.}} + q_{\text{втор.хл.}} = 0,7725 + 0,515 = 1,287 \text{ кг/добу} = 0,001287 \text{ т/добу}$$

Загальна витрата хлориду натрію:

$$q = q_{\text{пер.хл.}} + q_{\text{втор.хл.}} = 1,1036 + 0,7357 = 1,8393 \text{ кг/добу} = 0,0018393 \text{ т/добу}$$

Таблиця 1.4.2. Матеріальний баланс

Назва потоку	Значення, м ³ /добу (т/добу)
Забір води	257,5
Подача води споживачу	250
Подача води на промивку механічного фільтру	12,53
Подача води на промивку каталітичного фільтру	14,472
Подача води на промивку вугільного фільтру	12,96
Надходження води зі шламом від механічного фільтру до відстійника-накопичувача	12,53
Надходження води зі шламом від каталітичного фільтру до відстійника-накопичувача	14,47
Надходження води від вугільного фільтру до відстійника-накопичувача	12,96
Витрата шламу з відстійника в шламосховище	39,962
Об'єм води, що подається на початок технологічної схеми після усереднювала	39,707
Об'єм шламу, що подається на фільтрпрес	0,255
Об'єм осаду після фільтрпресу	0,153
Об'єм фільтрату(води) після фільтрпресу	0,102
Загальна витрата хлору	0,001287
Загальна витрата хлориду натрію	0,0018393

Кількість NaCl необхідного для генерування активного хлору за первинного хлорування:	0,0011036
Кількість NaCl необхідного для генерування активного хлору за вторинного хлорування:	0,0007357
Витрата хлору за первинного хлорування	0,7725
Витрата хлору за вторинного хлорування	0,515

Розділ 2

Гідравлічні розрахунки очисних споруд

2.1. Розрахунок приймальної камери

Об'єм камери розраховують виходячи з витрати води та часу її перебування у камері:

$$W = (q \cdot t) = 10,73 \cdot 2 = 21,46 \text{ м}^3$$

t – час перебування води в камері t = 2 год;

T – час роботи установки;

q – витрата води, м³/ год.

Приймаємо висоту приймальної камери H = 3 м.

Площа приймальної камери:

$$S = \frac{W}{H} = \frac{21,46}{3} = 7,15 \text{ м}^2$$

Приймаємо резервуар розміром:

$$B = L = \sqrt{F} = \sqrt{7,15} = 2,7 \text{ м.}$$

2.2. Розрахунок контактного резервуару

Об'єм контактного резервуару розраховують виходячи з витрати води та часу її перебування у резервуарі :

$$W = q \cdot t = 10,73 \cdot 0,3 = 3,219 \text{ м}^3,$$

t – час перебування води у резервуарі t = 20 хв = 0,3 год;

q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$.

Приймаємо висоту резервуару $H = 3 \text{ м}$.

Площа резервуару:

$$S = \frac{W}{H} = \frac{3,219}{3} = 1,073 \text{ м}^2$$

Приймаємо резервуар розміром:

$$B = L = \sqrt{F} = \sqrt{1,073} = 1,04 \text{ м}.$$

2.3. Розрахунок механічного фільтру

Розраховуємо загальну площу фільтрування:

$$F = \frac{Q}{TV_H - 3,6\omega t_1 n - t_2 V_H n} = \frac{257,5}{24 \cdot 10 - 3,6 \cdot 15 \cdot 0,1 \cdot 2 - 0,33 \cdot 10 \cdot 2} = 1,16 \text{ м}^2$$

Q – об'єм води який фільтрується за добу м^3 .

T – час роботи станції протягом доби, $T = 24 \text{ год/добу}$;

V_H – швидкість фільтрування, $V_H = 10 \text{ м/год}$;

ω – інтенсивність подачі води на промивання фільтрів, $15 \text{ дм}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$;

n – число промивань фільтру, $n = 2$;

t_1 – час промивки фільтру, $t_1 = 0,1 \text{ год}$;

t_2 – час простою фільтра у зв'язку з промивкою, $t_2 = 0,33 \text{ год}$

Розраховуємо кількість фільтрів:

$$N_\Phi = \frac{\sqrt{F}}{2} = \frac{\sqrt{1,16}}{2} = 0,54,$$

тобто мінімальна кількість фільтрів – 1.

Тоді площа одного фільтру становить:

$$f_\Phi = \frac{1,16}{1} = 1,16 \text{ м}^2$$

Приймаємо число фільтрів рівним 2, один в роботі інший запасний на випадок промивки.

Виходячи з розрахованої площі фільтрування, вибираємо типові розміри фільтра.

Отже, діаметр фільтра $D = 1000 \text{ мм} = 1 \text{ м}$.

Таблиця 2.1. Діаметри та площі фільтрування стандартних фільтрів

Діаметр фільтра, d , мм	700	1000	1500	2000	2600	3000	3400
Площа фільтрування, $F_{\text{ф}}, \text{ м}^2$	0,39	0,76	1,72	3,1	5,2	6,95	9,1

Висоту фільтрів визначають, виходячи із висоти шару підтримуючої загрузки, фільтруючої загрузки та висоти шару води.

Загальна висота фільтру:

$$H = H_{\text{п.з}} + H_{\text{ф.з}} + H_{\text{в}},$$

де $H_{\text{п.з}}$ – висота шару підтримуючого завантаження, $H_{\text{п.з}} = 0,5 \text{ м}$;

$H_{\text{ф.з}}$ – фільтруюче завантаження, $H_{\text{ф.з}} = 1,5 \text{ м}$;

$H_{\text{в}}$ – висота шару води, $H_{\text{в}} = 0,5 \text{ м}$.

$$H = 0,5 + 1 + 0,5 = 2,0 \text{ м}.$$

2.4. Розрахунок каталітичного фільтру

Приймаємо, що ефективна швидкість фільтрування для повного окислення сполук заліза та марганцю ($V_{\text{фільтрув.}}$) становить 8 м/год. Виходячи з цього розрахуємо приблизну площу фільтрування:

$$F = \frac{Q}{V_{\text{фільтрув.}}} = \frac{10,73}{8} = 1,34 \text{ м}^2$$

де Q – витрата води за годину

$$\frac{257,5}{24} = 10,73 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Приймаємо висоту шару завантаження $H = 1,5$ м

Розраховуємо кількість фільтрів:

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2} = \frac{\sqrt{1,34}}{2} \approx 0,57 \approx 1$$

Тоді площа одного фільтру становить:

$$F = \frac{1,34}{1} = 1,34 \text{ м}^2$$

Підбираємо фільтр за типовими розмірами. Приймаємо, що діаметр фільтру (D) становить 1500 мм або 1,5 м. В цьому випадку висота шару іоніту буде 2 м, а його об'єм в одному фільтрі (f) становить $3,56 \text{ м}^3$

Таблиця 2.2. Характеристики стандартних фільтрів

Діаметр фільтра, d , мм	1000	1500	2000	2600	3000	3400
Робочий тиск, Мпа	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Площа фільтрування, м^2	0,785	1,773	3,14	5,3	7,1	9,1
Висота шару іоніту, м	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5
Об'єм іоніту, м^3	1	3,56	7,85	13,25	17,75	22,75

2.5. Розрахунок вугільного фільтру

Для зниження забарвленості води та її доочищення рекомендується використовувати сорбційні фільтри, що являють собою механічні напірні фільтри із антрацитовим завантаженням. Приймаємо діаметр зерен засипки 0,6-1,4 мм, висота фільтрувального шару $H_f = 1$ м.

Площу фільтрів розраховують за формулою:

$$F = \frac{q_y}{V_H} = \frac{10,73}{10} = 1,073 \text{ м}^3$$

де q_y – продуктивність установки, $10,73 \text{ м}^3/\text{год}$;

V_H – швидкість фільтрування в нормальному режимі, $10 \text{ м}/\text{год}$;

Розраховуємо витрату води на одне відмивання вугільного фільтра:

$$q_{\text{пр.з}} = \frac{60 \cdot i \cdot t \cdot F}{1000} = \frac{60 \cdot 12 \cdot 15 \cdot 1,2}{1000} = 12,96 \text{ м}^3$$

де i - інтенсивність розпушуючого промивання фільтра, 12 л/(с × м²);

t - тривалість розпушуючого промивання фільтра, 15 хв.

Розраховуємо кількість фільтрів:

$$N_{\phi} = \frac{\sqrt{F}}{2} = \frac{\sqrt{1,073}}{2} = 0,52$$

тобто мінімальна кількість фільтрів – 1.

Тоді площа одного фільтру становить:

$$f_{\phi} = \frac{F}{N} = \frac{1,073}{1} = 1,073 \text{ м}^2$$

Приймаємо число фільтрів рівним 2, один в роботі інший запасний на випадок промивки.

Виходячи з розрахованої площі фільтрування, вибираємо типові розміри фільтра.

Отже, діаметр фільтра $D = 1500 \text{ мм} = 1,5 \text{ м}$.

Таблиця 2.3. Діаметри та площі фільтрування стандартних фільтрів

Діаметр фільтра, d , мм	700	1000	1500	2000	2600	3000	3400
Площа фільтрування, F_{ϕ} , м ²	0,39	0,76	1,72	3,1	5,2	6,95	9,1

Висоту фільтрів визначають, виходячи із висоти шару підтримуючої загрузки, фільтруючої загрузки та висоти шару води.

Загальна висота фільтру:

$$H = H_{\text{п.з}} + H_{\text{ф.з}} + H_{\text{в}},$$

де $H_{\text{п.з}}$ – висота шару підтримуючого завантаження, $H_{\text{п.з}} = 0,5 \text{ м}$;

$H_{\text{ф.з}}$ – фільтруюче завантаження, $H_{\text{ф.з}} = 1,5 \text{ м}$;

$H_{\text{в}}$ – висота шару води, $H_{\text{в}} = 0,5 \text{ м}$.

$$H = 0,5 + 1 + 0,5 = 2,0 \text{ м}.$$

2.6. Розрахунок резервуару чистої води (РЧВ)

Час перебування води в резервуарі очищеної води – 1 година.

Об'єм резервуару:

$$W = q \cdot t = 10,73 \cdot 1 = 10,73 \text{ м}^3$$

q – витрата води за годину;

t – час перебування води в резервуарі;

Приймаємо висоту резервуару $H = 2$ м;

Площа резервуару:

$$F = \frac{W}{H} = \frac{10,73}{2} = 5,4 \text{ м}^2$$

Довжина та ширина резервуару:

$$B = L = \sqrt{F} = \sqrt{5,4} = 2,3 \text{ м.}$$

2.7. Розрахунок резервуару-накопичувача промивних вод

В резервуар подається вода після промивки усіх фільтрів:

$$V = 12,53 + 14,472 + 12,96 = 39,962 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Витрата води буде становити: $q = 39,962/24 = 1,66$ год

Площа перерізу, м^2 , розраховується за формулою:

$$F_{з.в.} = \frac{q}{3,6 \cdot V \cdot N} = \frac{1,66}{3,6 \cdot 0,1 \cdot 1} \approx 4,61 \text{ м}^2$$

де q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$;

V – швидкість підйому води;

N – число баків-усереднювачів;

Площа перерізу камери, m^2 визначається за формулою:

$$f_k = \frac{q \cdot t}{60 \cdot N_b \cdot H_b} = \frac{1,66 \cdot 20}{60 \cdot 1 \cdot 1,5} = 0,37 m^2$$

де N_b – число баків-усереднювачів;

H_b – висота баку-усереднювача, м.

Ширину визначають за формулою:

$$B = \sqrt{F_{з.в.} + f_k} = \sqrt{1,66 + 0,37} = \sqrt{2,03} \approx 1,42$$

Беремо висоту баку-усереднювача $H = 1,5$ м, ширину B і довжину $L = 1,42$ м.

2.8. Розрахунок шламосховища

Протягом доби до шламосховища надходить осаду $W_{oc} = 0,255 m^3$.

Об'єм шламосховища розраховуємо з урахуванням часу перебування осаду в ньому

$$W = W_{oc} \cdot t$$

t - період роботи станції;

W_{oc} - об'єм осаду, що надходить до шламосховища протягом доби.

$$W = 0,255 \cdot 24 = 6,12 m^3$$

Приймаємо висоту шламосховища $H = 2$ м.

Площа шламосховища:

$$W = 0,255 \cdot 24 = 6,12 m^3$$

Діаметр шламосховища:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi}} = \sqrt{\frac{3,06}{3,14}} = 1,97 \text{ м}$$

2.9. Розрахунок фільтр – преса.

Кількість осаду, що утворюється на добу $0,255 \text{ м}^3/\text{добу}$, рахуємо, що осад переробляють раз у 24 дні, тоді $0,255 \cdot 30 = 7,65 \text{ м}^3$ подається на фільтр-прес.

Основним параметром при виборі фільтр – преса є витрата вологого осаду $Q_{\text{ос}}$ ($\text{м}^3/\text{год}$).

$$Q_{\text{ос}} = \frac{W_{\text{ос}}}{24} = \frac{7,65}{8} = 0,95 \approx 1$$

Вибираємо стрічковий фільтр-прес – барабанний згущувач осаду MONOBELT NP08C продуктивність якого $1\text{-}3 \text{ м}^3/\text{год}$. Розміри: $1,9 \times 1,2 \times 1,5 \text{ м}$; ширина стрічки: $0,8 \text{ м}$

2.10. Розрахунок електрохлоратору

Загальна витрата хлору:

$$q = q_{\text{пер.хл.}} + q_{\text{втор.хл.}} = 0,7725 + 0,515 = 1,287 \text{ кг/добу}$$

Витрата хлору:

$$1,287/24 = 0,053 \text{ кг/год} = 53 \text{ г/год.}$$

Виходячи з витрати хлору підбираємо електрохлоратор, характеристики якого представлені в табл.2.5.

Таблиця 2.5. Характеристики хлорогенератора HAYWARD AQR-LTO-SV5

Параметри	Значення
Продуктивність по хлору	55 г/год
Концентрація солі (NaCl)	3,2 до 100 г/дм ³
Розмір	1000 x 500 x 1000 мм

Розділ 3

Будівництво очисних споруд

3.1. Компонування споруд підготовки питної води

Вибір схеми і системи водопостачання проводиться зіставленням можливих варіантів її реалізації з урахуванням особливостей об'єкта чи групи об'єктів, необхідних витрат води на різних етапах, джерел водопостачання, вимог до напорів, якості води і забезпеченості її подачі.

Проектуючи станції водопідготовки, слід передбачати блокування ємнісних споруд і приміщень, пов'язаних загальним технологічним процесом. Об'ємно-планувальні вирішення будівель станцій водопідготовки (загальна довжина і ширина, висота поверхів, розміри прольотів, кроків колон) залежать від технологічного процесу, розмірів обладнання і цехового транспорту.

Габарити павільйону чи підземної камери, в яких знаходиться устя водозабірної свердловини підземних вод, приймаються за умови розміщення електродвигуна, електроустаткування і контрольно-вимірювальних приладів. Висота наземного павільйону і підземної камери визначається розмірами обладнання, але може бути не менше 2,4 м.

Компонування об'єктів підготовки та очищення питної води виконується з урахуванням санітарних та протипожежних норм.

Відповідно до рішень у даному проекті усткування розміщено у одноповерховій будівлі з сіткою колон 12x18м. Для того, щоб пришвидшити процес очищення води і зробити його технологічнішим усі апарати розташовуємо максимально близько один до одного в межах сітки колон.

Також у план включено адміністративно-побутові приміщення, які складаються з роздягалень з душовими та санвузлами та побутова кімната

плюс блок адміністративних приміщень(кабінет майстрів, кабінет начальника цеху).

Дані блоки розміщуємо лінійно відповідно до організації робочого та технологічного процесів.

Очисні споруди розташованні в основній частині цеху. Обладнання розміщено за принципом руху води за даною технологічною схемою. В цеху знаходяться такі споруди, як приймальна камера, два контактні резервуари, механічний фільтр, каталітичний фільтр, вугільний фільтр, резервуар чистої води, бак NaCl, відстійник, шламонакопичувач, фільтр-прес. Поміж всіма спорудами витримується відстань для можливості вільного проходу працівників.

3.2. Об'ємно-планувальні рішення будівлі

Згідно з об'ємно-планувальним вирішенням спроектовано одноповерхову промислову будівлю. Прогонів — 1, довжиною 18 м. Крок колон 12 м. Сітка колон: 18x12 м.; висота поверху — 10,8 м. Довжина будівлі сягає 60 метрів. Крайні колони мають нульову прив'язку до повздовжніх осей. Будівля оснащена мостовим краном з вантажопідйомністю 10 тон, головка рельсу якого знаходиться на відмітці 8,5 м. За конструктивним типом будівля є залізобетонною каркасною. На поперечних та повздовжніх стінах встановлені колони фахверку з кроком 6 м. Огороджувальну функцію виконують стіни з великопанельних одношарових газобетонних панелей. Для підтримання стійкості промислової будівлі було встановлено поперечний деформаційний шов з прив'язкою колон 500 мм.

Площа адміністративно-побутових приміщень становить 112 м², з яких: по 28 м² на чоловічі та жіночі гардеробні приміщення з двома шафами для окремого зберігання вуличного та робочого одягу. Жіночі та чоловічі душові

приміщення і вбиральні розташовані окремо. Чоловіча і жіноча вбиральня мають по одному туалету. Площа приміщення вбиральні становить по 4 м². В душових приміщеннях повинно бути 2 душові кабінки для чоловіків та 2 для жінок. Площа душових кімнат становить по 10 м² кожна. Вмивальне приміщення займає площу 2 м² і облаштоване 1 вмивальником. Кабінет начальника цеху і кімната майстрів займають по 12 м².

3.3. Конструктивне рішення будівлі

Будівлю запроектовано відповідно на один поверх.

Було обрано збірні залізобетонні колони(рис. 3.1). Крайні колони мають однобічні, а середні — двобічні консолі. Також передбачене встановлення колон фахверку(рис. 3.2) вздовж і поперек зовнішніх стін будівлі

Фундамент стаканного типу (рис. 3.4) встановлюється під усіма колонами, в тому числі колонами фахверку.

На основні колони встановлюється залізобетонна балка з отворами, яка виконує опорну функцію для плит покриття. (рис. 3.5)

В основі покриття лежать залізобетонні плити (рис.3.6)

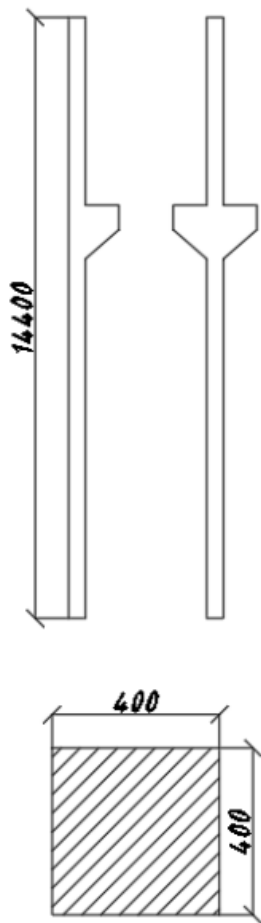


Рисунок 3.1. Основні колони



Рисунок 3.2. Колони фахверку

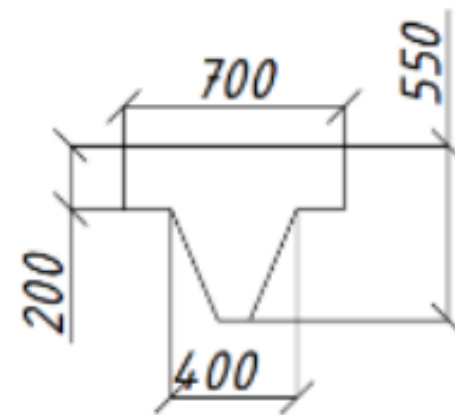


Рисунок 3.3. Підкранова балка

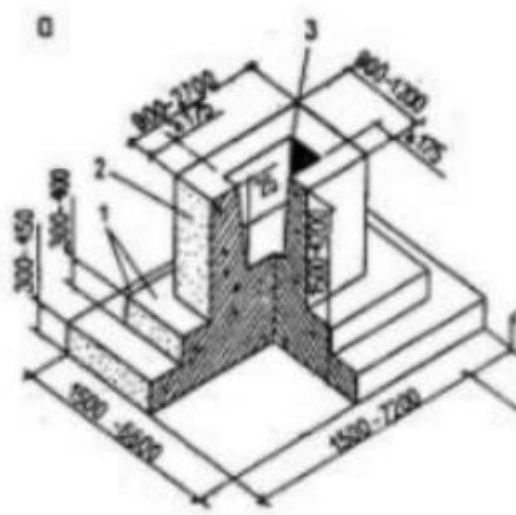


Рисунок 3.4 Монолітний стовповий залізобетонний фундамент, стаканного типу

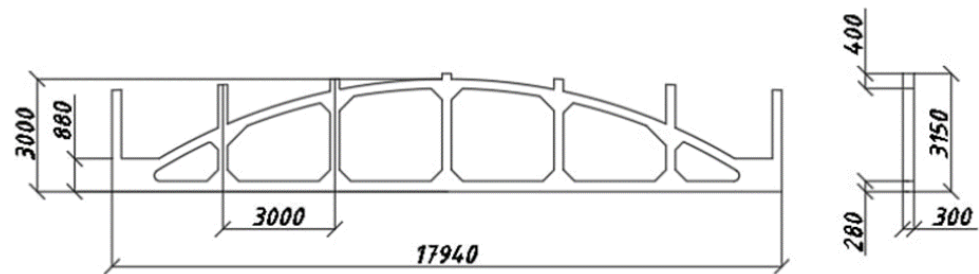


Рисунок 3.5. Стропильна ферма: безроскоса

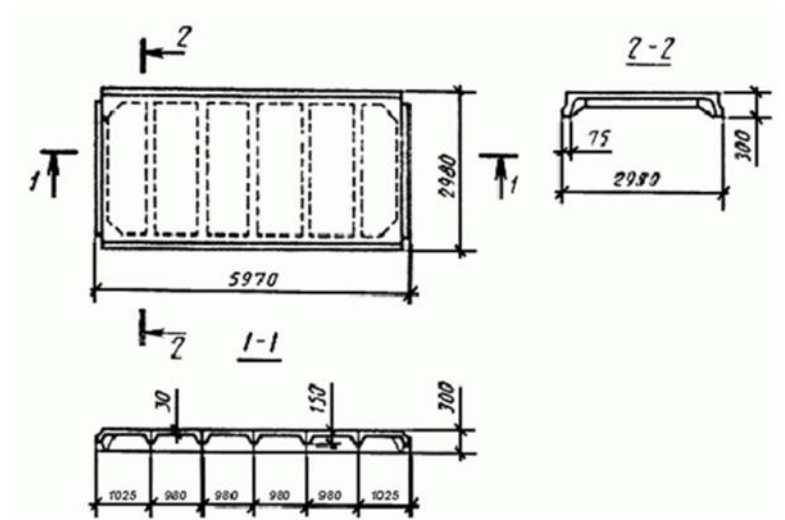
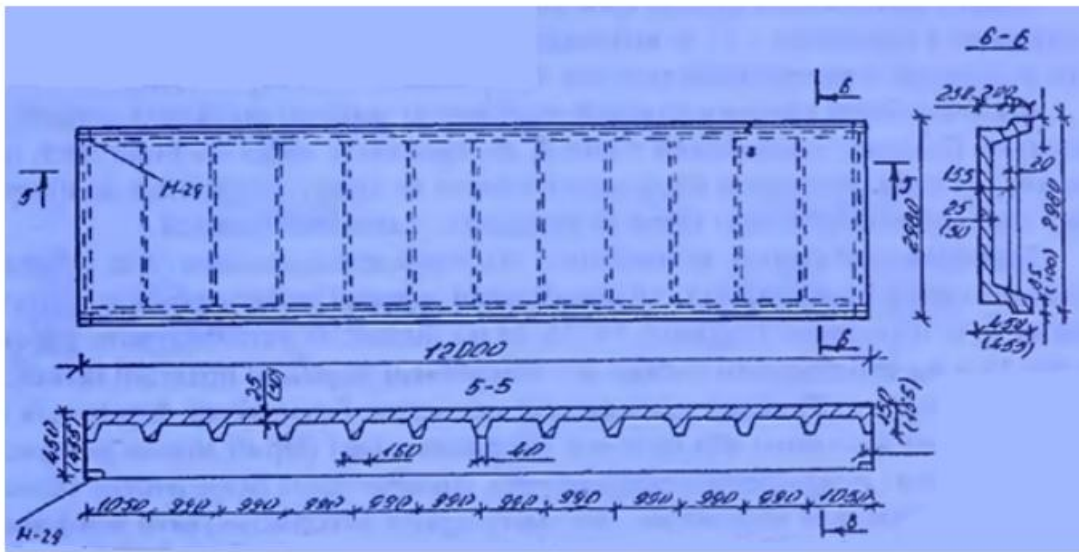


Рисунок 3.6 Бетонні плити покриття

Розділ 4

Оцінка вмісту важких металів та способи їх зниження

Забезпечення населення водою належної якості і в достатній кількості є однією з провідних проблем екологічної безпеки, оскільки її вирішення впливає на здоров'я громадян. Якісна питна вода є важливим фактором забезпечення благополуччя населення України та Львівської області зокрема. Якість питної води, яку отримують мешканці з централізованих мереж водопостачання, залежить від різних чинників, основними з яких є наявність водних ресурсів в регіоні, їх санітарний стан, якість води джерела питного водопостачання, технічний рівень та відповідність систем очищення й розподілу води, стан водогонів, ефективність водоохоронних заходів [33].

Водночас, питна вода, що надходить через водопровідну систему мешканцям не завжди відповідає встановленим санітарно-гігієнічним вимогам, та потребує поліпшення, адже поки вона дійде до споживача, пройде на своєму шляху кілометри. Через те її якість і безпечність цілком залежать від стану водогонів, які нині часто мають незадовільний стан (втрачають міцність, безпечність, герметичність, довговічність) [53]

Утворення корозії є основним недоліком в експлуатації труб водогону. Від природного складу води залежить швидкість та характер утворення корозії.

Споживання невідповідної якості питної води може погано вплинути на здоров'я людини. Вживаючи неякісну воду для пиття та приготування їжі, купаючись та плаваючи, займаючись спортом в такій воді, - людина наражає себе на негативні наслідки.

В.В. Бабієнко зазначає, що «у випадку вживання неякісної води створюється реальна небезпека розвитку інфекційних і неінфекційних захворювань. За даними ВООЗ, загальне число людей, які вмирають через неякісну і небезпечну питну воду, перевершує число жертв усіх форм

насильства, включаючи війни та збройні конфлікти. Саме тому надзвичайно важливі гігієнічна роль води і її значення для профілактики інфекційних і неінфекційних захворювань» [1].

Екологічний стан поверхневих водних об'єктів і якість води в них є вирішальними чинниками санітарного та епідеміологічного благополуччя населення. Потенціальні запаси поверхневих вод України оцінюються близько 209 куб. км на рік, з яких 25 відсотків формується у межах держави [25]

Водночас більшість басейнів річок згідно з гігієнічною класифікацією водних об'єктів за ступенем забруднення можна віднести до забруднених та дуже забруднених. Наявні очисні споруди та технології очистки, знезараження питної води не спроможні очистити її до рівня показників безпеки. Останні роки позначилися як посушливі та маловодні. Це закономірно призвело до погіршення якісних показників вод [38].

Загальний ресурс підземних вод України (прогнозований) складає 61 689 тис. куб. м на добу, розподіляються по території України нерівномірно. Більша частина їх знаходиться на півночі та заході. Через неналежну сільськогосподарську практику, через забруднення комунальними, промисловими та сільськогосподарськими підприємствами водних об'єктів на фоні потепління та зміни клімату спричинили зникнення з карти України тисяч малих річок, суттєвого зменшення водності головних водних артерій, знищення водних та навколоводних екологічних систем [30]

Незадовільний санітарно-технічний стан водопровідних споруд і мереж, великий відсоток їх зношеності (у різних регіонах 30 % - 70 %); несвоєчасне проведення капітальних та поточних ремонтних робіт, не своєчасне ліквідації аварій, - впливають на якість питної води систем централізованого водопостачання. Деякі регіони взагалі гостро відчують потребу у воді не тільки якісно, а й кількісно. Часто вода відсутня у водопровідній мережі через аварії, подається за графіком, що за її тривалої відсутності у трубах стає причиною бактеріального забруднення питної води. Неодноразові випадки

відключення об'єктів водопостачання від систем енергопостачання значно погіршують ситуацію [30].

Для забезпечення реалізації державної політики щодо забезпечення населення якісної питною водою в межах науково-обґрунтованих нормативів питного водопостачання та на виконання гарантованих Конституцією України прав громадян щодо достатнього життєвого рівня та екологічної безпеки завдяки забезпеченню питною водою у необхідній кількості та у відповідності до встановлених норм було прийнято ряд програм – «Загальнодержавну цільову програму «Питна вода України» на 2011-2020 роки [38] та «Загальнодержавну цільову соціальну програму "Питна вода України" на 2022 - 2026 роки» [15].

На забезпечення населення якісною питною водою в необхідних обсягах, відповідно до встановлених нормативів спрямована Загальнодержавна цільова соціальна програма "Питна вода України" на 2022–2026 роки із загальним обсягом фінансування якої на визначені роки становить 28588,6 млн гривень [15].

Також у вказаному документі констатується те, що за період 2019- 2021 рр. «збільшився доступ до централізованого водопостачання у селищах міського типу: з 87,2% у 2016 році до 91,2% у 2020 році. В містах рівень охоплення централізованим водопостачанням трохи зменшився: з 99,3% у 2016 році до 99,0% у 2020 році. Викликає стурбованість тенденція щодо подальшого регресу доступу сіл до централізованого водопостачання: у 2016 році рівень охоплення складав 29,2%, у 2020 році знизився до 26,8 % (без врахування територій, окупованих та анексованих рф з 2014 року). До того ж, станом на 2020 рік у 8 областях 252,7 тис. осіб у 790 населених пунктах користувалось привізною водою. Ситуація щодо доступу до централізованого водовідведення дещо покращилася в містах та селищах (сmt) за звітний період: у 2020 році 96,6% міст, 63,9% сmt мали доступ до централізованого водовідведення, у 2016 році ці показники склали, відповідно, 94,1% та

60,4%. Тоді як у селах спостерігається подальший регрес: у 2020 році доступ до каналізації мали лише 1,8% сіл, тоді як у 2016 році – 2%» [23].

Відмічено, що у водних мережах за присутності органічних та амонійних речовин можуть розвиватись залізобактерії, що викликає появу на внутрішніх частинах труб нерозчинного осаду гідроксиду заліза та їх заростання, через що змінюються та погіршуються органолептичні показники води: каламутність, запах, смак, підвищується вміст заліза загального. Також, як наслідок, виникають аварійні ситуації, прориви водопровідних мереж, що веде до погіршення якості питної води [21].

Виокремлюють 3 стадії забруднення природних вод:

– початкова, за якої концентрація токсикантів є меншою за гранично допустиму концентрацію (ГДК), але є вищою, ніж фонова;

– небезпечна стадія, за якої концентрація токсикантів дорівнює або трохи вища за ГДК; – особливо небезпечна стадія, за якої концентрація токсикантів значно перевищує ГДК [7].

У таблиці 4.1 представимо основні види забруднення природних вод.

Таблиця 4.1. Види забруднення природних вод

Вид забруднення	Характеристика
Механічне	надходження до середовища хімічно та біологічно інертних твердих матеріалів (сміття, тверді побутові та промислові відходи; пил, пилок рослин, глинисті частинки, завішені у товщі води)
Органічне	неочищені стічні води підприємств харчової і легкої промисловості, великі тваринницькі господарства, річкові й морські судна, поверхневий стік
Хімічне	органічне (феноли, нафтеніві кислоти, пестициди та ін.), неорганічне (солі, кислоти, луги), токсичне (миш'як, сполуки ртуті, свинцю, кадмію та ін.); нафта й нафтопродукти, органічні сполуки, поверхнево-активні речовини, миючі засоби, пестициди
Радіоактивне	пов'язане з підвищенням у воді вмісту радіоактивних речовин
Теплове	відбувається внаслідок спускання у водойми підігрітих вод від ТЕС, АЕС та інших енергетичних об'єктів

Як видно з таблиці, всі види забруднень мають свої специфічні особливості та по-різному впливають на природні води. Так, сьогодні зі супутникових знімків Тихого та Атлантичного океанів ми можемо бачити цілі острови, які утворені із плаваючого сміття, які наносять шкоду Світовому океану [39]. Також через механічне забруднення пошкоджується тваринний світ, припиняється фотосинтез, створюються нові біотопи.

Ризик для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтових вод, поверхневих водойм несуть пестициди. Обприскуючи інсектицидами малих річок, водойм місцевого значення та прибережних зон великих водоймищ вони становлять значну небезпеку для природи водойм (флори і фауни). Зазначимо, що потрапляння токсичних речовин з пестицидами у великі водосховища, море або океан спричиняє меншу шкоду адже вони розчиняються у великій кількості води. Дія їх впливу залежить від дози, форми способу потрапляння, та від швидкості розпаду. І все ж, вони здатні до накопичення в організмах риби, у планктоні та можуть становити загрозу наступним ланкам ланцюга живлення, викликаючи отруєння. Тому сільськогосподарським господарствам необхідно обирати ті пестициди, без яких неможливо обійтися (з менш токсичною дією), а їх виробникам працювати над розробкою безпечних видів.

4.1. Вміст важких металів у питній воді з різних джерел водопостачання

Важкі метали є особливою небезпекою для водного середовища, джерелом забруднення якого часто є поверхневий стік. Тому контроль за станом питної води в сучасних умовах техногенного навантаження на довкілля є одним із важливих завдань попередження надходження цих токсикантів у

живі організми. Відомо, що вміст у воді важких металів залежить від цілого ряду факторів, однак, від джерел постачання вивчено недостатньо.

За даними Буської громади, крім водопровідної мережі, найбільш поширеним джерелом питного водопостачання у Буському районі є шахтні колодязі (криниці) та індивідуальні свердловини. У районі нараховується 8861 криниця, з яких 22 громадського користування. Важливість вивчення питання полягає ще в тому, що тільки 5-7% населення Буського району отримує воду від централізованих джерел питного водопостачання [47].

Результати наших досліджень (табл. 4.2) показали, що у питній криничній воді перевищень за ГДК по свинцю, кадмію, цинку та міді не виявлено.

Таблиця 4.2 – Концентрація важких металів у питній воді (криничній)

Важкі метали	Одиниці виміру	Фактична концентрація важких металів	ГДК	Вміст мінеральних речовин
Свинець	мг/л	0,027	0,03	172
Кадмій	мг/л	0,0009	0,001	172
Цинк	мг/л	0,32	1,0	172
Мідь	мг/л	0,056	1,0	172
Ртуть	мг/л	-	0,005	172

Відмічено, що у досліджуваній воді вміст свинцю, кадмію, цинку та міді у порівнянні з допустимими нормами було нижче у 1,1 рази, 1,42, 3,1 та 17,8 рази відповідно. Водночас необхідно відмітити, що у питній криничній воді також не виявлено ртуті.

Проаналізувавши коефіцієнт небезпеки важких металів у питній криничній воді (табл. 4.3) відмітимо, що він знаходився у межах від 0,056 до 0,9, та не перевищував пороговий рівень 1,0, тобто був нижчим від його рівня у 17,8 – 1,1 рази.

Результати досліджень щодо концентрації важких металів у питній воді зі свердловини (табл. 4.4) показали, що у ній уміст свинцю, кадмію, цинку та міді не перевищували ГДК.

Таблиця 4.3 – Коефіцієнт небезпеки важких металів у питній воді (криничній)

Важкі метали	Одиниці виміру	Фактична концентрація важких металів	ГДК	$K_{\text{неб}}$
Свинець	мг/л	0,027	0,03	0,9
Кадмій	мг/л	0,0009	0,001	0,9
Цинк	мг/л	0,32	1,0	0,32
Мідь	мг/л	0,056	1,0	0,056

Таблиця 4.4. – Концентрація важких металів у питній воді (зі свердловини)

Важкі метали	Одиниці виміру	Фактична концентрація важких металів	ГДК	Вміст мінеральних речовин
Свинець	мг/л	0,027	0,03	134
Кадмій	мг/л	0,0009	0,001	134
Цинк	мг/л	0,32	1,0	134
Мідь	мг/л	0,056	1,0	134
Ртуть	мг/л	-	0,005	134

Зокрема, вміст свинцю, кадмію, цинку та міді у питній артезіанській воді (зі свердловини) був нижчий за допустимі норми гранично допустимих норм (ГДК) відповідно у 5,0 раза, 1,25, 10, 370 та 47 рази. Ртуті у питній воді зі свердловини не виявлено.

Аналізуючи коефіцієнт небезпеки важких металів у питній воді зі свердловини (табл. 4.5) зазначимо, що він був у межах від 0,0027 до 0,1, що нижче порогового рівня 1,0 у 370 – 10 разів.

У питній водопровідній воді (табл. 4.5) також перевищень гранично допустимих концентрацій (ГДК) не виявлено. Зокрема, вміст свинцю, кадмію, цинку та міді у водопровідній воді був нижчим порівняно з ГДК у 3,0 рази, 1,25, 4,5 та 37 рази відповідно. Також відмітимо, що токсичного елементу – ртуті у питній водопровідній воді не виявлено.

Таблиця 4.4. – Коефіцієнт небезпеки важких металів у воді зі свердловини

Важкі метали	Одиниці виміру	Фактична концентрація важких металів	ГДК	$K_{\text{неб}}$
Свинець	мг/л	0,027	0,03	0,2
Кадмій	мг/л	0,0009	0,001	0,8
Цинк	мг/л	0,32	1,0	0,1
Мідь	мг/л	0,056	1,0	0,0027

Таблиця 4.5. – Концентрація важких металів у питній водопровідній воді

Важкі метали	Одиниці виміру	Фактична концентрація важких металів	ГДК	Вміст мінеральних речовин
Свинець	мг/л	0,027	0,03	112
Кадмій	мг/л	0,0009	0,001	112
Цинк	мг/л	0,32	1,0	112
Мідь	мг/л	0,056	1,0	112
Ртуть	мг/л	-	0,005	112

Відмітимо, що коефіцієнт небезпеки важких металів у водопровідній питній воді (табл. 4.6) був у межах від 0,027 до 0,8 що не перевищувало порогового рівня 1,0.

Зазначимо, що коефіцієнт небезпеки свинцю, кадмію, цинку та міді був нижчий за пороговий рівень 1,0 відповідно у 3,0 рази, 1,25, 4,5 та 37,0 рази.

Таблиця 3.6. – Коефіцієнт небезпеки важких металів у питній водопровідній воді

Важкі метали	Одиниці виміру	Фактична концентрація важких металів	ГДК	$K_{\text{неб}}$
Свинець	мг/л	0,027	0,03	0,33
Кадмій	мг/л	0,0009	0,001	0,8
Цинк	мг/л	0,32	1,0	0,22
Мідь	мг/л	0,056	1,0	0,027

Результати досліджень з вивчення вмісту мінерального залишку у питній воді (табл. 4.7) показали, що перевищень норм (1000 мг/л) не

спостерігалось. Зокрема, вміст мінеральних речовин у питній воді криничній, зі свердловини та водопровідної був нижчий нормативного максимального показника у 5,8 раза, 7,4 та 8,9 раза

Таблиця 4.7. – Вміст мінерального залишку у питній воді

Показники	Одиниці виміру	Джерела водопостачання води		
		Криниця	Свердловина	Водопровідна
Вміст мінеральної речовини	мг/л	172	134	112
Свинець	мг/л	0,027	0,006	0,010
Кадмій	мг/л	0,0009	0,0008	0,0008
Цинк	мг/л	0,32	0,10	0,22
Мідь	мг/л	0,056	0,0027	0,027

Водночас, аналізуючи отримані результати, відмітимо, що найнижча концентрація мінеральних речовин виявлена у водопровідній воді, яка склала 112 мг/л, тоді як у воді криничній та у воді зі свердловини цей показник був вищим у 1,19 раза і 1,53 раза, що вплинуло певною мірою і на концентрацію важких металів у воді. Виявлено залежність між вмісту мінерального залишку у воді та рівня концентрації в ній важких металів. Так, концентрація у питній воді криничній була вища по свинцю у 2,7 раза, кадмію – у 1,12 раза, цинку – у 1,4 раза та міді – у 2,0 рази порівняно з водопровідною питною водою.

4.2. Вплив побутового доочищення питної води на концентрацію в ній важких металів

Наразі до питання якості питної води прикута особлива увага, а Всесвітня організація охорони здоров'я віднесла проблему забезпечення населення якісною питною водою до найактуальніших для нагального вирішення. Сьогодні майже всі водопостачальні підприємства мають критичний стан через застарілі технології. Зауважимо, що якщо їх і

модернізують, то лише односторонньо, запроваджуючи нові технологічні засоби або використовуючи нові реагенти, зокрема коагулянти, знезаражувальні засоби та ін.

Споживачі, які користуються послугами водопостачання, мають можливість мати не просто воду, яку можна вважати умовно чистою, а отримують продукт складного технологічного процесу і, як показує практика, не завжди якісний. У результаті складного процесу очистки і підготовки, питна вода, яка надходить населенню, може містити шкідливий залишок реагенту та створювати проблему отримання якісної питної води, яка, навіть, може бути небезпечною для здоров'я. Тому для забезпечення отримання якісної питної води на практиці використовують додаткове її доочищення.

Сучасний ринок пропонує велику кількість та різну модифікацію фільтрів, які успішно використовуються в побуті. Зокрема, питні фільтри відрізняються за типом фільтрації:

- проточний фільтр, який характеризується однією, двома або трьома ступенями очистки та очищає воду від небезпечного хлору і механічних домішок;

- проточний фільтр ультрафільтрації, який має чотири чи п'ять ступенів очистки й здатен очистити воду від хлору, сірководню, окремих вірусів і бактерій;

- зворотний осмос, який має від п'яти до восьми ступенів очищення, видаляє хлор, іржу, віруси і бактерії, важкі метали, прибирає накип, окремі моделі можуть насичувати воду природними мінералами і структурувати);

- фільтр-глечик.

Нами був використаний спосіб доочищення питної води за допомогою побутового фільтру-глечика «ECOSOFT Максима» (виробник Україна) через доступність та невисоку ціну. Такі фільтри, за даними виробників, «складаються з двох ємностей – ємності для очищення води і ємності для очищеної води. Воду заливають через верх глечика, і вона виявляється у

першій ємності, в якій встановлений фільтр. Під впливом власної ваги, вода просочується через фільтр і виявляється в нижній ємності для очищеної води, звідки, якщо нахилити глечик, вона через призначений для зливу отвір витікає. У фільтрі використовується, як правило, активоване вугілля, іноді з домішкою срібла (срібло має властивість знищувати мікроорганізми). Що стосується продуктивності такої конструкції фільтрів, то можна сказати, що вона найменша, ніж у будь-яких інших видів фільтрів води і становить не більш ніж 5-10 л/год» [46].

Вибраний нами фільтр «ECOSOFT Максима» використовується для очищення питної води (пропускна спроможність становить 3,5 літри очищеної води за 7 хвилин). Поліпшення якості води в процесі фінішної очистки досягається завдяки фільтрації через змінний картридж глечика. Фільтр виготовляється з високоякісного пластику, має гарний дизайн різних кольорів і зручну модифікацію. Ємність глечика становить 5 літрів. Замінювати картридж рекомендовано виробником 1 раз на місяць [45].

Як зазначено на офіційному сайті виробника, «у фільтрі використовується унікальна технологія Ecomix® – розроблена спеціально для очищення водопровідної води в Україні. Вона усуває: твердість (вода стає м'якою на смак, запобігає утворенню накипу); хлор (покрощується смак та запах води, вона очищається від канцерогенних хлорорганічних забруднень); залізо (з води зникає металічний присмак); метали (запобігає їх накопиченню в організмі); манган; органічні забруднення; механічні домішки (затримує пісок, іржу, та інші великі частки, вода стає прозорою)» [45].

Нами відмічено, що використання побутового фільтр-глечика «ECOSOFT Максима» для очищення криничної води впливало на зниження у ній вмісту мінеральних речовин у 1,9 рази (рис. 4.1).

Зниження мінерального залишку у криничній воді за її фільтрування вплинуло на вміст у ній важких металів (табл.4.8).

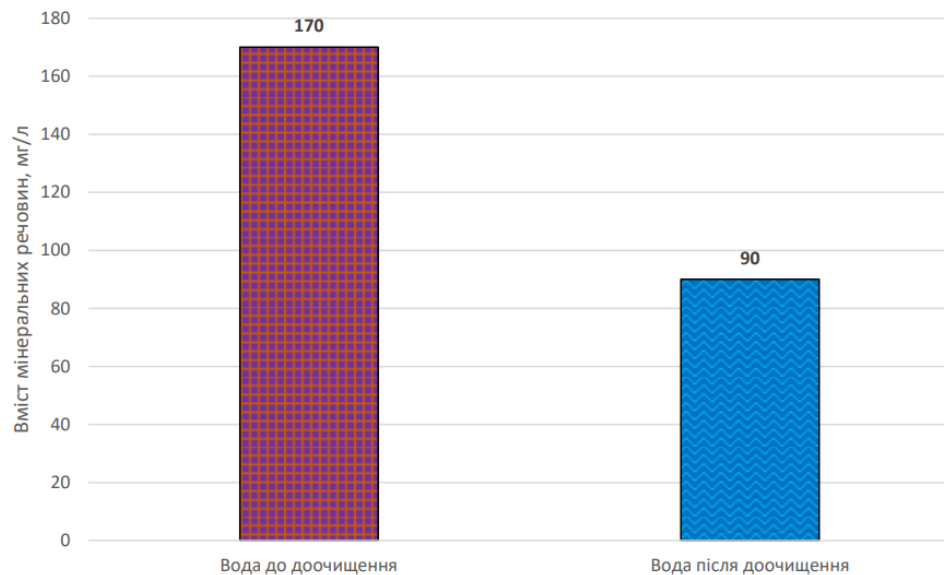


Рисунок 4.1. Вплив фільтрації води криничної на вміст в ній мінеральних речовин

Таблиця 4.8. – Ефективність доочищення криничної води

Показники	Одиниці виміру	ГДК	Вміст важких металів, мг/кг	
			до очищення	після очищення
Вміст мінеральної речовини	мг/л	>1000	170	90
Свинець	мг/л	0,03	0,027	0,018
Кадмій	мг/л	0,001	0,0029	0,0017
Цинк	мг/л	1,0	0,32	0,18
Мідь	мг/л	1,0	0,056	0,031

Зокрема, у воді криничній після її доочищення концентрація свинцю знизилась у 1,5 рази, кадмію – у 1,7 рази, цинку – у 1,7 рази та міді – у 1,8 рази.

Характеризуючи коефіцієнт небезпеки важких металів у криничній воді після її доочищення (табл. 4.9) необхідно відмітити, що даний показник зменшився в ній по свинцю у 1,5 рази, кадмію – у 1,7 рази, цинку – у 2,3 рази та 1,8 рази по міді.

Таблиця 4.9. – Коефіцієнт небезпеки криничної води

Важкі метали	ГДК	Питна вода до доочищення	$K_{неб.}$	Питна вода після доочищення	$K_{неб.}$
Свинець	0,03	0,027	0,9	0,018	0,6

Кадмій	0,001	0,0029	0,29	0,0001	0,17
Цинк	1,0	0,32	0,42	0,18	0,18
Мідь	1,0	0,056	0,056	0,031	0,031

Коефіцієнт небезпеки важких металів у доочищеній криничній воді не перевищував пороговий рівень 1,0 і був нижчий даного показника по свинцю у 1,66 рази, кадмію – у 5,88 рази, цинку – у 5,5 рази та міді – у 32,2 рази.

Результати досліджень показали (рис. 4.2), що пропущення води питної, одержаної зі свердловини через фільтр «ECOSOFT Максима», знизило вміст в ній мінеральних речовин у 1,5 рази.

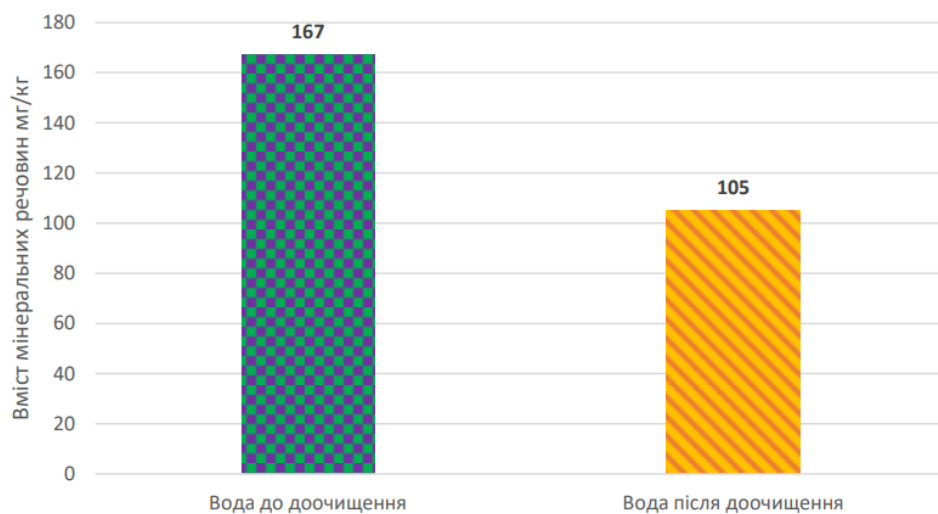


Рисунок 4.2. Вплив фільтрації води на вміст в ній мінеральних речовин

Аналізуючи ефективність доочищення води зі свердловини (табл. 4.10) необхідно відмітити, що концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді знизилась відповідно у 1,5 рази, 1,6, 1,6 та 1,9 рази.

Таблиця 4.10. – Ефективність доочищення води зі свердловини

Показники	Одиниці виміру	ГДК	Вміст важких металів, мг/кг	
			до очищення	після очищення
Вміст мінеральної речовини	мг/л	>1000	167	105
Свинець	мг/л	0,03	0,006	0,004
Кадмій	мг/л	0,001	0,0008	0,0005
Цинк	мг/л	0,1	0,1	0,06
Мідь	мг/л	1,0	0,0270	0,014

Характеризуючи коефіцієнт небезпеки (табл. 4.11) важких металів у доочищеній воді зі свердловини необхідно відмітити, що даний показник знизився по свинцю у 1,5 рази, кадмію – у 1,6 рази, цинку – у 1,6 та міді у 2,0 рази.

Таблиця 4.11. – Коефіцієнт небезпеки важких металів у воді зі свердловини

Важкі метали	ГДК	Фактична концентрація до доочищення	$K_{неб.}$	Фактична концентрація до доочищення	$K_{неб.}$
Свинець	0,03	0,005	0,2	0,004	0,13
Кадмій	0,001	0,0008	0,8	0,005	0,5
Цинк	1,0	0,10	0,1	0,06	0,06
Мідь	1,0	0,027	0,002	0,014	0,01

Коефіцієнт небезпеки важких металів у воді питній зі свердловини був нижчий порогового рівня – 1,0, зокрема, по свинцю – у 7,7 рази, кадмію – у 2,0 рази, цинку – у 16,6 рази та міді – у 100 разів.

Аналіз доочищення водопровідної води (табл. 4.12) показав, що концентрація в ній свинцю знизилась у 2,5 рази, кадмію – у 2,0 рази, цинку – у 2,7 рази та міді – у 3,0 рази.

Таблиця 4.12. – Ефективність доочищення водопровідної води

Показники	Одиниці виміру	ГДК	Вміст важких металів, мг/кг	
			до очищення	після очищення
Вміст мінеральної речовини	мг/л	>1000	124	92
Свинець	мг/л	0,03	0,010	0,004
Кадмій	мг/л	0,001	0,0018	0,009
Цинк	мг/л	0,1	0,22	0,08
Мідь	мг/л	1,0	0,027	0,009

Результати досліджень щодо впливу фільтрації водопровідної води (рис. 4.3) показали, що кількість мінеральних речовин в ній знизилась у 1,34 рази

Аналіз ефективності доочищення водопровідної води (табл. 4.13) показав, що коефіцієнт небезпеки води внаслідок пропускання її через фільтр

знизився по свинцю у 2,5 рази, по кадмію – у 1,3 рази, цинку – у 2,7 рази та міді – у 3,0 рази.

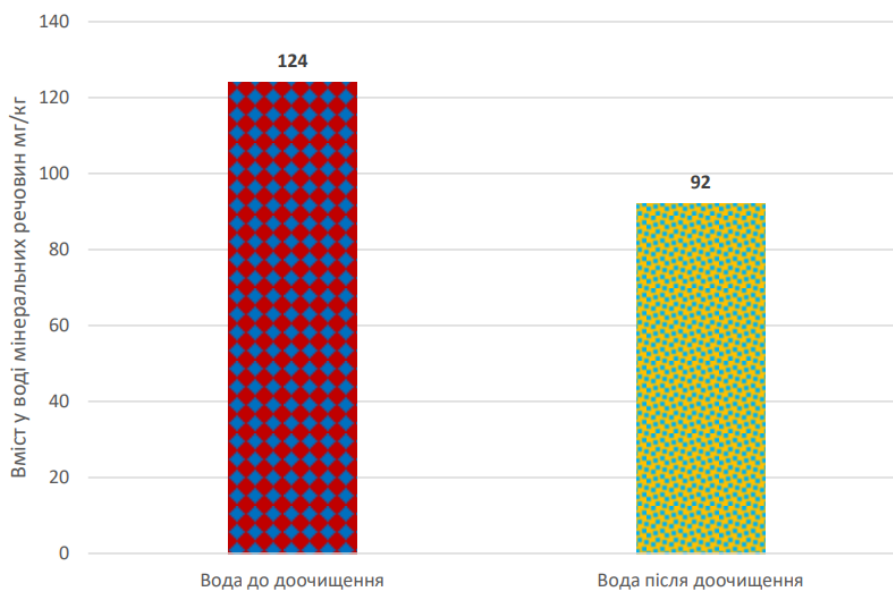


Рисунок 4.3. Вплив фільтрації водопровідної води на концентрації в ній мінеральних речовин

Таблиця 4.13. – Коефіцієнт небезпеки водопровідної води

Важкі метали	ГДК	Фактична концентрація до доочищення	$K_{\text{неб.}}$	Фактична концентрація до доочищення	$K_{\text{неб.}}$
Свинець	0,03	0,010	0,33	0,004	0,13
Кадмій	0,001	0,0008	0,8	0,0006	0,6
Цинк	1,0	0,22	0,22	0,08	0,08
Мідь	1,0	0,0272	0,027	0,009	0,009

Коефіцієнт небезпеки важких металів у водопровідній воді, яка була отримана за використання фільтр-гличика, був нижчий порогового рівня (1,0) по свинцю у 7,7 рази, по кадмію – у 1,6 рази, по цинку – у 12,5 рази та міді – у 111 рази

Висновки

1. У даному розділі, вступній частині, була розкрита актуальність даної дипломної роботи, яка пов'язана із популярністю у сучасному світі окремих сільського населеного пункту, які найчастіше знаходяться на відстані від великих міст, а тому на їх території передбачено автономну інфраструктуру, у яку входить водопостачання.

2. У наступному розділі-1 була запропонована технологічна схема очищення підземних вод, що передбачає ефективне вилучення сполук заліза та марганцю до нормативних показників. Також були розглянуті характеристики вихідної води та вимоги до очищеної води для виробництва та розраховано матеріальний баланс.

3. У розділі-2 були розраховані та обрані очисні споруди.

4. У розділі-3, будівельній частині, було розроблено план цеху з розміщенням очисних споруд, у відповідності до конструктивного і об'ємно-планувального вирішення будівлі.

5. За підвищення рівня мінеральної частки у питній воді спостерігалось збільшення в ній концентрації важких металів – свинцю, кадмію, цинку та міді. Побутове доочищення питної води (криничної, зі свердловини та водопровідної) сприяло зниженню мінеральної її частки, що позитивно відобразилось і на зниженні в ній важких металів, зокрема, свинцю у 1,5 – 2,5 рази, кадмію у 1,6 – 2,0 рази, цинку 1,6 – 2,7 рази та міді 1,9 – 3,0 рази.

Список використаної літератури

1. Бабієнко В.В., Мокієнко А.В. Гігієна води та водопостачання населених місць: навчальний посібник. Одеса: Прес-кур'єр, 2021. 372 с.
2. Буська міська громада. [Електронний ресурс]. URL: <https://busk-miskrada.gov.ua/docs/660655/>.
3. Води Золочівщини. [Електронний ресурс]. URL: <https://zlochiv.net/vody-zlochivschyny/>
4. Водний кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>.
5. Войналович О.В., Марчишина Є.І. Охорона праці у рибному господарстві: підручник. К.: Центр учбової літератури, 2016. 630 с.
6. Гігієна води та водопостачання населених місць : навчальний посібник. Одеса : Прес-кур'єр, 2021. 372 с.
7. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10. [Чинний від 2010-06-01]. К.: Міністерство охорони здоров'я України, 2010. 89 с.
8. Гнатів І.Р. Вплив антропогенних факторів на якість питної води у свердловинах Стрийського водозабору. Екологічні науки. 2021. № 2. С. 25-29.
9. Гопченко Є.Д., Гушля О.В. Гідрологія суші з основами водних меліорацій. К, 1994. 295 с.
10. Гребінь В.В. Полтва. Енциклопедія Сучасної України. К.: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2023. [Електронний ресурс]. URL: <https://esu.com.ua/article-878969>
11. Грунти Львівської області : колективна монографія / за ред. С. П. Позняка. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 424 с.
12. Давидюк Г.В., Шкарівська Л.І., Клименко І.І., Вплив антропогенного навантаження на екологічний стан поверхневих вод в агроландшафтах західного регіону України. Вісник аграрної науки. 2023. № 2. С. 53-59.

13.Денисик Г.І., Хаєцький Г.С., Стефанков Л.І. Водні антропогенні ландшафти Поділля. Вінниця: Теза, 2007. 216 с.

14.Душкін С.С. Канцерогенні домішки питної води. Комунальне господарство міст. 2018. Вип. 144. С. 71-75.

15. Загальнодержавна цільова соціальна програма "Питна вода України" на 2022 - 2026 роки. Проект Закону України від 01.07.2021 № 5723. URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=72415

16.Зайцев В.В. Прогнозні ризики для здоров'я міського населення від споживання питної водопровідної води, що містить підвищені рівні хлороформу. Український журнал медицини, біології та спорту. 2018. Т. 3. № С. 187-190.

17.Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» від 10.01.2002 №2918-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text>

18.Зелена книга. Регулювання ринку водопостачання та водовідведення. Офіс ефективного регулювання BRDO. Київ, 2021. 152 с.

19.Зелінський С.Е. Водопостачання та водна безпека у контексті російської агресії. Кропивницький, 2022. 44 с.

20. Зозуля С.В. Щодо питання очищення води в умовах замкнутого циклу використання. Наукові нотатки. 2022. Вип. 74. С. 20-25.

21.Зоріна О.В. Гігієнічна оцінка якості водопровідних питних вод за санітарно-хімічними показниками у маловодних регіонах України. ScienceRise. Biological science. 2018. № 3. С. 33-39.

22.Інструкція з охорони праці під час робіт в колодязях систем водопостачання і водовідведення (1491). [Електронний ресурс]. ДНАОП. URL: <https://dnaop.com/html/1491/doc-instrukcija-z-ohoroni-praci-pid-chas-robit-v-kolodyazyah-sistem-vodopostachannya-i-vodovidvedennya>.

23. Короткий звіт щодо прогресу впровадження Протоколу про воду і здоров'я в Україні у 2019 – 2021 роках. [Електронний ресурс]. URL:

https://eu4waterdata.eu/images/pdf/library/Ukraine_5th_reporting_cycle_UKR_2022_final.pdf

24.Литвин Н.А., Руденко О.П., Гутий Б.В. Оцінка та перспективи розвитку еколого-туристичного потенціалу Буського району Львівської області. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія : Сільськогосподарські науки. 2020. Т. 22. № 92. С. 81-86.

25.Ліхо О.А., Гакало О.І. Моніторинг підземних вод як складова управління ризиками при забезпеченні населення Рівненської області водою. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. 2020. 2(90). С. 120-131.

26.Методика відбору проб води для лабораторного дослідження. [Електронний ресурс]. URL: <https://studopedia.com.ua> (дата звернення: 19.02.2023).

27.Мисник О.Ф. Забрудненість питної води солями важких металів та вилучення їх з розчинів нанокompatитом цирконію (w)оксиду. ScienceRise. Biological science. 2016. № 1. С. 31-39.

28.Мудрик О.В., Параняк Р.П., Мацуська О.В. Екологічні проблеми водних ресурсів Буського району. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія : Сільськогосподарські науки. 2016. Т. 18. № 2. С. 138- 142.

29.Мягченко О.П. Основи екології. Підручник. К.: Центр учбової літератури, 2010. 312 с.

30.Національна доповідь «Про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2018 році» Українське водне товариство. [Електронний ресурс]. Інформаційний портал. URL: <http://waternet.ua/news/newsletter/827/>

31.Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Київ, 2021. 514 с.

32.Паспорт Золочівського району. [Електронний ресурс]. URL: <https://zolochiv-rda.gov.ua/pasport-rajonu-22-04-26-21-10-2021/>.

33.Петренко Н.Ф., Мокієнко А.В., Платов С.М. Загальна гігієнічна оцінка якості питної води та стану питного водопостачання в Україні. Актуальні проблеми транспортної медицини: навколишнє середовище; професійне здоров'я; патологія. 2018. № 4. С. 7-16.

34.Погода і клімат Золочівщини. Вебсайт. URL: <https://zolochiv.net/pohoda-i-klimat-zolochivschyny/>.

35.Посадова інструкція інженера з охорони праці. [Електронний ресурс]. URL: https://jobs.ua/job_description/view/1885.

36.Природа та війна: як російська агресія вплинула на довкілля. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2022/11/08/infografika/suspilstvo/pryroda-ta-vijna-yak-rosijska-ahresiya-vplynula-dovkillya>

37.Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення : Закон України від 18.05.2017 N 2047-VIII (2047-19) [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>

38.Про стан та заходи по забезпеченню питною водою населення України, – роз'яснення Мінрегіону. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.minregion.gov.ua/press/news/pro-stan-ta-zahody-po-zabezpechennyu-pitnoyu-vodoyu-naselennya-ukrayiny-rozyasnennya-minregionu/>

39.Романенко В.Д. Основи гідроекології : Підручник. К. : Обереги, 2001. 728 с.

40.Сафранов Т.А. Мінералізація питних вод як показник їх якості та фактор впливу на здоров'я населення. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2018. № 1-2. С. 73-80.

41.Сороковська С.В. Державна політика України у сфері питного водопостачання в контексті глобальних цілей сталого розвитку. Вісник Національної академії державного управління при Президентіві України. Серія : Державне управління. 2018. № 2. С. 34-40.

- 42.Троянський О.І. Моніторинг якості води. Житомир : Волинь, 2004. 192 с.
- 43.Туровська Г.І. Якісна питна вода – базова складова життєдіяльності людини. Молодий вчений. 2017. № 8. С. 413-416.
- 44.У каналізаційних колодязях гинуть люди! [Електронний ресурс]. URL: <https://hlukhiv-rada.gov.ua/fond-sotsialnoho-strakhuvannia/3719-u-kanalizatsijnikh-kolodyazyakh-ginut-lyudi>
- 45.Фільтр-гличик ECOSOFT. [Електронний ресурс]. URL:<https://ecosoft.ua/ua/filtr-kuvshin-maksima-zelenyy-5l/>.
- 46.Фільтри-гличики для води. [Електронний ресурс]. URL: https://filter.ua/ua/shop/pitevaya_voda/perenosnye/kuvshiny/.
- 47.Фінансова підтримка водопровідно-каналізаційного господарства Буської територіальної громади 2021-2025 роки. [Електронний ресурс]. URL: <https://busk-miskrada.gov.ua/docs/660655/>.
- 48.Хаєцький Г.С. Екологічні проблеми використання водних ресурсів річки Південній Буг і конструктивні підходи їх вирішення. Географія і екологія: наука і освіта. Умань. ВПЦ «Візаві». 2016. С. 202-204.
- 49.Хаєцький Г.С. Екологічні проблеми малих річок Поділля та заходи щодо їх вирішення. Наукові записки ВДПУ Серія: Географія. 2018. Вип. 30. № 3-4. С. 106-112.
- 50.Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Регіональна гідрохімія України: підручник. ВПЦ "Київський університет", 2019. 343 с.
- 51.Через війну близько 5 млн українців не мають доступу до питної води. LB Дорослий погляд на світ. [Електронний ресурс]. URL: https://lb.ua/society/2023/03/24/549899_cherez_viynu_blizko_5 mln_ukraintsiv.html.
52. Якість питної води. [Електронний ресурс]. URL: <https://dpss-ks.gov.ua/novini/yakist-pitno%D1%97-vodi-ta-%D1%97%D1%97-vpliv-na-zdorovya-naselennya>.

53. Янішевська К.Д. Право на питну воду як аксіома в правах людини. Молодий вчений. 2018. № 10(2). С. 699-702.

54. Яцик А.В. Водні ресурси в контексті екологічної безпеки та збалансованого розвитку держави. Екологічний вісник. 2007. № 6. С. 21- 24.

55. Яцик А.В., Грищенко Ю.М., Волкова Л.А., Пашенюк І.А. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення, управління: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. К.: Генеза, 2007. 360 с.

56. Hnativ R., Cherniuk V., Khirivskyi P., Kachmar N., Lopotykh N., Hnativ I. Processes of Natural Self-Cleaning of Small Watercourses with Increasing Anthropogenic Load in the Dniester River Basin. Journal of Ecological Engineering. 2023. 24(2). 12–18. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/156914>