

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Зав. кафедрою екології
доц. _____ Вікторія КАЦЕВИЧ
« ____ » грудня _____ 2024 р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «магістр»
на тему: «Удосконалення технології очищення води для господарсько-
питного водопостачання у місті Павлоград»

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу,
групи МгЕ-1-23 спеціальності
101 «Екологія»
_____ Станіслав ЖЕЛЕЗНЯК

Керівник _____ доц. Таміла АНАНЬЄВА

Рецензент _____ доц. Олег МАРЕНКОВ

Дніпро 2024

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Водогосподарської інженерії та екології

Кафедра: Екології

Освітньо-професійна програма: «Екологія»

Спеціальність: 101 «Екологія»

Ступінь вищої освіти: Магістр

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою екології

_____ Вікторія КАЦЕВИЧ

« _____ » _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на підготовку кваліфікаційної роботи

Железняку Станіславу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технології очищення води для господарсько-питного водопостачання у місті Павлоград

Науковий керівник: Ананьєва Т.В., к.б.н., доцент

затверджена наказом по ДДАЕУ від «25» жовтня 2024 р. № 3584

2. Термін подання здобувачем роботи: 16.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Результати лабораторних вимірювань, наукова література, технічна документація, статистичні звіти.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): Вступ, Огляд літератури, Опис системи водопостачання, Умови проведення дослідження, Результати дослідження та їх обговорення, Економічна частина, Охорона праці в умовах воєнного стану, Висновки, Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Схема розподільної мережі водопостачання КП «Павлоградводоканал», Апаратурна схема хлорування води, Розрахунок витрат хлору відповідно до обсягів річного плану ліцензованої діяльності на 2024 рік, Характеристика якості води, що надходить в систему водопостачання міста.

6. Дата видачі завдання: « ___ » _____ 20 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Огляд літератури		
2	Опис системи водопостачання		
3	Умови проведення дослідження		
4	Результати дослідження та їх обговорення		
5	Економічна частина		
6	Охорона праці в умовах воєнного стану		
7	Оформлення дипломної роботи		

Здобувач _____

(підпис)

Станіслав ЖЕЛІЗНЯК

(Ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____

(підпис)

Таміла АНАНЬЄВА

(Ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається з 6 розділів, в яких розкрита проблема, містить 64 сторінок тексту, 8 таблиць, 3 рисунка, 51 літературних джерел.

Об'єкт досліджень: система водопостачання міста Павлоград.

Предмет досліджень: технології очищення води, їх вплив на якість питної води, що надходить до споживачів.

Мета роботи – пошук шляхів вдосконалення технології очищення питної води у місті Павлоград, аналіз сучасних методів знезараження води.

Завдання роботи:

1. Проаналізувати існуючий стан системи водопостачання та водоочисних споруд м. Павлоград.
2. Дослідити сучасні методи знезараження та очищення води, що можуть бути застосовані в регіоні.
3. Розробити рекомендації щодо модернізації системи очищення води.

В роботі надано оцінку існуючих методів очищення води, виконано розрахунки витрат реагентів для знезараження, запропоновано альтернативні технології очищення, зокрема мембранні технології, озонування, ультрафіолетове знезараження, та оцінено можливість їх впровадження. Важливу увагу приділено аналізу якості очищеної води та відповідності її нормативним вимогам.

Методи дослідження – аналіз літературних джерел, моделювання технологічних процесів.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	7
1 СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ДЛЯ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	9
1.1 Технології очищення питної води	9
1.2 Методи знезалізнення води	11
2 ОПИС СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ м. ПАВЛОГРАД	14
2.1 Характеристика водозабірних та водоочисних споруд	15
2.2 Загальний водний баланс в системі водопостачання КП «Павлоградводоканал»	16
3 УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	18
3.1 Загальна схема очищення питної води в м. Павлоград	18
3.2 Нормативні вимоги до показників якості питної води	23
4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	26
4.1 Характеристика реагентів та матеріалів для очищення води	26
4.2 Розрахунки витрат реагентів для очищення води	26
4.3 Характеристика якості очищеної води, що надходить в систему водопостачання м. Павлоград	31
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	34
5.1 Оцінка витрат на модернізацію системи очищення води	34
5.2 Аналіз економічної ефективності модернізації	36
6 ОХОРОНА ПРАЦІ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	38
6.1 Організація охорони праці на підприємстві	38
6.2 Техніка безпеки при роботі з сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР)	40
6.3 Технічні та організаційні заходи при роботі з СДОР	41
6.4 Техніка безпеки при роботі з рідким хлором	43
6.5 Техніка безпеки під час воєнного стану	44

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ПИТНОЇ У м. ПАВЛОГРАД	47
ВИСНОВКИ	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	52
ДОДАТКИ	57

ВСТУП

Питання забезпечення мешканців міста питною водою високої якості займає центральне місце у системі охорони здоров'я та екологічної безпеки України. Зміни у кліматичних умовах, постійне зростання антропогенного навантаження на водні ресурси та їх поступове виснаження значно ускладнюють завдання ефективного водопостачання. Забруднення джерел питної води важкими металами, органічними сполуками та патогенними мікроорганізмами є серйозним викликом для систем водопідготовки, які функціонують у більшості регіонів країни, включаючи місто Павлоград [1; 2].

Розвиток інфраструктури міста Павлоград, як і багатьох інших міст України, потребує оновлення та модернізації системи водопостачання, що забезпечує відповідність води державним стандартам якості. Однією з основних проблем сучасної системи водопідготовки є її залежність від морально застарілого обладнання та традиційних технологій знезараження води, таких як хлорування. Цей метод, хоча і залишається найпоширенішим у світі, має низку недоліків, серед яких – утворення побічних хлорорганічних сполук, які є потенційно небезпечними для здоров'я [3; 4].

Мета даної роботи полягає у пошуку шляхів вдосконалення технології очищення питної води у місті Павлоград, що забезпечить не лише покращення її якості, але й зменшення екологічного навантаження на довкілля. Основна увага приділяється аналізу сучасних методів знезараження води, серед яких озонування, ультрафіолетове опромінення, мембранні технології, а також їх адаптації до умов регіону [5; 6].

Завдання роботи:

1. Проаналізувати існуючий стан системи водопостачання та водоочисних споруд м. Павлоград.
2. Дослідити сучасні методи знезараження та очищення води, що можуть бути застосовані в регіоні.

3. Розробити рекомендації щодо модернізації системи очищення води.

Актуальність обраної теми обумовлена тим, що якість питної води безпосередньо впливає на стан здоров'я населення, економічний розвиток і рівень життя. Згідно з дослідженнями, проведеними Всесвітньою організацією охорони здоров'я, близько 80% захворювань у світі спричинені вживанням неякісної води або незадовільними санітарно-гігієнічними умовами [7]. Отже, вдосконалення технології очищення води у Павлограді сприятиме покращенню епідеміологічної ситуації в регіоні. Таким чином, удосконалення технологій очищення води є не лише технічним завданням, а й важливою складовою сталого розвитку регіону. Виконання поставлених завдань сприятиме покращенню якості життя населення, підвищенню рівня екологічної безпеки та забезпеченню сталого управління водними ресурсами [8–10]. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації роботи комунальних підприємств водопостачання, а також для розробки довгострокової стратегії розвитку міської інфраструктури.

1. СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ДЛЯ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Технології очищення питної води

Очищення природної води проводять з метою її підготовки для подальшого використання або споживання. Для досягнення даної мети використовуються різні методи обробки, серед яких механічні (наприклад, фільтрація), фізичні (ультрафіолетове опромінення, кип'ятіння, відстоювання), хімічні (хлорування, озонування) та біологічні, які включають використання мікроорганізмів [1, 2].

Фільтрація є одним із ключових способів видалення пилу, піску, сміття, хімічних домішок і живих організмів з води. Цей метод широко застосовується як у побутових умовах, так і в масштабах промисловості, забезпечуючи ефективне очищення води для різних потреб [14].

До хімічних способів очищення води відносять озонування та хлорування. Для знезараження води в Україні найчастіше використовується хлор у вигляді газу (98%), гіпохлорит натрію (1,1%), а також у невеликих обсягах застосовуються діоксид хлору, озон та інші реагенти і технології (0,9%). Хлорування води має певні негативні наслідки, зокрема утворення побічних хлорорганічних сполук, таких як тригалогенметани (ТГМ), які відомі своїми мутагенними, канцерогенними та іншими шкідливими властивостями. Найвищі концентрації ТГМ були зафіксовані під час досліджень у воді з джерел, що живлять основні водосховища та річки України, зокрема Дніпро, Південний Буг, Десну, Тетерів, а також Кременчуцьке, Київське та Каховське водосховища [17]. Ці джерела є основними для забезпечення водою великих міст, обласних і районних центрів. Рівень ТГМ у таких джерелах часто перевищує гранично допустимі концентрації в десятки разів, що викликає занепокоєння щодо безпечності води для населення [15, 16].

Озонування вважається одним із найперспективніших способів знезараження питної води. Такий процес здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв – озонаторів. Під час роботи озонатора повітря, що проходить через нього, піддається впливу високовольтного електричного розряду. У результаті частина кисню (O_2), що міститься в повітрі, перетворюється на озон (O_3). Озоноване повітря спрямовується до резервуарів, де воно змішується з водою, яка потребує знезараження. Механізм знезаражувальної дії озону полягає у розкладанні молекули озону, вивільненні атомів кисню та створенні в воді високого окисного потенціалу, який значно перевищує потенціал хлорування. Озон, залишаючись у воді в надлишку, не надає їй неприємних запахів чи присмаків, що є важливою перевагою цього методу. Озонування зазвичай застосовується в системах централізованого водопостачання. Цей метод все частіше використовують у розвинених країнах, оскільки він забезпечує не лише знезараження, а й окиснення органічних речовин, дезодорацію та знебарвлення води. Попри численні переваги, озонування має і певні недоліки. Воно потребує значних витрат електроенергії, складного обладнання та постійного контролю з боку кваліфікованого персоналу, що може ускладнювати його впровадження в деяких регіонах [11, 12].

Окрім хлорування та озонування, одним із хімічних методів знезараження питної води є застосування олігодинамічних властивостей важких металів, таких як мідь, срібло та інші.

Відстоювання є одним із фізичних методів очищення води, який базується на принципі гравітаційного осідання зважених часток під впливом власної ваги. Цей метод зазвичай застосовується для видалення великих механічних домішок, таких як пісок, мул, глина та інші суспендовані частинки. Процес відстоювання відбувається у спеціальних резервуарах — відстійниках, де вода утримується певний час, що дозволяє важчим часткам осідати на дно, а легшим підніматися на поверхню у вигляді плівки або піни. У результаті очищена вода відводиться із середніх шарів резервуара. Цей

метод є простим і ефективним для попереднього очищення, але його недоліком є низька здатність до видалення розчинених речовин і дрібнодисперсних частинок.

Кип'ятіння та ультрафіолетове опромінення ефективно знищують більшість шкідливих мікроорганізмів, проте вони не усувають хімічні забруднення, що залишаються у воді [22].

Біологічні методи очищення води застосовуються переважно для обробки стічних вод і базуються на використанні мікроорганізмів, які розкладають органічні речовини, що містяться у відходах господарсько-побутового походження. Очищення зазвичай здійснюється у спеціально обладнаних водоймах, де кисень, необхідний для життєдіяльності мікроорганізмів, надходить природним шляхом. Окрім цього, використовуються також закриті системи, які забезпечують ефективне очищення у контрольованих умовах [13].

1.2 Методи знезалізнення води

Сучасні методи очищення води концептуально спрямовані на вирішення трьох основних завдань: забезпечення відповідності хімічним і токсикологічним нормам, гарантування мікробіологічної безпеки та покращення органолептичних властивостей (запах, смак, відсутність присмаків). Згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною", питна вода повинна бути епідемічно безпечною, не мати радіаційних загроз, володіти приємними органолептичними характеристиками та нешкідливим хімічним складом [7].

Серед найбільш ефективних методів очищення води можна виділити: пом'якшення, знезалізнення та ультрафільтрацію [18].

Процес знезалізнення води передбачає усунення надлишків заліза, яке зустрічається у природі у трьох формах: молекулярне Fe_{Org} (входить до органічних сполук), Fe^{2+} (необхідне для людини в якості молекули

гемоглобіну) та Fe^{3+} (іржа, яка шкодить здоров'ю). Незважаючи на важливість заліза для організму, його надлишок у воді негативно впливає на людей, спричиняє зменшення пропускну здатності трубопроводів та скорочує термін експлуатації побутових приладів.

Вміст заліза у питній воді не має перевищувати 0,3 мг/л, хоча у підземних водах його рівень може сягати 0,5–20 мг/л. Для боротьби з цією проблемою розроблено кілька підходів, кожен з яких має своє призначення залежно від характеристик води.

Методи знезалізнення води:

– Безреагентне знезалізнення використовується для води з рівнем рН понад 7, лужністю понад 1 мг-екв/л і концентрацією вуглекислоти до 80 мг/л. Фільтрувальні колони заповнюються сорбентом із високою каталітичною активністю, який сприяє окисненню заліза з Fe^{2+} до Fe^{3+} , осадженням пластівців на сорбенті та видаленням їх у стоки [20].

– Каталітичне окиснення застосовує діоксид марганцю (MnO) як каталізатор, що пришвидшує хімічну реакцію. У результаті оксиди заліза осідають на гранулах каталізатора, який також виконує роль фільтрувального середовища [19].

– Іонообмінна фільтрація використовує катіонітні смоли для видалення Fe^{2+} . Вона ефективна при низьких концентраціях заліза (до 2–3 мг/л) та зазвичай поєднується з процесом пом'якшення води.

– Біологічне знезалізнення базується на застосуванні бактерій (*Metallogenium personatum*, *Caulococcus manganifer* та ін.), які поглинають залізо та марганець у процесі життєдіяльності. Відмираючи, вони утворюють пористу масу, яка сприяє додатковому окисненню заліза та марганцю.

– Флотаційне знезалізнення використовує молекулярні сили для видалення часток заліза за допомогою бульбашок повітря. Це прискорює процес у 3–4 рази порівняно з осадженням.

– Аерація, хлорування та фільтрування полягає в збагаченні води киснем, що підвищує її рН та сприяє первинному окисненню залізоорганічних сполук (рисунок 1.1). Окиснювачі (хлор, озон, перманганат калію) сприяють остаточному руйнуванню залізних комплексів [21].

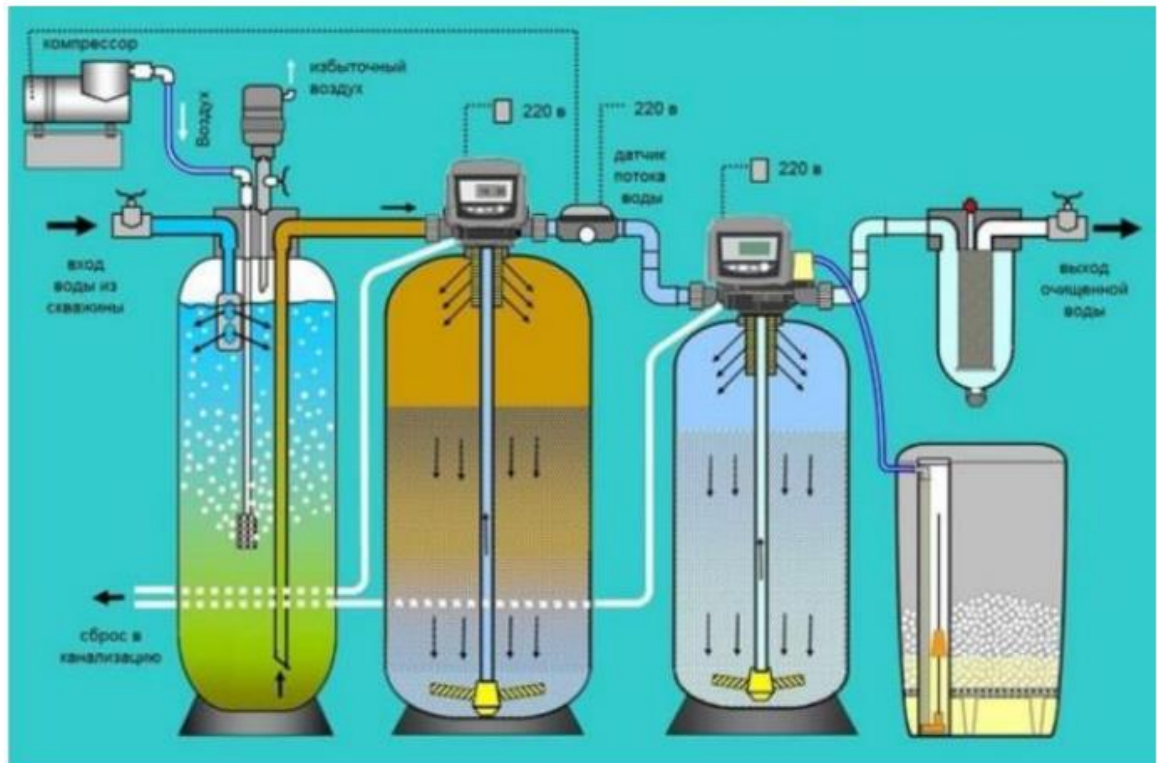


Рисунок 1.1 – Знезалізення води спрощеною аерацією

– Комплексні системи водоочищення об'єднують декілька технологій, що забезпечує ефективне видалення заліза, марганцю, амонію, органічних домішок та інших забруднень. Їх характерною рисою є багатофункціональність, а також використання доступної таблетованої солі, яка дозволяє відновлювати здатність фільтрів до очищення.

Підбір способу знезалізення визначається результатами проведеного хімічного аналізу води. У випадках, коли якість води змінюється залежно від сезону, аналіз слід виконувати в різні пори року.

2. ОПИС СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ М. ПАВЛОГРАД

Питна вода для жителів, підприємств і установ міста Павлоград подається через централізовану систему водопостачання, яка знаходиться у власності міської громади. Обслуговуванням цієї системи та наданням послуг із водопостачання займається Комунальне підприємство «Павлоградводоканал» [23].

Основним джерелом водопостачання для міста Павлоград є Державне комунальне підприємство водопровідно-каналізаційного господарства («ДМП ВКГ») «Дніпро-Західний Донбас».

Система водопостачання «ДМП ВКГ» «Дніпро-Західний Донбас» виконує функції забору, очищення та подачі питної води для споживачів, які проживають у Синельниківському та Павлоградському районах Дніпропетровської області.

Для «ДМП ВКГ» «Дніпро-Західний Донбас» водопостачання здійснюється з Дніпровського водосховища (озеро ім. Леніна), що розташоване на річці Дніпро. Підготовка води для пиття проводиться за двоетапною технологією очищення, яка включає коагуляцію, процес відстоювання та фільтрацію через швидкі фільтри. Знезараження води забезпечується за допомогою рідкого хлору.

Вода питна надходить до системи централізованого водопостачання міста за допомогою магістрального водогону із діаметром 1200 мм та протяжністю 75 км, який введено в експлуатацію у 1986 році.

Насосною станцією I-го підйому, що розташована у смт Вороново (Синельниківського району), вода подається по трубопроводу ($d=1200$ мм) на насосну станцію II-го підйому (майданчик № 4) у три резервуари чистої води (РЧВ) із загальним об'ємом 22 тис. м³, де здійснюється додаткове хлорування води.

Далі вода надходить в розподільчу мережу м. Павлоград за допомогою шести насосів, кожен з яких має продуктивність 1250 м³/год.

Контроль обсягу води, отриманої від ДМП ВКГ «Дніпро-Західний Донбас», проводиться за показаннями лічильника, розташованого на магістральному водогоні на вході майданчика № 4.

Висота підйому води від джерела до м. Павлоград складає загалом 130 метрів.

Водопостачання селища Північне здійснюється через водонасосну станцію «Північна».

Поблизу міста Павлоград розташоване резервне джерело водопостачання – Павлоградський підземний водозабір, затверджені запаси питних вод якого сягають 30 тис. м³/добу. Такий обсяг повністю покриває потреби міста у питній воді. Експлуатаційні свердловини Павлоградського водозабору перебувають на балансі ПАТ «Павлоградвугілля».

Використання Павлоградського водозабору як основного джерела водопостачання потребує значних капіталовкладень.

2.1 Характеристика водозабірних та водоочисних споруд

Водопостачання розподільчої мережі міста забезпечує насосна станція другого підйому (майданчик № 4). Її реальна потужність становить 13–15 тис. м³ на добу, тоді як проектна потужність передбачає 120 тис. м³ на добу.

Питна вода до селища Північне подається з міської розподільної мережі через водонасосну станцію «Північна».

Для подачі води у багатоповерхівки застосовуються 4 ПНС та 11 насосів для підкачування, які розташовані на різних об'єктах [24].

На насосних станціях встановлено 14 насосів з електроприводами, що мають потужність від 4 до 250 кВт.

Система централізованого водопостачання міста включає 4 резервуари для зберігання чистої води загальною ємністю 22,6 тис. м³. Зокрема, на ВНС

другого підйому (майданчик № 4) розміщено 3 резервуари загальним об'ємом 22 тис. м³: один резервуар на 10 тисяч м³ та два по 6 тис. м³ кожен. Ще один резервуар, об'ємом 0,6 м³ (майданчик № 2, вул. Поштова, 13).

У системі водопостачання міста водонапірні башти відсутні.

Для хлорування води застосуються 3 вакуумних ежекторних хлоратори S-10К.

До комплекту обладнання для хлорування входять: ежектор із номінальним проходом 1¹/₄ дюйма, регулювальний ротаметр, фільтр, тискорегулювальний пристрій, а також поліетиленові вакуумні та вентиляційні трубки, запірні арматура для трубопроводів і фторопластові труби для хлорованої та освітленої води.

Клапан для регулювання витрат, ротаметр і клапан для регулювання тиску розміщені на одній панелі та розташовані всередині корпусу хлоратора.

Контейнери з рідким хлором об'ємом 0,8 м³ зберігаються на складі для хлору [25].

2.2 Загальний водний баланс в системі водопостачання КП «Павлоградводоканал»

Обсяги води, придбаної та реалізованої, а також її втрати в системі водопостачання КП «Павлоградводоканал» за період з 2019 по 2023 роки відображені в таблиці 2.1, а загальний водний баланс представлений на рисунку 2.1.

Таблиця 2.1 – Обсяги отриманої (купленої) і реалізованої води та її втрат у системі водопостачання протягом 2019-2023 р.

№	Показник	Роки					Середнє
		2019	2020	2021	2022	2023	
1	Подано в мережу, тис. м ³	5249,5	5078,6	5009,1	4746,6	4995,0	5015,8
2	Реалізовано, тис. м ³	3476,3	3142,3	3169,0	3135,7	3258,3	3236,3
3	Витрати, витоки та втрати, тис. м ³	1773,2	1936,3	1840,1	1610,9	1736,7	1779,5
4	Витрати, витоки та втрати, %	33,8	38,1	36,7	33,9	34,8	35,5

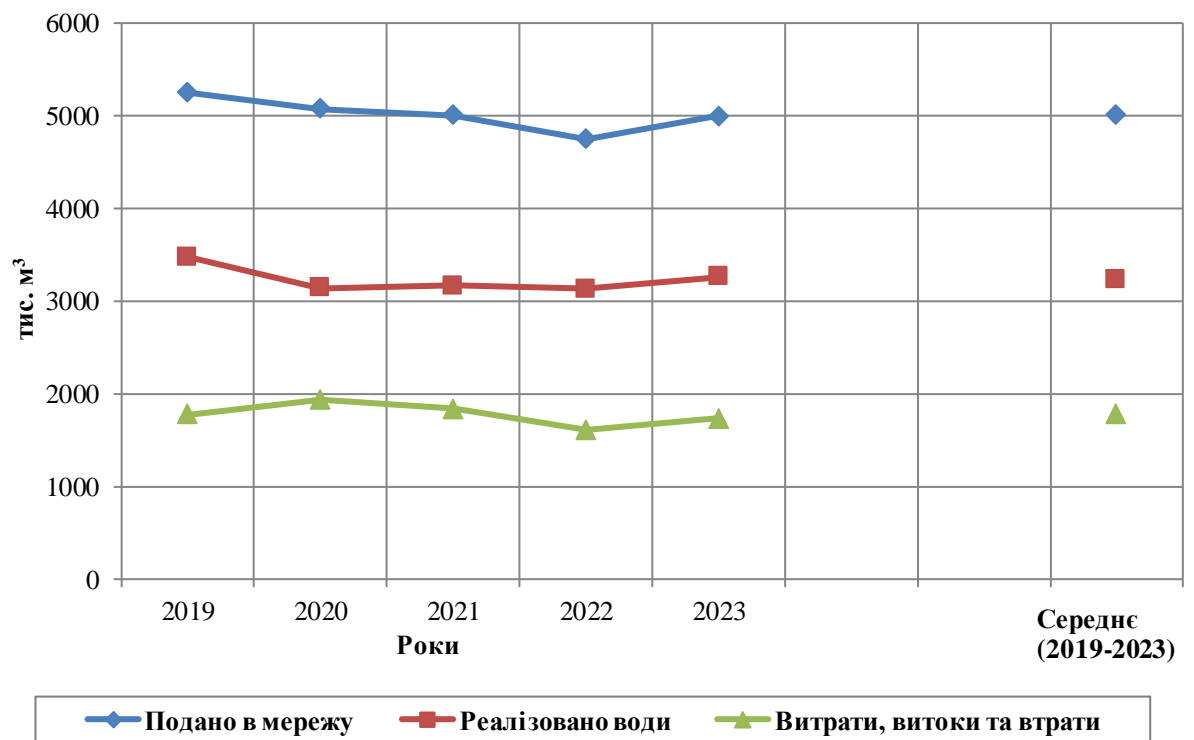


Рисунок 2.1 – Баланс води, м³

3. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Загальна схема очищення питної води в м. Павлоград

Питна вода надходить у централізовану систему водопостачання м. Павлоград від ДМП ВКГ «Дніпро-Західний Донбас» через магістральний водогін ($d=1200$ мм). Забір води здійснюється насосною станцією I-го підйому, яка розташована у смт Вороново (Синельниківський район). Звідти вода подається на насосну станцію II-го підйому (майданчик № 4), де у резервуарах чистої води виконується її додаткове знезараження [27].

Розподільна водопровідна система міста Павлоград включає в себе:

- 247,9 км водопровідних мереж;
- 2 водопровідні насосні станції;
- 4 підкачувальні станції та 11 насосів для підвищення тиску;
- 8 трубчастих колодязів.

Загальна протяжність водопровідних мереж у місті Павлоград становить 247,9 км, з яких водогони складають 64,7 км, що становить 26,1%; внутрішньоквартальні мережі займають 75,4 км або 30,4%; а вуличні мережі охоплюють 107,8 км, що відповідає 43,5% [26].

На території міста встановлено 17 водорозбірних колонок.

Основна частина водопровідної мережі виконана зі сталевих труб, які становлять 126,25 км, що складає 51% від загальної довжини мережі. Чавунні труби займають 107,91 км або 43,5%, а залізобетонні труби охоплюють 13,74 км, що відповідає 5,5%.

Щодо діаметрів водопровідних труб, найбільшу частку займають труби діаметром 100–300 мм, їх протяжність становить 156,56 км або 63,2%. Труби з діаметром 700–1000 мм охоплюють 57,24 км, що складає 23,1%, тоді як на труби діаметром до 100 мм припадає 23,5 км або близько 9,5%. Труби з діаметром 300–500 мм займають 10,6 км або 4,2% (таблиця 3.2).

Понад половини водопровідної мережі використовується більше 35 років – 55,8%. При цьому мережі, які експлуатуються понад 50 років, складають 82,46 км або 33,3% (третина від загальної протяжності). Від 35 до 50 років експлуатації мають 55,68 км або 22,5%. Мережі з терміном використання до 30 років становлять 34,46 км або 13,9%, тоді як мережі, які експлуатуються від 30 до 35 років, мають протяжність 75,3 км або 30,4%.

Водопровідні мережі міста за ступенем зносу знаходяться в діапазоні 50–75%. Майже половина мережі, а саме 122,5 км або 49,4%, вимагає заміни. З цієї протяжності сталеві труби складають 63,1 км, що відповідає 51,5%, чавунні — 54 км або 44,1%, а залізобетонні — 5,4 км, що становить 4,4%.

Майданчик № 4 розташований у південно-західній частині м. Павлоград, на території Привовчанської сільської ради, за адресою: с. Малоолександрівка, вул. Островського, 2в. Площа майданчика становить 3,65 га, територія огорожена залізобетонними плитами заввишки 2 м. Найближча житлова забудова знаходиться на відстані 500 м від об'єкта.

На території майданчика № 4 розміщені наступні споруди (схема майданчику наведено у Додатку 1):

- резервуари чистої води (3 шт.) загальним об'ємом 22 тис. м³;
- хлораторна;
- насосна станція II-го підйому.

Хлораторна на майданчику № 4 має проектну продуктивність 50 кг хлору на добу.

Режим роботи хлораторної відповідає вимогам «Правил безпеки при виробництві, зберіганні, транспортуванні та застосуванні хлору» (ПБХ-2010).

Процес додаткового хлорування води, спрямований на приведення її якості у відповідність до вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», передбачає такі етапи:

- підготовка хлору для знезараження води;
- знезараження води;

- очищення хлоропроводів;
- знешкодження аварійних викидів;
- обслуговування резервуарів чистої води;
- роздача води в автотранспорт.

Підготовка хлору для знезараження води

Рідкий хлор доставляється на майданчик у контейнерах ємністю 800 дм³ за допомогою автотранспорту. Приймання, зберігання і підготовка хлору відбуваються в будівлі хлораторної.

Для розвантаження контейнерів використовуються електроталі з вантажопідйомністю 3,2 т. Максимально на складі може зберігатися до 10 контейнерів.

Рідкий хлор під тиском 6,9 МПа подається в ресивер, де відбувається відокремлення крапель вологи та домішок, відповідно до вимог ПБХ-2010. Після цього газоподібний хлор транспортується у загальний колектор, розташований перед хлораторами. Система складається з двох ліній (основної та резервної), які включають контейнер, ресивер і розподільний хлоропровід, що веде до хлораторів. На розподільному хлоропроводі встановлені патрубки, до яких підключаються всі хлоратори.

У хлораторній розміщено три вакуумні хлоратори моделі S-10K (Siemens).

Хлор через вакуумний клапан потрапляє у фільтр, де здійснюється його додаткове очищення від механічних домішок. Далі газ проходить через регулятор витрат і ротаметр до ежектора. Обсяг подачі хлору регулюється вручну за допомогою регулюючого клапана, а його значення контролюється візуально за положенням поплавка в трубці ротаметра.

У разі припинення подачі води або зниження вакууму в дифузорі ежектора відбувається підвищення тиску, внаслідок чого клапан автоматично перекидає вакуумну лінію подачі хлору, запобігаючи потраплянню води в систему. Якщо ж вакуум різко зростає (наприклад, через спорожнення

контейнера), мембрана притискається до «о-подібного» ущільнювального кільця, закриваючи внутрішню частину дозатора. Після того, як робочий контейнер спорожняється (це визначається шляхом зважування до та після робочого циклу), при тиску хлору 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) на трубопроводі для виходу рідкого хлору контейнер від'єднується від хлоропроводу. Порожній контейнер після продувки азотом повертається на склад у спеціально відведене місце.

Знезараження води

Питна вода, що надходить із магістрального водогону «Дніпро-Західний Донбас», після потрапляння в резервуари чистої води №№ 1, 2, 3 на майданчику № 4, у кількості 10–20 тисяч м³ на добу, проходить знезараження шляхом введення висококонцентрованого розчину хлорної води з концентрацією 2 г/м³.

Дохлорована вода за допомогою шести насосів транспортується двома трубопроводами, кожен діаметром 1000 мм, до розподільчої мережі водопостачання міста Павлоград. Контроль вмісту залишкового зв'язаного хлору у воді проводиться щогодини.

Очищення хлоропроводів

З метою періодичного очищення хлоропроводів і фільтрів перед перемиканням ліній та заміною контейнерів, а також для запобігання утворенню трьоххлористого азоту, раз на квартал проводиться продування повітрям або стисненим азотом.

Знешкодження аварійних викидів

Рівень концентрації хлору в повітрі приміщень складу та хлораторної контролюється спеціальним датчиком. У разі перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК) хлору, яка становить 1 мг/м³, автоматично активуються світлова та звукова сигналізація, а також аварійна вентиляція.

У разі аварії з контейнером у приміщенні складу передбачено резервуар, заповнений нейтралізуючим розчином, що складається з гіпосульфїту натрію та кальцинованої соди у співвідношенні 1:2.

Будівля хлораторної оснащена системою локалізації хлорного газу за допомогою водяної завіси. Для її роботи передбачено необхідний запас води, який розрахований на безперервне функціонування завіси протягом часу, достатнього для усунення витoku хлору, з урахуванням максимальної потреби води на інші цілі підприємства.

Обслуговування резервуарів чистої води

Очищення, промивання та хлорування резервуарів для зберігання питної води виконується персоналом станції не менше двох разів на рік. У процесі роботи вся вода з резервуара знижується до аварійного мінімуму, а залишок зливається через дренажний штуцер у каналізацію. Після спорожнення резервуара, під час його очищення, спочатку видаляється осад із дна, після чого стіни та колони промиваються двічі за допомогою брандспойта. Завершальний етап включає промивання дна резервуара та повторну обробку всіх внутрішніх поверхонь.

Після завершення очищення та промивання резервуар дезінфікують хлором. Для цього його наповнюють водою до рівня 0,5–1,0 м від дна, після чого через хлоропроводи подають хлорну воду одночасно з заповненням резервуара водою до $\frac{3}{4}$ від його номінального об'єму. Концентрація залишкового хлору повинна становити не менше 40 мг/дм³, що підтверджується шляхом відбору проб для аналізу після повного заповнення резервуара. Наповнений резервуар витримують протягом 5–6 годин, після чого знову проводять аналіз на залишковий хлор. Далі вода з резервуара через технологічний трубопровід спрямовується до хлораторної, потім скидається у самопливний каналізаційний колектор і подається на КОС.

Злив води здійснюється до рівня 0,5–1 м над дном резервуара. Після цього резервуар знову заповнюють чистою водопровідною водою до $\frac{3}{4}$ його

номінального об'єму та проводять відбір проб для визначення залишкового хлору. Ці дії повторюються доти, доки концентрація залишкового хлору у воді з резервуара не знизиться до значення, що не перевищує 0,1 мг/дм³. Після завершення цього процесу резервуар вводиться в експлуатацію.

Роздача води в автотранспорт

У разі аварій на водопровідних розподільних мережах міста, під час усунення несправностей, а також при планових або аварійних зупинках подачі питної води, на майданчику № 4 організовано насосну роздачу води через гідранти для наповнення автоцистерн. Діюча система дає змогу одночасно заправляти водою до 18 одиниць автотранспорту.

3.2 Нормативні вимоги до показників якості питної води

Програма виробничого контролю якості питної води КП «Павлоградводоканал» на період 2011-2015 років, погоджена з органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду, представлена у Додатку 3.

Перевірка якості води, проведення відбору проб та їх аналіз здійснюються у спеціально акредитованій лабораторії КП «Павлоградводоканал». Радіаційний і вірусологічний контроль питної води виконується у лабораторії обласної санітарно-епідеміологічної служби (м. Дніпро).

Питна вода, яка використовується для забезпечення потреб населення, повинна відповідати встановленим нормативним вимогам, спрямованим на забезпечення її безпеки та якості. Головним документом, який регулює показники якості питної води в Україні, є Державні санітарні норми і правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) [7]. Ці вимоги визначають гранично допустимі рівні фізико-хімічних, органолептичних, мікробіологічних та радіологічних характеристик, що забезпечують безпеку води для здоров'я людини.

Відповідно до положень ДСанПіН, питна вода повинна бути епідемічно безпечною, нешкідливою за хімічним складом, мати приємні органолептичні властивості (запах, смак, прозорість) і не містити небезпечних концентрацій токсичних елементів або речовин. Вода, яка надходить у централізовані системи водопостачання, контролюється за кількома основними показниками: хімічними, бактеріологічними, вірусологічними, а також за вмістом радіоактивних речовин [28].

Основними фізико-хімічними параметрами якості питної води є такі показники, як кольоровість, каламутність, кислотність (рН), жорсткість, загальний вміст солей, перманганатна окиснюваність, наявність важких металів, таких як свинець, ртуть, кадмій, а також органічних речовин, зокрема тригалогенметанів (ТГМ). Гранично допустимі концентрації для цих показників встановлені з урахуванням впливу на здоров'я людини. Наприклад, кольоровість питної води не повинна перевищувати 20 градусів, каламутність має бути в межах до 1,5 НОК, а значення рН – у межах від 6,5 до 8,5 [29].

Одним із ключових критеріїв якості води є її мікробіологічна безпека. Вода не повинна містити патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій групи кишкової палички, загальної кількості бактерій у 1 мл при температурі 37°C не має перевищувати 100 КУО (колонієутворюючих одиниць), а при температурі 22°C – 300 КУО. Забезпечення мікробіологічної безпеки є особливо важливим у системах централізованого водопостачання, де вода транспортується на великі відстані та може зазнавати впливу вторинного забруднення [30].

Контроль якості води також охоплює радіологічні показники. Зокрема, сумарна активність альфа-випромінюючих ізотопів у воді не повинна перевищувати 0,1 Бк/дм³, а бета-активність – 1,0 Бк/дм³. Ці нормативи розроблені для мінімізації ризиків, пов'язаних із можливим надходженням радіоактивних елементів у водоносні горизонти [31].

Для забезпечення відповідності нормативам питна вода піддається систематичному лабораторному контролю. Програма виробничого контролю, розроблена КП «Павлоградводоканал», передбачає періодичний моніторинг усіх основних показників якості води. Лабораторні дослідження виконуються акредитованою лабораторією підприємства, яка має відповідні сертифікати та кваліфікацію для проведення аналізів [32].

Важливо зазначити, що у разі перевищення допустимих рівнів певних показників, таких як кольоровість, каламутність або вміст залишкового хлору, підприємство зобов'язане вжити заходів для усунення відхилень і забезпечення якості води відповідно до вимог. До таких заходів належить збільшення дози реагентів (наприклад, хлору), модернізація обладнання або додаткове очищення води за допомогою фізико-хімічних чи біологічних методів [33].

Дотримання нормативів якості питної води є одним із головних пріоритетів у роботі системи централізованого водопостачання. Забезпечення належної якості води не лише сприяє покращенню здоров'я населення, а й є запорукою екологічної стійкості регіону. У контексті сучасних викликів, таких як зростання рівня антропогенного забруднення та кліматичні зміни, вимоги до якості води та її моніторингу набувають ще більшої актуальності [34].

Таким чином, нормативи якості питної води, викладені у ДСанПіН 2.2.4-171-10, створюють правову та технічну основу для забезпечення безпеки водопостачання в Україні. Надалі розвиток систем водопостачання у місті Павлоград має базуватися на інтегрованому підході, що враховує як технічні, так і екологічні аспекти [35; 36].

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

4.1 Характеристика реагентів та матеріалів для очищення води

Для знезараження води в системі централізованого водопостачання міста Павлоград використовується рідкий хлор.

У разі аварійних ситуацій для нейтралізації токсичних речовин передбачено використання кальцинованої соди та гіпосульфиту натрію.

Характеристика реагентів, що використовується у процесі очищення води, наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристика реагентів

№	Реагент	Нормативний документ	Показники, обов'язкові для перевірки	Показники, які регламентуються
1	Хлор рідкий	ГОСТ 6718-93	Вага хлору в контейнерах, перевіряється за сертифікатом	Не більше 1000 кг
2	Кальцинована сода Na_2CO_3	ГОСТ 5100-85	Відсоток масовий. Na_2CO_3 перевіряється за сертифікатом	99,0
3	Натрію тіосульфат (гіпосульфит натрію) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	ГОСТ 244-76	Відсоток масовий $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ Відсоток масовий води кристалізаційної перевіряється за сертифікатом	98,5 35,5

4.2 Розрахунки витрат реагентів для очищення води

У таблиці 4.2 наведено розрахунок обсягів використання хлору в технологічному процесі підготовки питної води на 2024 рік [37].

Таблиця 4.2 - Розрахунок витрат хлору відповідно до обсягів річного плану ліцензованої діяльності на 2024 рік

Реагент	Обсяг води, пропуск стоків, тис. м ³	Норми (натуральні показники виміру згідно СНіП)	Доза (натуральні показники виміру згідно СНіП)	Нормативний документ	Витрати реагентів, т
Водопостачання (прямі витрати) - дохлорування питної води				ДСанПіН 2.2.4-171-10 Гігієнічні вимоги до води питної призначеної для споживання людиною»	9,86
Хлор (товарна номенклатура)	4931,59	0,3-1,2 мг/дм ³	2,0 г/м ³		
Водопостачання (загальновиробничі витрати) - дезінфекція резервуарів				Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізування пунктів України КДП 204-12	1,70
хлор (товарна номенклатура)	22,6	0,075 г/дм ³	0,075 кг/м ³		

Для дохлорування питної води

На ВНС майданчик № 4 розміщені три резервуари чистої води (РЧВ) з об'ємами 10000, 6000 та 6000 м³.

Для забезпечення концентрації залишкового вільного хлору у питній воді на рівні 0,5 мг/дм³ (відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною») необхідно проводити дохлорування з дозою 2 мг активного хлору [7].

Обчислення обсягу рідкого хлору, необхідного для досягнення концентрації активного хлору 2 мг/дм³ та залишкового вільного хлору не менше 0,5 мг/дм³, виконують за формулою (4.1):

$$x = \frac{100 \cdot 0,002}{99,8} = 0,0020 \text{ г} \quad (4.1)$$

де x – кількість рідкого хлору, що містить 2 мг (0,002 г) активного хлору, г;

100 г – маса рідкого хлору;

0,002 г – концентрація активного хлору;

99,8 г – вміст активного хлору у рідкому продукті (згідно паспорту).

Таким чином, для проведення дохлорування питної води потрібно 2,0 г/м³ (0,0020 кг/м³) рідкого хлору.

Для виконання дохлорування обсягу води 4931586,27 м³ (загальний об'єм трьох резервуарів) потрібно рідкий хлор у кількості:

$$4931586,27 \cdot 0,0020 = 9863 \text{ кг.} \quad (4.2)$$

Для дезінфекції РЧВ

Дезінфекцію резервуарів чистої води виконують не менше двох разів на рік відповідно до затверджених графіків, згідно з «Правилами технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України». Для цього використовується розчин хлорної води з активним хлором у концентрації 75–100 мг/дм³ (або 0,075 г/дм³) при тривалості контакту 5–6 годин.

Кількість рідкого хлору, необхідного для дезінфекції резервуарів чистої води, визначається за формулою (4.3):

$$x = \frac{100 \cdot 0,075}{99,8} = 0,0751503 \text{ г/л} = 7,51 \cdot 10^{-5} \text{ кг/дм}^3 \quad (4.3)$$

де x - кількість рідкого хлору, що необхідна для дезінфекції РЧВ, г;

100 г – маса рідкого хлору;

0,075 г – концентрація активного хлору;

99,8 г – вміст активного хлору у рідкому продукті (згідно паспорту).

Для проведення дезінфекції резервуара питної води об'ємом 10000 м³ потрібно використати таку кількість рідкого хлору:

$$10000000 \cdot 7,51 \cdot 10^{-5} = 751,5 \text{ кг} \quad (4.4)$$

Для знезараження резервуара питної води об'ємом 6000 м³ потрібно використати таку кількість рідкого хлору:

$$6000000 \cdot 7,51 \cdot 10^{-5} = 450,9 \text{ кг} \quad (4.5)$$

Для проведення дезінфекції трьох резервуарів потрібно наступна кількість рідкого хлору:

$$751,5 + 450,9 \cdot 2 = 1653 \text{ кг рідкого хлору.} \quad (4.6)$$

ВНС майданчика № 2

Об'єм резервуару: 600 м³.

Для знезараження резервуара питної води об'ємом 600 м³ необхідно таку кількість рідкого хлору:

$$600000 \cdot 7,51 \cdot 10^{-5} = 45,1 \text{ кг} \quad (4.7)$$

Обсяг необхідного рідкого хлору для знезараження питної води на 2024 рік наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Необхідна кількість хлору (рідкого) для знезараження питної води на 2024 рік

№ з/п	Найменування	К-сть, кг
1	Дохлорування питної води, що поступає на ВНС майд. № 4, 4931,59 тис. м ³	9863
2	Дезінфекція резервуарів ВНС майданчика № 4:	
	Резервуар V= 10000,0 м ³	751,50
	Резервуар V= 6000,0 м ³	451,0
	Резервуар V= 6000,0 м ³	451,0
3	Дезінфекція резервуарів ВНС ділянки № 2:	
	Резервуар V= 600,0 м ³	45,1

Резервуари питної води дезінфікують не менше двох разів на рік згідно із затвердженими графіками, відповідно до «Правил технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України». Для цього використовується розчин активного хлору з концентрацією 75–100 мг/дм³ (або 0,075 г/дм³) при тривалості контакту 5–6 годин.

Виробництво рідкого хлору повинно здійснюватися відповідно до вимог чинного стандарту «ГОСТ 6718-93 (ИСО 2120-72, ИСО 2121-72) «Хлор рідкий. Технічні умови» [40].

Рідкий хлор — це речовина янтарного кольору, яка належить до категорії високо небезпечних. Він має подразливу та задушливу дію на організм. Ця речовина не горить, однак є сильним окиснювачем і може підтримувати горіння багатьох органічних матеріалів, що робить її пожежонебезпечною при контакті з горючими речовинами. У взаємодії з воднем утворює вибухонебезпечні суміші. Категорично забороняється спільне зберігання балонів із рідким хлором разом з органічними речовинами, порошками металів, горючими рідинами або газами.

Гранично допустима концентрація хлору в повітрі робочої зони виробничих приміщень становить 1 мг/дм^3 (відноситься до 2 класу безпеки відповідно до «ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007») [41].

Технічні параметри рідкого хлору наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики рідкого хлору

№	Найменування показника	Норма для марок	
		А ОКП 2114310120	Б ОКП 2114310130
1	Об'ємна частка хлору,%, не менше	99,8	99,6
2	Масова частка води,%, не більше	0,01	0,04
3	Масова частка трихлористого азоту, %, не більше	0,002	0,004
4	Масова частка нелеткого залишку,%, не більше	0,015	0,10

4.3 Характеристика якості очищеної води, що надходить в систему водопостачання м. Павлоград

Якість води, що постачається споживачам, повинна відповідати вимогам чинних нормативних документів, які визначають гранично допустимі концентрації показників якості питної води. Основним документом, що регулює якість води для споживання людиною, є ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», введений у дію в 2010 році, з урахуванням змін і доповнень, затверджених у 2011 році [7].

Дані про якість води, що постачалася в систему водопостачання міста протягом 2021–2023 років та першого півріччя 2024 року, наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Характеристика якості води, що надходить в систему водопостачання міста

Показник якості	Роки			
	2021	2022	2023	2024
Забарвленість, град	12	14	10	8
Каламутність, мг/дм ³	0,62	0,68	0,66	<0,58
Запах, бали	2	2	2	2
pH	7,38	7,40	7,40	7,45
Лужність, ммоль/дм ³	2,6	2,68	2,8	3,10
Жорсткість, ммоль/дм ³	2,9	2,81	3,1	2,90
Хлориди, мг/дм ³	30	27	29	31
Сульфати, мг/дм ³	64	56	46	47
Фториди, мг/дм ³	0,007	0,09	0,09	<0,08
Сухий залишок, мг/дм ³	254	252	272	288
Перманганатна окиснюваність, мг/дм ³	4,45	4,47	5,78	5,07
Амоній, мг/дм ³	0,11	0,11	0,16	0,12
Нітрити, мг/дм ³	0,0027	0,01	<0,002	<0,002
Нітрати, мг/дм ³	2,30	2,33	<2,25	<2,25
Алюміній, мг/дм ³	0,04	0,004	<0,04	<0,043
Залізо загальне, мг/дм ³	0,13	0,14	0,16	0,13
Кадмій, мг/дм ³	-	-	-	-

Продовження таблиці 4.5

Показник якості	Роки			
	2021	2022	2023	2024
Кобальт, мг/дм ³	-	-	-	-
Марганець, мг/дм ³	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Мідь, мг/дм ³	0,06	0,032	0,042	0,042
Молібден, мг/дм ³	-	-	-	-
Натрій, мг/дм ³	-	-	-	-
Нікель, мг/дм ³	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Ртуть, мг/дм ³	-	-	-	-
Свинець, мг/дм ³	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Хром, мг/дм ³	0,0024	0,0014	0,0013	<0,001
Стронцій, мг/дм ³	-	-	-	-
Цинк, мг/дм ³	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Кремній, мг/дм ³	-	-	-	-
Миш'як, мг/дм ³	-	-	-	<0,04
Селен, мг/дм ³	-	-	-	-
Поліфосфати, мг/дм ³	0,20	0,21	0,28	0,186
ПАР аніонні, мг/дм ³	-	-	-	<0,02
Нафтопродукти, мг/дм ³	-	-	-	-
Хлороформ, мг/дм ³	>100	>100	141	167
Залишк. вільний хлор, мг/дм ³	0,4	0,4	0,4	0,43
ЗМЧ, КУО/см ³	0	0	0	0
Загальні коліформи, КУО/100 см ³	відс.	відс.	відс.	відс.
Е. coli, КУО/100 см ³	відс.	відс.	відс.	відс.
Ентерококи, КУО/100 см ³	відс.	відс.	відс.	відс.

Порівнюючи результати аналізу хімічного складу води з вимогами ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [7], можна виокремити показники, що потребують підвищеної уваги: каламутність, перманганатна окиснюваність, вміст хлороформу.

▪ Значення показника каламутності – перевищували встановлені нормативи лише в 2022 р., хоча в попередні роки відхилення за цим показником спостерігалися частіше.

▪ Показник перманганатної окиснюваності почав регламентуватися з 2015 року, а його ГДК для питної води складає $\leq 5,0$ мг/дм³. Перевищення

рівня перманганатної окиснюваності води нормативних значень траплялося періодично.

▪ Показник вмісту хлороформу також став регламентованим в питній воді з 2015 року, ГДК ≤ 60 мкг/дм³. Значення цього показника в наших дослідженнях складало майже 3 ГДК.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Оцінка витрат на модернізацію системи очищення води

Модернізація системи очищення води є важливим кроком для забезпечення відповідності якості питної води сучасним стандартам, а також для зниження експлуатаційних витрат. Впровадження нових технологій, таких як озонування та мембранна фільтрація, дозволить суттєво скоротити втрати води, знизити споживання реагентів і покращити екологічну безпеку системи водопостачання. Основним завданням розрахунків є визначення необхідних витрат на модернізацію, включаючи закупівлю обладнання, монтаж, а також оцінку річних витрат на експлуатацію.

Загальна вартість модернізації визначається за формулою:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{обладн}} + C_{\text{монтаж}} + C_{\text{експл}}, \quad (5.1)$$

де $C_{\text{заг}}$ – загальні витрати на модернізацію (грн);

$C_{\text{обладн}}$ – вартість закупівлі обладнання (грн);

$C_{\text{монтаж}}$ – витрати на монтаж та встановлення (грн);

$C_{\text{експл}}$ – річні витрати на експлуатацію (грн).

Розрахунок вартості обладнання та монтажу

Для модернізації передбачено закупівлю основних компонентів, перелік яких наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Перелік компонентів для модернізації

Компонент	Кількість	Вартість за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
Озонатор	1	1 200 000	1 200 000
Мембранна установка	1	2 000 000	2 000 000
Насоси для підкачування	4	250 000	1 000 000
Додаткові фільтри	2	500 000	1 000 000
Монтажні роботи	-	-	500 000
Загальна сума	-	-	5 700 000

Річні витрати на експлуатацію включають:

1. Витрати на електроенергію:

$$E = P_{\text{обладн}} \cdot T_{\text{роботи}} \cdot C_{\text{електр}}, \quad (5.2)$$

де $P_{\text{обладн}}$ – потужність обладнання (кВт);

$T_{\text{роботи}}$ – кількість годин роботи на рік (год);

$C_{\text{електр}}$ – тариф на електроенергію (грн/кВт·год).

2. Витрати на обслуговування:

$$C_{\text{обсл}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{одиниці}}, \quad (5.3)$$

де $C_{\text{одиниці}}$ – вартість обслуговування одного компонента обладнання.

У таблиці 5.2 наведено орієнтовний розрахунок річних витрат.

Таблиця 5.2 – Розрахунок річних витрат

Категорія витрат	Сума, грн
Оплата енергоносіїв	750 000
Обслуговування обладнання	600 000
Заробітна плата	1 200 000
Загальна сума	2 550 000

Сумарні витрати за перший рік розраховуються за формулою:

$$C_{\text{перший}} = C_{\text{обладн}} + C_{\text{монтаж}} + C_{\text{експл}}, \quad (5.4)$$

підставивши дані, отримаємо:

$$C_{\text{перший}} = 5700000 + 2550000 = 8250000 \text{ грн} \quad (5.5)$$

5.2 Аналіз економічної ефективності модернізації

Економічний ефект проекту оцінюється на основі зниження витрат води, скорочення витрат на хімічні реагенти, а також підвищення якості води, що сприяє зменшенню витрат на підтримку здоров'я населення [38]. Ефективність розраховується за формулою:

$$E = \Delta R - \Delta C, \quad (5.6)$$

де E – економічний ефект (грн);

ΔR – додаткові доходи або економія (грн);

ΔC - сума витрат на модернізацію (грн).

Розрахунок економії на воді та реагентах

1. Зниження витрат води.

Обсяг зекономленої води $Q_{\text{зекономлено}}$ визначається як 10% від загального обсягу постачання $Q_{\text{постач}}$ за формулою (5.7):

$$Q_{\text{зекономлено}} = 0,1 \cdot Q_{\text{постач}}, \quad (5.7)$$

При $Q_{\text{постач}} = 5000000 \text{ м}^3$:

$$Q_{\text{зекономлено}} = 0,1 \cdot 5000000 = 500000 \text{ м}^3 \quad (5.8)$$

Економія від зниження витрат води за тарифу 73,04 грн/м³:

$$\Delta R_{\text{вода}} = Q_{\text{зекономлено}} \cdot P_{\text{тариф}} = 500000 \cdot 73,04 = 36520000 \text{ грн} \quad (5.9)$$

2. Зниження витрат на хлор.

При скороченні використання хлору на 30% за річного споживання 10 000 кг і ціни 20 грн/кг:

$$\Delta R_{\text{хлор}} = 0,3 \cdot 10000 \cdot 20 = 60000 \text{ грн} \quad (5.10)$$

Загальна економія:

$$\Delta R_{\text{заг}} = \Delta R_{\text{вода}} + \Delta R_{\text{хлор}} = 36520000 + 60000 = 36580000 \text{ грн} \quad (5.11)$$

Економічний ефект:

$$E = \Delta R_{\text{заг}} - C_{\text{перший}} = 36580000 - 8250000 = 28330000 \text{ грн} \quad (5.12)$$

Період окупності:

$$T_{\text{окупн}} = \frac{C_{\text{обладн}}}{\Delta R_{\text{заг}}} = \frac{5700000}{36580000} \approx 0,16 \text{ року} \quad (5.13)$$

Проведений розрахунок показує, що модернізація системи очищення води в м. Павлоград є економічно вигідною. Впровадження сучасних технологій дозволяє окупити витрати менше ніж за два місяці та забезпечує значну економію в подальші роки. Крім економічної вигоди, модернізація сприяє покращенню якості води, зменшенню втрат у системі та підвищенню екологічної безпеки [39].

6. ОХОРОНА ПРАЦІ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Безпека на підприємствах, що надають послуги з постачання питної води, регламентується чинним нормативним документом - «Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України». Цей документ визначає вимоги до безпечного улаштування та експлуатації систем водопостачання у містах і селищах. На основі цього нормативного акту, відповідних стандартів і типових інструкцій, адміністрація підприємства разом із профспілковим комітетом розробляє та затверджує інструкції з охорони праці. У цих інструкціях прописуються вимоги до безпечної експлуатації споруд, обладнання, арматури тощо, а також зазначаються засоби захисту, правила безпеки та порядок надання першої медичної допомоги у разі нещасних випадків [46].

Працівники підприємства повинні дотримуватись правил експлуатації обладнання, механізмів, інструментів та інших засобів праці. Вони зобов'язані вміти користуватися індивідуальними засобами захисту, розуміти ризики, пов'язані з токсичними речовинами, з якими вони працюють, і знати алгоритм надання першої медичної допомоги у разі виникнення надзвичайної ситуації.

6.1 Організація охорони праці на підприємстві

Охорона праці – це комплекс правових, організаційно-технічних, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, які спрямовані на збереження життя, здоров'я та працездатності працівників під час виконання ними трудових обов'язків [44].

Державна політика у сфері охорони праці орієнтована на забезпечення безпечних і належних умов праці, попередження нещасних випадків, і формується відповідно до Конституції України Верховною Радою України.

Державна політика у сфері охорони праці ґрунтується на таких принципах:

- забезпечення здоров'я та життя працівників є головним пріоритетом, а відповідальність за створення безпечних і здорових умов праці покладається на роботодавця;
- встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх працівників та суб'єктів підприємництва, незалежно від форми власності та виду діяльності;
- забезпечення соціального захисту працівників у випадку нещасних випадків на виробництві або професійних захворювань, із повним відшкодуванням завданої шкоди;
- адаптація трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану;
- організація навчання і підвищення кваліфікації працівників у сфері охорони праці.

Для забезпечення безпечної експлуатації водоочисного комплексу необхідно суворо дотримуватись усіх вимог і норм з охорони праці та техніки безпеки.

До самостійного виконання робіт на водозабірних спорудах допускаються лише особи, які досягли 18 років, пройшли медичний огляд, отримали відповідний інструктаж з охорони праці та техніки безпеки, а також мають спеціальне посвідчення.

Під час виконання робіт необхідно:

- чітко дотримуватись інструкцій з охорони праці та техніки безпеки;
- дотримуватись вимог посадових інструкцій та встановлених правил;
- використовувати тільки справний інструмент і застосовувати його виключно за призначенням;
- використовувати спеціальний одяг і взуття відповідно до умов роботи;
- за необхідності користуватися індивідуальними засобами захисту;
- підтримувати чистоту на робочому місці та виконувати правила особистої гігієни.

Перед початком виконання робіт слід перевірити справність освітлення, надійність огорожень, герметичність засувок, вентилів та арматури, а також стан хлоропроводів та іншого обладнання. У разі виявлення несправностей або пошкоджень необхідно негайно повідомити про них відповідальну особу та вжити заходів для їх усунення.

Під час виконання робіт забороняється:

- знаходження у зоні споруд осіб, які не мають відповідного дозволу;
- проведення робіт у відкритих отворах та люках без встановлення спеціальних огорожень.

Для уникнення утворення слизьких ділянок, пролиті рідини, такі як вода, олія чи інші, необхідно негайно прибрати.

Роботи у хлораторній слід виконувати з обов'язковим застосуванням засобів індивідуального захисту та при працюючій припливно-витяжній вентиляції.

Під час виконання завдань у колодязях або камерах переключення потрібно дотримуватись установлених правил безпеки, розроблених для роботи на цих об'єктах.

При очищенні підлог, стін та інших поверхонь забороняється використання кислот, лужних розчинів чи інших токсичних речовин.

Після завершення робіт необхідно оглянути стан споруд, зафіксувати всі виявлені порушення в журналі та повідомити про них змінника .

6.2 Техніка безпеки при роботі з сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР)

До виконання робіт із сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР), включаючи транспортування та прибирання приміщень, де вони використовуються, допускаються лише особи, які:

- досягли віку не менше 18 років;

- пройшли медичний огляд і не мають протипоказань для виконання таких завдань;
- отримали навчання з безпечних методів роботи;
- успішно склали атестацію місцевій комісії та мають відповідне посвідчення на право роботи із СДОР;
- пройшли обов'язковий інструктаж з техніки безпеки.

Атестація на право виконання робіт із використанням СДОР проводиться щорічно.

Список працівників, допущених до роботи з СДОР, затверджується наказом підприємства та підлягає щорічному перегляду.

До робіт із СДОР не допускаються підлітки, які не досягли 18 років, а також вагітні жінки.

Керівники підрозділів зобов'язані щорічно організовувати заняття за затвердженою програмою для працівників, які виконують роботи із СДОР.

Працівники, які не пройшли навчання та перевірку знань протягом року, не допускаються до роботи з СДОР [47].

6.3 Технічні та організаційні заходи при роботі з СДОР

Роботи із СДОР дозволяється виконувати лише з дозволу відповідальної особи в приміщеннях, які відповідають встановленим санітарним нормам (ДСП 173-96) і мають:

- раковину з підведеною гарячою та холодною водою;
- аптечку, укомплектовану засобами для надання першої медичної допомоги;
- достатню кількість речовин для нейтралізації отруйних сполук;
- окремі шафи для зберігання особистого одягу та індивідуальних засобів захисту.

Роботи із СДОР, такі як зважування, приготування розчинів, подрібнення, нагрівання, фільтрування тощо, повинні виконуватись у

втяжних шафах або ваннах, обладнаних бортовими укосами, фільтрами та кришками, які відкриваються виключно під час завантаження чи вивантаження матеріалів.

Газоподібні або пароподібні продукти СДОР, якщо їх не використовують у роботі, повинні затримуватись на виході з приладу чи установки за допомогою поглиначів; викид таких речовин у вентиляційні системи без використання фільтрів заборонений.

Лабораторний посуд, призначений для роботи із СДОР, має бути промаркований написом «Отрута» і зазначенням назви речовини. Після завершення роботи залишки СДОР необхідно передати відповідальній особі. Посуд, який був забруднений у процесі роботи, слід обов'язково знешкодити.

Спецодяг необхідно прати виключно у спеціалізованих пральнях.

Під час роботи із СДОР суворо заборонено:

- виконувати операції, які не вказані в технологічних документах;
- знаходитися одному в приміщенні, палити або споживати їжу;
- зливати розчини СДОР у загальну каналізаційну систему без їх попереднього знешкодження;
- зберігати особистий і робочий одяг в одній шафі.

Після завершення робіт із СДОР необхідно ретельно вимити руки з милом, а за потреби обробити їх знешкоджуючим засобом, таким як 3–5% розчин аміаку, хлорамін або 0,5% розчин перманганату калію. Ротову порожнину слід прополоскати чистою водою.

Приміщення, призначені для роботи із СДОР, повинні бути обладнані автоматичними приладами, що фіксують перевищення граничнодопустимої концентрації СДОР у повітрі, із вбудованою системою звукової та світлової сигналізації.

Відповідальність за зберігання, облік, витрати та організацію роботи із СДОР покладається на керівників підприємств. У разі наявності структурних підрозділів цю відповідальність несуть начальники підрозділів, де

здійснюються відповідні роботи, а за їх відсутності — особи, які виконують їхні обов'язки.

Для отримання, транспортування та зберігання СДОР під час перевезення керівник підприємства призначає відповідальну особу, якій видається дозвіл на придбання та перевезення цих речовин.

Приміщення, призначені для зберігання та використання СДОР, після завершення робочого дня мають бути зачинені на замок, а двері — опломбовані. Ключі слід здавати відповідальному черговому або охоронцю у спеціальних опечатаних пеналах для зберігання.

Перевезення СДОР по території підприємства може здійснюватися вручну або за допомогою транспорту, але виключно у тарі, яка відповідає встановленим вимогам для кожного виду СДОР [48].

6.4 Техніка безпеки при роботі з рідким хлором

Рідкий хлор, речовина янтарного кольору, належить до категорії високо небезпечних. Він має подразливу та задушливу дію, не є горючим, проте виступає сильним окислювачем і може підтримувати горіння багатьох органічних матеріалів. У разі контакту з горючими речовинами хлор стає пожежонебезпечним. При взаємодії з воднем утворює вибухонебезпечні суміші. Категорично забороняється спільне зберігання балонів із рідким хлором із органічними речовинами, металевими порошками, горючими рідинами та газами [50].

Гранично допустима концентрація хлору в повітрі робочої зони виробничих приміщень встановлена на рівні 1 мг/дм³ (відповідає 2 класу безпеки згідно з «ГОСТ 12.1.007-76»).

Для моніторингу та фіксації концентрації хлору в повітрі виробничі приміщення повинні бути обладнані стаціонарними або переносними автоматичними газоаналізаторами.

Для захисту органів дихання від парів хлору, якщо його об'єм у повітрі не перевищує 0,5 %, а кисню міститься не менше 18 %, використовуються промислові фільтруючі протигази марки В або БКФ (згідно з ГОСТ 12.4.121). У разі перевищення зазначених концентрацій застосовуються киснево-ізолюючі апарати, такі як КПП-8, РВЛ-1, ПП-4, АДІ-ГС або АСВ-2.

Приміщення для роботи з рідким хлором, включаючи його виробництво та зберігання, повинні бути обладнані згідно з вимогами «ГОСТ 12.4.026-76». На видимому місці необхідно розмістити знак із написом «Працювати з використанням засобів захисту дихання!» [49].

Для запобігання отруєнням необхідно регулярно здійснювати контроль за герметичністю обладнання, забезпечувати безперебійну та ефективну роботу вентиляційних систем, а також стежити за правильним використанням засобів захисту органів дихання та шкіри (спеціального одягу та взуття) відповідно до нормативно-технічної документації.

Експлуатація балонів, контейнерів, цистерн і сховищ для зберігання рідкого хлору здійснюється згідно з вимогами «Правил безпеки при виробництві, зберіганні, транспортуванні та застосуванні хлору», затвердженими наказом Держпромгірнагляду від 12.03.2010 № 56.

6.5 Техніка безпеки під час воєнного стану

У період воєнного стану підприємства, зокрема об'єкти водопостачання, повинні забезпечити максимальний рівень безпеки для працівників та безперебійну роботу критичних систем. На підприємстві обов'язково повинні бути організовані укриття або спеціальні захисні споруди, які відповідають вимогам Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС). Укриття мають бути розташовані в безпечних зонах, подалі від можливих точок обстрілів або стратегічних об'єктів, таких як резервуари з рідким хлором чи насосні станції. До укриттів необхідно забезпечити зручний доступ із робочих зон, а їх місткість повинна відповідати кількості

працівників на об'єкті. Укриття повинні бути обладнані необхідними засобами першої допомоги, запасами води, їжі, освітленням і засобами зв'язку [51].

Під час повітряної тривоги працівники зобов'язані негайно припинити виконання всіх робіт, які можуть бути тимчасово зупинені без шкоди для безпеки об'єкта. Вони повинні зібратися в безпечних зонах та евакуюватися до укриттів згідно з затвердженим маршрутом, про який їх інформують під час регулярних інструктажів. Для уникнення паніки керівництво підприємства зобов'язане провести тренування з евакуації, щоб працівники знали свої дії у разі оголошення тривоги. У разі виникнення аварійних ситуацій, наприклад, витоків небезпечних речовин, призначені відповідальні особи повинні оперативно локалізувати загрозу, забезпечивши мінімальний вплив на навколишнє середовище та персонал. Під час переміщення до укриття забороняється використовувати ліфти, оскільки це може бути небезпечно через можливе знеструмлення.

У разі артилерійських обстрілів чи ракетних ударів працівники повинні негайно перейти до захисних споруд і залишатися там до отримання офіційного повідомлення про завершення небезпеки. Укриття повинні бути розраховані на тривале перебування людей, тому важливо мати в них фільтри для очищення повітря та запаси питної води. В укриттях необхідно дотримуватися порядку, залишати проходи вільними для швидкого доступу до аварійного виходу. Якщо обстріл відбувається в момент проведення технологічних операцій, працівники повинні виконати заходи для безпечної зупинки обладнання, щоб запобігти аваріям, особливо у випадках, коли йдеться про роботу з небезпечними речовинами, такими як хлор.

Після завершення повітряної тривоги чи обстрілу керівництво має організувати перевірку стану споруд, обладнання та комунікацій. У разі виявлення пошкоджень необхідно негайно повідомити відповідальні органи, оцінити рівень загрози та розробити план для оперативного усунення наслідків. Працівники повинні бути проінформовані про стан об'єкта,

можливі ризики та подальший порядок дій.

Дотримання техніки безпеки під час воєнного стану є важливою складовою захисту життя працівників і забезпечення стабільної роботи підприємства. Керівництво має регулярно оновлювати інструкції відповідно до поточної ситуації, а працівники зобов'язані чітко дотримуватися встановлених правил. Це дозволить знизити ризики та гарантувати безпеку всім, хто працює на об'єкті.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ПИТНОЇ У м. ПАВЛОГРАД

Виходячи з аналізу існуючих технологій і обладнання для очищення води, які використовуються у місті Павлоград, пропонуються наступні заходи для модернізації системи очищення та покращення якості питної води [5].

Модернізація систем знезараження

Сучасні виклики у сфері водопостачання вимагають удосконалення існуючих методів знезараження для забезпечення високої якості води:

- перехід на більш безпечні методи знезараження. Використання озонування або ультрафіолетового опромінення замість хлорування може значно знизити утворення побічних продуктів, таких як тригалогенметани (ТГМ), що мають канцерогенні властивості. Озонування також дозволяє ефективно усувати запахи, кольоровість і органічні забруднювачі;
- встановлення автоматизованих систем контролю дозування хлору. Це дозволить забезпечити точне дозування реагентів і зменшить ризик перевищення допустимих норм;
- поєднання декількох методів знезараження. Наприклад, попереднє ультрафіолетове опромінення з подальшим мікродозованим хлоруванням може стати ефективним рішенням для знезараження води при збереженні її високої якості.

Покращення якості вихідної води

Проблеми із якістю вихідної води вимагають впровадження додаткових заходів для її очищення перед знезараженням:

- використання коагулянтів для видалення зважених часток. Коагуляція дозволяє суттєво зменшити каламутність води, що є важливим етапом перед хлоруванням чи озонуванням;

- фільтрація через активоване вугілля. Це допоможе знизити рівень органічних речовин, які сприяють утворенню побічних продуктів знезараження;

- реконструкція відстійників. Необхідно оновити або модернізувати існуючі відстійники для забезпечення їх ефективної роботи.

Використання сучасного обладнання

Обладнання, яке використовується для очищення води, має бути сучасним, енергоефективним та надійним:

- встановлення нових вакуумних хлораторів. Сучасні моделі забезпечують більш точне дозування реагентів і знижують втрати хлору;

- заміна старих насосів. Використання енергоефективних насосів дозволить зменшити експлуатаційні витрати;

- моніторинг у реальному часі. Впровадження датчиків для постійного контролю якості води, зокрема вмісту залишкового хлору, каламутності та органічних сполук.

Мінімізація втрат води у системі

Втрати води у водопровідній мережі впливають не лише на економіку підприємства, а й на якість води:

- аудит розподільчої мережі. Провести комплексне обстеження трубопроводів для виявлення зон із найбільшими витоками;

- реконструкція старих трубопроводів. Заміна труб на сучасні матеріали з низькою ймовірністю корозії;

- встановлення системи дистанційного моніторингу витоків. Датчики для фіксації тиску і витрат дозволять оперативно реагувати на аварійні ситуації.

Розвиток альтернативних джерел водопостачання

Для підвищення стабільності водопостачання варто розглянути альтернативні джерела:

- розширення підземного водозабору. Провести оцінку запасів підземних вод і, за можливості, модернізувати свердловини для забезпечення резервного постачання;

- використання дощової води для технічних потреб. Установлення систем збору та очищення дощової води може знизити навантаження на основну систему водопостачання.

Підвищення лабораторного контролю

Контроль якості води має відповідати сучасним вимогам:

- розширення спектра аналізів. Запровадження тестування на наявність пестицидів, важких металів і мікропластику;

- сучасне лабораторне обладнання. Інвестиції у високоточні аналізатори для проведення швидких і достовірних досліджень;

Підвищення екологічної безпеки

Для зменшення негативного впливу технологій очищення води на навколишнє середовище необхідно:

- утилізація відходів хлорування. Впровадження безпечних методів видалення хлорорганічних сполук;

- очищення вентиляційних викидів. Забезпечення фільтрації повітря, що виходить із приміщень хлораторних;

- зниження викидів від знезараження. Оптимізація технологічних процесів для зменшення шкідливих викидів [17].

Застосування запропонованих заходів дозволить не лише підвищити ефективність очищення питної води у місті Павлоград, а й забезпечити відповідність її якості чинним нормативам. Інтеграція сучасних технологій, модернізація обладнання та впровадження системи постійного моніторингу сприятимуть зменшенню експлуатаційних витрат і покращенню надійності системи водопостачання [23].

ВИСНОВКИ

1. Система водопостачання м. Павлоград базується на централізованій структурі, що включає значну протяжність мереж, насосні станції та резервуари, які забезпечують ефективну подачу води споживачам. Виявлено необхідність модернізації системи для забезпечення її ефективності та відповідності сучасним вимогам.

2. Основними проблемами в системі є високий рівень зношеності трубопроводів, що складає 50–75%, а також недостатність інфраструктурного оновлення для запобігання втратам води, які в середньому сягають 35,5% за останні роки.

3. Якість питної води, що надходить до споживачів, відповідає базовим нормативам, однак сезонні відхилення, пов'язані з антропогенними та природними факторами, потребують підвищення контролю і впровадження додаткових методів очищення.

4. Дослідження технології хлорування показало її ефективність у знезараженні води, проте висока концентрація залишкових хлорорганічних сполук вимагає пошуку альтернативних технологій або удосконалення існуючих процесів.

5. Якість очищеної води, яка подається в систему водопостачання м. Павлоград, у більшості випадків відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10. Однак за деякими показниками, зокрема рівнем залишкового хлору, каламутністю та кольоровістю, періодично спостерігаються відхилення, пов'язані з сезонними змінами у вихідній воді. Це вимагає більш ретельного контролю та вдосконалення методів очищення.

6. Для забезпечення стабільної якості питної води у м. Павлоград рекомендовано впровадити новітні технології очищення, такі як озонування, мембранна фільтрація та ультрафіолетова обробка. Необхідно провести модернізацію очисних споруд, зокрема встановити автоматичні системи моніторингу якості води та дозування реагентів. Також важливо забезпечити

регулярну очистку та дезінфекцію резервуарів чистої води, зменшити залежність від хлорування шляхом застосування екологічно безпечних методів знезараження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання».
2. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» № 2047-VIII від 18.05.2017 , № 2887-IX від 12.01.2023.
3. WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth Edition. Geneva, 2011.
4. American Water Works Association. Advances in Water Treatment Technologies. 2020.
5. Методи знезараження води: Монографія / Під ред. І.В. Романенка. – Київ: Наукова думка, 2018.
6. Хільчевський В. К., Чунарьов О.В. Основи водопостачання та водовідведення. Київ: Либідь, 2016. С. 18-23.
7. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною (ДСанПіН 2.2.4-171-10) / МОЗ України. Київ, 2012.
8. Климчук В.В. Екологічні проблеми водопостачання в Україні. Харків: Основа, 2019. С 324-326.
9. Marsden, T. Water Quality and Treatment. – Oxford University Press, Oxford, 2021. С 10-19.
10. Довідник з екологічної безпеки водних ресурсів / Під ред. О.М. Ковальчука. Київ: Академперіодика, 2017. С 35-68.
11. Абрамова А. С. Озонування як метод забезпечення якісної питної води. Актуальні проблеми та наукові звершення молоді на початку Третього тисячоліття :зб. Матеріалів IV наук.-практ. конф. ктудентів, магістрантів та аспірантів, 14 листоп. 2019 р., Докучаєвське; Старобільськ [та ін.]. Луган. нац. аграр. ун-т. Харків, 2019. С. 54–55.
12. Бичківський Р. В., Гонсьор О. Й. Забезпечення якості питної води за допомогою її озонування. Вісн. Нац. ун-ту «Львів. політехніка». Автоматика, вимірювання та керування. 2004. С. 117–123.

13. Жукова В. С. Виробничі дослідження очищення промислових стічних вод в біореакторах з іммобілізованими мікроорганізмами. Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. Київ, 2011. С. 45-49.
14. Хімічна очистка води. Практичний посібник. Львів: Академвидав, 2015. – С. 50–58.
15. Методичні рекомендації щодо очищення питної води ВООЗ. Київ, 2018. – С. 45–52.
16. Охріменко О. В., Гафіатулліна О. Г. Оцінка якості питної води за хімічними показниками. Таврійський науковий вісник. Херсон: Херсонський ДАУ, 2011. №77. С. 211–214.
17. Національні рекомендації щодо управління якістю води. Київ, 2021. С. 20–27.
18. Хільчевський В. К. Характеристика водних ресурсів України на основі бази даних глобальної інформаційної системи fao-aquastat. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: пер.наук. збірн. Київ: Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, 2021. С. 6–9.
19. Гомеля М. Д., Твердохліб М. М., Мігранова В. О. Каталітичне окиснення заліза в процесах знезалізнення природних та стічних вод. Матеріали XXI Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство». Київ, 2020. С. 191.
20. Стискал О.А., Петрук В.Г. Аналіз сучасних методів знезараження питної води та їх екологічна безпека. Вінниця: ВНТУ, 2011. С. 45–49.
21. Мітченко Т.М. Сучасні методи кондиціювання та очищення води: навчальний посібник. Київ: НТУУ "КПІ", 2021. С. 150.
22. Кожушко Г.М., Владимірова В.М. Технологія та установки фінішного знезараження питної води ультрафіолетовим випромінюванням. Херсон: ХДАЕУ, 2019. С. 75–90.
23. КП «Павлоградводоканал» [Електронний ресурс]: Публічна інформація, водопостачання, режим доступу-<http://surl.li/cjjuh-вільний>.

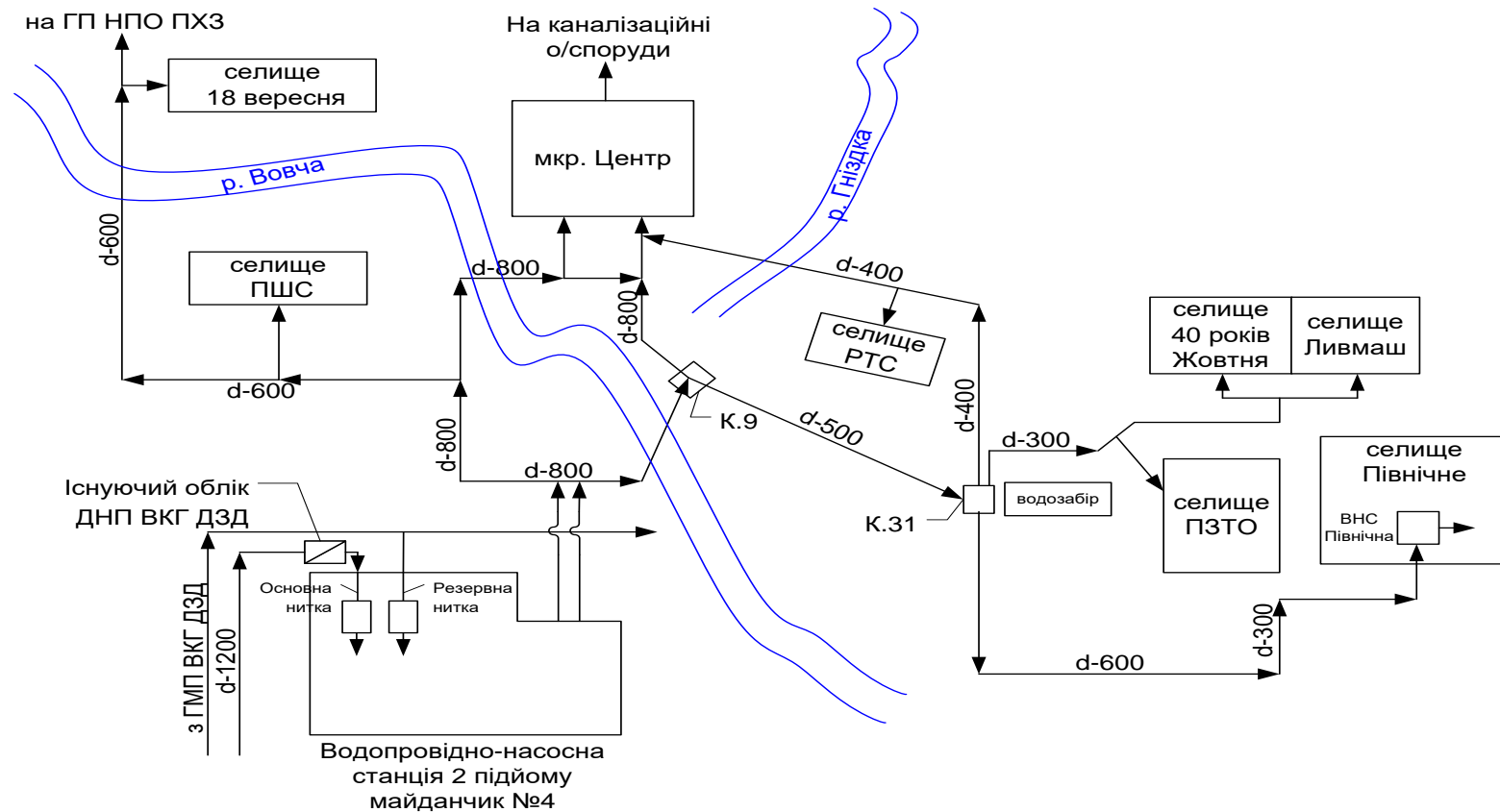
24. Орлов В. О., Назаров С. М., Орлова А. М. Водозабірні споруди: Навчальний посібник. Рівне, 2010. С 5-6.
25. Технологічний регламент експлуатації об'єктів централізованого водопостачання та водовідведення кп «Павлоградводоканал»: Затверджено Директор КП «Павлоградводоканал» О. С. Карпець, 2015.- С. 4, 5, 6, 8, 16, 38, 46, 55.
26. Айрапетян Т. С. Технологія очистки промислових стічних вод : конспект лекцій. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. С. 19, 25, 33.
27. Загальна схема очищення стічних вод: Затвердив Директор КП «Павлоградводоканал» О. С. Карпець, 2015. С. 1-8.
28. Водопостачання та водовідведення: підручник / ред. М. М. Богданов. Київ: Вища школа, 2018. С. 45–68.
29. Рудич О. М. Санітарні аспекти якості води. Київ: Здоров'я, 2017. С. 30–48.
30. Проектування систем водопостачання. Лекційні матеріали. Національний університет водного господарства. Рівне, 2019. С. 50–73.
31. Радіологічний контроль питної води: методичні рекомендації. Харків, 2020. С. 15–35.
32. Хімічна очистка води. Практичний посібник / під ред. С.І. Жданова. Львів: Академвидав, 2015. С. 60–82.
33. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води: навч. посіб. /Толстопалова Н. М. та ін. Київ: КПШ ім. Ігоря Сікорського, 2020. С. 9-24.
34. Гуменюк О. М., Чернявський І. П. Екологічна безпека водних ресурсів: монографія. Одеса: Екотех, 2020. С. 80–110.
35. Біологічні методи очищення води. Київ: Наукова думка, 2019. С. 25–50.
36. Керівництво з технологій очищення води / Інститут екологічної безпеки. Харків, 2021. С. 33–58.
37. Про затвердження Інструкції із застосування гіпохлориду натрію для знезараження води в система централізованого питного водопостачання та водовідведення: Наказ Міністерства з питань житлово-комунального

- господарства України від 18 травня 2007 року №18. Знезараження питної води [Чинний від 15.05.2015.]. Вид. офіц.- Київ, 2015.
38. Головка О. М., Белов В. А. Економіка водопостачання та водовідведення. Харків: ХНАМГ, 2010. С. 256.
39. Руденко В. О., Літвінова О. М. Економічна ефективність заходів з охорони водних ресурсів. Одеса: Чорномор'я, 2018. С. 234.
40. ГОСТ 6718-93 Хлор рідкий. Технічні умови (ИСО 2120-72, ИСО 2121-72). З поправками [Електронний ресурс]: режим доступу - https://budstandart.ua/normativ-document.html?id_doc=86762 – вільний
41. ДСТУ-НБА.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва [Електронний ресурс]: режим доступу - https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=40230 – вільний
42. Про затвердження Державних санітарних норм і правил «Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях іншого характеру»: Наказ МОЗ України від 22.04.2022 № 683.2022. С. 2-8.
43. Наказ Держпромгірнагляду № 56 від 12.03.2010. Правила безпеки при виробництві, зберіганні, транспортуванні та застосуванні хлору. – Київ, 2010.
44. Законодавство України про охорону праці (Збірник нормативних документів в 4 томах). Київ: Держнагляд охорони праці: Основа, 1995.
45. Норми безоплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам, які зайняті на роботах з радіоактивними речовинами та джерелами іонізуючого випромінювання // Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України.
46. Про затвердження нормативів безпеки праці у водопровідно-каналізаційних господарствах: Наказ Міністерства екології України № 345 від 25.05.2012. Київ, 2012. С. 27-32.

47. Техніка безпеки при роботі з сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР): Методичні рекомендації. Львів: Академвидав, 2017. С. 50-60.
48. Посібник з організації охорони праці під час роботи з небезпечними хімічними речовинами / під ред. С.І. Жданова. Харків: Екобезпека, 2018. С. 34-45.
49. Вебресурс: Інструкція з безпеки для роботи з хімічними реагентами. – URL: <https://safety-chemical.ua> (дата доступу: 22.11.2024).
50. Вебресурс: Рекомендації МОЗ щодо поводження з небезпечними речовинами. – URL: <https://moz.gov.ua/guidelines> (дата доступу: 22.11.2024).
51. Порядок використання захисних споруд цивільного захисту (цивільної оборони) для господарських, культурних та побутових потреб/Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 2009 р. № 253

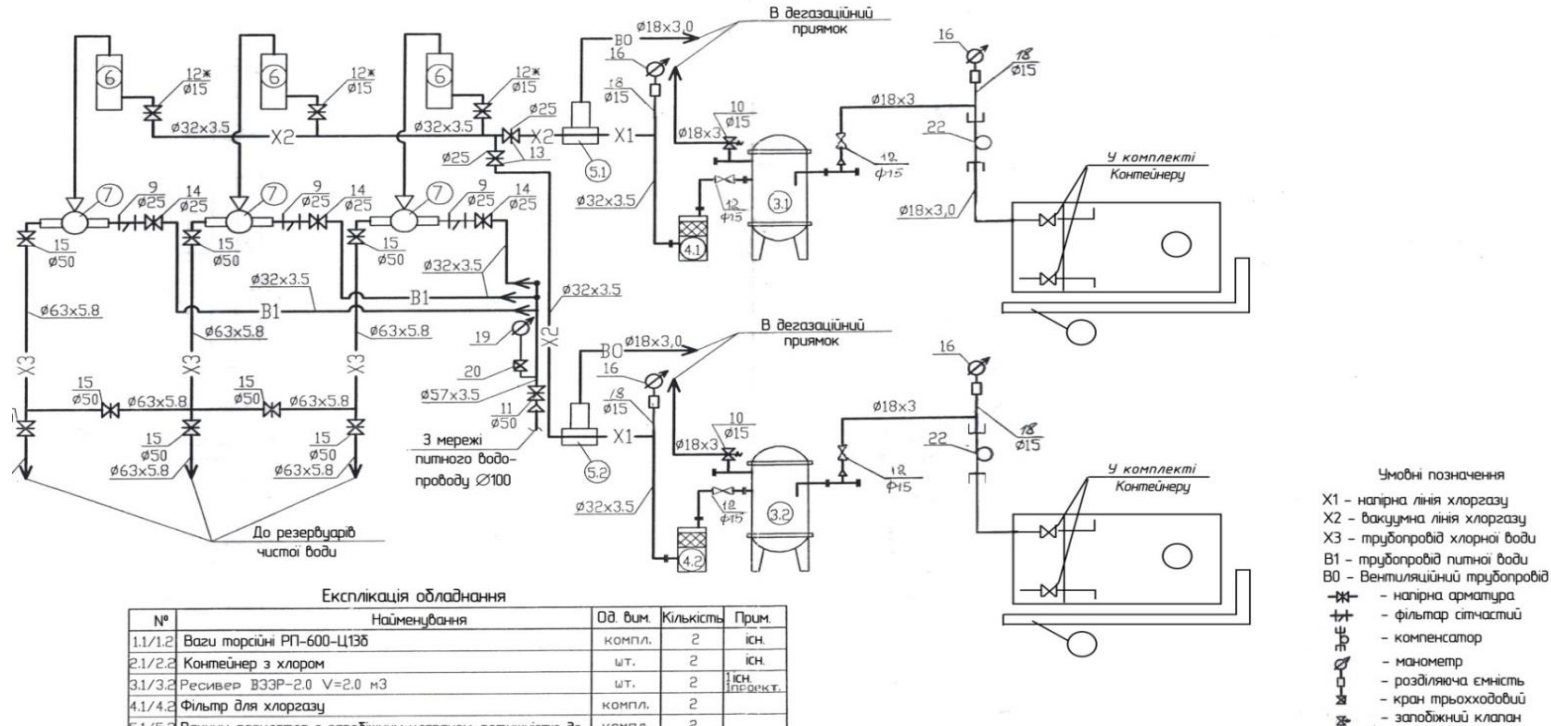
ДОДАТКИ

Схема розподільної мережі водопостачання КП «Павлоградводоканал»



Умовні позначення:

- Прилади комерційного обліку
 - Прилади, що планується встановити,
 - Прилади порайонного технологічного обліку



Експлікація обладнання

№	Найменування	Об. вим.	Кількість	Прим.
1.1/1.2	Ваги торсійні РП-600-Ц13Б	компл.	2	існ.
2.1/2.2	Контейнер з хлором	шт.	2	існ.
3.1/3.2	Ресивер ВЗЗР-2.0 V=2.0 м3	шт.	2	існ. / проект.
4.1/4.2	Фільтр для хлоргазу	компл.	2	
5.1/5.2	Вакуум-регулятор з запобіжним клапаном, потужністю до 10 кг/год	компл.	2	
6	Хлоратор типу S-10K настінний з ручним управлінням продуктивністю по хлор газу до 2 кг/год	компл.	3	11
7	Інжектор до хлоратора S-10R стандартного типу, потужністю до 5 кг/год	компл.	3	12
8	Газоаналізатор 3-х каналний Оріон-Д	компл.	2	13

Примітка
Клапан поз №12 входить в комплект поставки хлоратора

					88-02-05-TX			
3	Зам.	Власн.	11.06	Реконструкція хлораторної ВНС2 майданчику №4 водозону «Дніпро-Західний Донбас» відповідно вимогам правил безпеки при виробництві, зберіганні, транспортуванні і використанні хлору				
1	3	Власн.	02.06					
Ізм.	Кол.	Лист	Ндок.	Підпись	Дата			
Директор	Малогітний С			Хлораторна		Стадія	Лист	Листов
Викон.	Табалжанський			Принципова схема хлорування		Р	2	
						000 "Техметпром"		

Апаратурна схема хлорування води

Продовження Додатку 3

2	3	4	5	6
		3.2. Фізико-хімічні показники		
		<i>а) неорганічні компоненти</i>		
3.2.1.- 365	1 раз на добу	3.2.1. Водневий показник, один. рН	3.2.1. 6,5-8,5	До пунктів 3.2.9.:3.2.12. у разі знезараження води за допомогою хлору у період благополучної санітарно-епідеміологічної ситуації вміст залишкового хлору у воді на виході з РЧВ- у межах 0,5 мг/ дм ³ після 30 хвилин контакту хлору з водою, а вміст залишкового зв'язаного хлору – у межах 0,8-1,2 мг/ дм ³ після 60 хвилин контакту хлору з водою. За наявності у воді вільного, і зв'язаного хлору здійснюється контроль за одним з цих показників: за залишковим вільним хлором (при його концентрації понад 0,3 мг/ дм ³) або за залишковим (при концентрації залишкового вільного хлору меншій ніж 0,3 мг/ дм ³) Періодичність контролю по хлору -1 раз на годину.
3.2.2.- 365		3.2.2. Залізо загальне, мг/ дм ³	3.2.2. ≤0,2	
3.2.3.-12	1 раз на місяць	3.2.3. Загальна жорсткість, ммоль/ дм ³	3.2.3. ≤7,0	
3.2.4.-12		3.2.4. Марганець, мг/ дм ³	3.2.4. ≤0,05	
3.2.5.-12		3.2.5. Мідь, мг/ дм ³	3.2.5. ≤1,0	
3.2.6.-12		3.2.6. Поліфосфати, мг/ дм ³	3.2.6. ≤3,5	
3.2.7.-12		3.2.7. Сульфати, мг/ дм ³	3.2.7. ≤250	
3.2.8.-12		3.2.8. Сухий залишок, мг/ дм ³	3.2.8. ≤1000	
3.2.9.-8760	1 раз на годину	3.2.9. Хлор залишковий вільний, мг/ дм ³	3.2.9. ≤0,5	
3.2.10-12	1 раз на місяць	3.2.10. Хлориди, мг/ дм ³	3.2.10. ≤250	
3.2.11-12		3.2.11. Цинк, мг/ дм ³	3.2.11. ≤1,0	
		<i>б) органічні компоненти</i>		
3.2.12.-8760	1 раз на годину	3.2.12. Хлор залишковий зв'язаний, мг/ дм ³	3.2.12. ≤1,2	
		3.3. Санітарно-токсикологічні показники		
		<i>а) неорганічні компоненти</i>		
3.3.1. -12	1 раз на місяць	3.3.1. Алюміній, мг/ дм ³	3.3.1. ≤0,20	
3.3.2. -12		3.3.2. Амоній, мг/ дм ³	3.3.2. ≤0,5	
3.3.3. -12		3.3.3. Кадмій, мг/ дм ³	3.3.3. ≤0,001	
3.3.5. -12		3.3.5. Миш'як, мг/ дм ³	3.3.5. ≤0,01	
3.3.6. -12		3.3.6. Молібден, мг/ дм ³	3.3.6. ≤0,07	
3.3.7. -12		3.3.7. Натрій, мг/ дм ³	3.3.7. ≤200	
3.3.8. -365	1 раз на добу	3.3.8. Нітрати, мг/ дм ³	3.3.8. ≤50,0	
3.3.9.-12	1 раз на місяць	3.3.9. Нітрити, мг/ дм ³	3.3.9. ≤0,5	
3.3.10-12		3.3.10. Ртуть, мг/ дм ³	3.3.10. ≤0,0005	
3.3.11-12		3.3.11. Свинець, мг/ дм ³	3.3.11. ≤0,010	
3.3.12-12		3.3.12. Фториди, мг/ дм ³	3.3.12. ≤1,5	
		<i>б) органічні компоненти</i>		
3.3.16.-12		3.3.16. Формальдегід, мг/ дм ³	3.3.16. ≤0,05	
3.3.17.-12		3.3.17. Хлороформ, мг/ дм ³	3.3.17. ≤60	
		<i>б) інтегральний показник</i>		
3.3.18.-12		3.3.18. Перманганатна окислювальність, мг/ дм ³	3.3.18. ≤5,0	

Продовження Додатку 3

1	2	3	4	5	6
4.		1 раз на 3 роки	4. Контроль радіаційної безпеки		Контроль радіаційної безпеки проводиться 1 раз на три роки по сумарній альфа- активності та бета- активності.
			4.1. Показник питомої сумарної альфа- і бета-активності питної води		
	4.1.1.-1		4.1.1. Сумарна альфа- активність, Бк/ дм ³	4.1.1. ≤0,1	
	4.1.2.-1		4.1.2. Сумарна бета- активність, Бк/ дм ³	4.1.2. ≤1,0	
			4.2. Радіаційні показники безпечності питної води		
	4.2.1.-1		4.2.1. Сумарна активність природної суміші ізотопів урана, Бк/ дм ³	4.2.1. ≤1	
	4.2.2.-1		4.2.2. Питома активність ²²⁶ Ra	4.2.2. ≤1	
	4.2.3.-1		4.2.3. Питома активність ²²⁸ Ra	4.2.3. ≤1	
	4.2.4.-1		4.2.4. Питома активність ²²² Rn	4.2.4. ≤100	
	4.2.5.-1		4.2.5. Питома активність ¹³⁷ Cs	4.2.5. ≤2	
4.2.6.-1	4.2.6. . Питома активність ⁹⁰ Sr	4.2.6. ≤2			

Продовження Додатку 3

1	2	3	4	5	6
кількість проб	контролю, протягом року	норматив для питної води	Найменування аналізованих показників	Примітка	
Вода питна нецентралізована (трубчасті колодязі)					
Показники епідемічної безпеки питної води					
1.	1 раз на місяць	1. Мікробіологічні показники			
		1.1. Загальні коліформи, КУО/100см ³	1.1. ≤1	1.1. Обов'язкове визначення 1.2. Обов'язкове визначення † 1.3. Обов'язкове визначення У разі виявлення загальних коліформ, E.coli, ентерококів-повторна проба, при підтвердженні наявності – контроль на колифаги 1.6. та патогенні ентеробактерії 1.5. у разі виявлення колифагів поведуть дослідження на наявність збудників інфекційних захворювань вірусної етіології 1.7.	
		1.2. E.coli, БУО/дм ³	1.2. відсутність		
		1.3. Патогенні ентеробактерії, наявність в 1 дм ³	1.3. відсутність		
		1.4. Колифаги, БУО/дм ³	1.4. відсутність		
1.5. Ентеровіруси, аденовіруси, антигени рота вірусів, вірусу гепатиту А та ін., наявність в 10 дм ³	1.5. відсутність				
2.	1 раз у квартал	2. Паразитологічні показники			
		2.1. Патогенні кишкові найпростіші, клітини цисти в 50дм ³	2.1. відсутність		
		2.2. Кишкові гельмінти, клітини яєць, личинки в 50 дм ³	2.2. відсутність		
Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води					
2.	1 раз на місяць	3.1. Органолептичні показники			
		3.1.1. Запах, бали при t20° С; при t60° С	3.1.1. ≤3; 3.1.1 ≤3		
		3.1.2. Забарвленість, градуси	3.1.2. ≤35		
		3.1.3. Каламутність, нефелометрична одиниця каламутності (ІНОК=0,58мг/дм ³)	3.1.3. ≤3,5		
		3.1.4. Смак та присмак, бали	3.1.4. ≤3		
		3.2. Фізико-хімічні показники			
		<i>а) неорганічні компоненти</i>			
		3.2.1. Водневий показник, один. рН	3.2.1. 6,5-8,5		
		3.2.2. Залізо загальне, мг/ дм ³	3.2.2. ≤1,0		
		3.2.3. Загальна жорсткість, ммоль/ дм ³	3.2.3. ≤10,0		
		3.2.4. Марганець, мг/ дм ³	3.2.4. ≤0,5		
		3.2.5. Сульфати, мг/ дм ³	3.2.5. ≤500		
		3.2.6. Сухий залишок, мг/ дм ³	3.2.6. ≤1500		
		3.2.7. Хлор залишковий вільний, мг/ дм ³	3.2.7. ≤0,5	Після ремонту, чищення, дезінфекції 3.2.7.	
	3.2.8. Хлориди, мг/ дм ³	3.2.8. ≤350			

Продовження Додатку 3

1.	2	3	4	5	6
3.			б) органічні компоненти		
			3.2.9. Хлор залишковий зв'язаний, мг/дм ³	3.2.12. ≤1,2	Після ремонту, чищення, дезінфекції 3.2.9.
		Ізв'язаний місяць	3. Санітарно - токсикологічні показники		
			<i>а) неорганічні компоненти</i>		
	3.3.1.-12		3.3.1. Амоній, мг/дм ³	3.3.1. ≤2,6	
	3.3.2.-12		3.3.2. Нітрати, мг/дм ³	3.3.8. ≤50,0	
	3.3.3.-12		3.3.3. Нітроти, мг/дм ³	3.3.9. ≤3,3	
	3.3.4.-12		3.3.4. Фториди, мг/дм ³	3.3.12. ≤1,5	
			<i>б) інтегральний показник</i>		
	3.3.5.-12		3.3.5. Перманганатна окиснюваність, мг/дм ³	3.3.13. ≤5,0	

Примітка:

Радіаційний та вірусологічний контроль питної води КП „Павлоградводоканал” здійснює лабораторія обл... ССС м. Дніпропетровська; показники контролює лабораторія гор. ССС м. Павлограда (згідно договорам між підприємством та установами санітарного контролю).

Розроблено:

Зав. лабораторією КП „Павлоградводоканал”



Н.Г. Митрофанова

Узгоджено:

Гол. інженер КП „Павлоградводоканал”



О.М. Горбачевський