

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИНИХ ПОЛІМЕРІВ**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Микола ГОМЕЛЯ

«___» _____ 2025 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Екологічна безпека»

зі спеціальності 101 «Екологія»

на тему: «Удосконалення технологічної схеми підготовки питної води на

ПрАТ "Фармацевтична фірма "Дарниця""»

Виконала:

студентка ІV курсу, групи ЛЕ-11

Максимець Анастасія Арсеніївна

Керівник:

доц., к.т.н. Крисенко Т. В.

Консультант з розділу «Охорона праці»:

ст. викл., к.т.н. Ковтун А.І.

Рецензент:

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студентка _____

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет**

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 101 «Екологія»

Освітньо-професійна програма «Екологічна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ Микола ГОМЕЛЯ

«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студентки
Максимець Анастасії Арсеніївни

1. Тема проекту: «Удосконалення технологічної схеми підготовки питної води на ПрАТ "Фармацевтична фірма "Дарниця""», керівник проекту доц., к.т.н. Крисенко Тамара Володимирівна, затверджені наказом по університету від 20.05.2025 № 1653-С.

2. Термін подання студентом проекту: _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи): витрата води – 1510 м³/добу; рН = 7,74 – 8,17; каламутність – 1,5-1,95 мг/дм³; концентрація загального заліза – 0,36-0,66 мг/дм³; лужність – 4,65 – 4,75 мг-екв/дм³; жорсткість – 4,2-4,25 мг-екв/дм³; концентрація сульфатів – 27-29 мг/дм³; концентрація хлоридів – 62,1-65,7 мг/дм³.

4. Зміст пояснювальної записки: вступ; технологічна частина; характеристики вихідної та вимоги до очищеної води; розробка та обґрунтування технологічної схеми очищення води; теоретичні данні про хімічні і фізичні процеси, що реалізуються в даній технологічній схемі водоочищення; матеріальний баланс; технологічні та гідравлічні розрахунки

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

очисних споруд; будівельна частина; охорона праці; висновки; перелік посилань; додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема, поздовжній та поперечний розрізи приміщення, розріз ємності для зберігання води питної якості, зведений матеріальний баланс.

6. Консультант розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали, та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	ст. викл., к.т.н. Ковтун А.І.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Отримання завдання		
2	Розроблення технологічної схеми та наведення її обґрунтування		
3	Розрахунок матеріального балансу		
4	Проведення технологічних та гідравлічних розрахунків		
5	Виконання будівельної частини		
6	Оформлення пояснювальної записки		

Студент (-ка) _____

Анастасія МАКСИМЕЦЬ

Керівник проєкту _____

Тамара КРИСЕНКО

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП ЛЕ11.00.003 ПЗ	Пояснювальна записка	62	
3	A1	ДП ЛЕ11.01.003 ТК	Технологічна схема	1	
4	A1		Таблиця вихідних даних	1	
5	A1		Схема матеріального балансу	1	
6	A1	ДП ЛЕ11.02.003 ТК	Поперечний розріз цеху	1	
7	A1	ДП ЛЕ11.03.003 ТК	План розміщення очисних споруд у цеху	1	
8	A1	ДП ЛЕ11.04.003 ТК	Поздовжній розріз цеху та розріз ємності зберігання води питної якості	1	
9	A1		Висновки	1	

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему:
«Удосконалення технологічної схеми підготовки
питної води на ПрАТ "Фармацевтична фірма "Дарниця" »

Київ – 2025

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект на тему: «Удосконалення технологічної схеми підготовки питної води на ПрАТ "Фармацевтична фірма "Дарниця"».

Загальний об'єм пояснювальної записки – 62 сторінки, таблиць – 6, рисунків – 8, аркушів креслень – 4.

Метою проекту є модернізація технологічної схеми підготовки питної води на ПрАТ «Фармацевтична фірма “Дарниця”», аналіз та вибір найефективніших технологій очищення води для проектування технологічної схеми.

Об'єктом розробки є технологічна схема очищення артезіанських вод відповідно до норм якості питної води.

Пояснювальна записка включає: вступ; технологічну частину з описом вихідної та обґрунтуванням удосконаленої технологічної схеми, розрахунок матеріального балансу; гідравлічні розрахунки; будівельну частину; охорону праці; висновки; список використаних джерел; додатки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, АРТЕЗІАНСЬКІ ВОДИ, ГПОХЛОРИТ НАТРИЮ, ФЛОКУЛЯНТ, КОАГУЛЯНТ, ФІЛЬТРУВАННЯ.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Diploma project on the topic: "Improvement of the technological scheme of drinking water preparation at the Pharmaceutical Firm "Darnitsa" PrJSC".

The explanatory note comprises 62 pages in total, containing 6 tables, 8 figures, and 4 drawing sheets.

The purpose of the project is to modernize the technological scheme of drinking water treatment at the PrJSC "Pharmaceutical Firm «Darnitsa»", to analyze and select the most effective water treatment technologies for the design of the technological scheme.

The object of development is a technological scheme for the treatment of artesian water in accordance with drinking water quality standards.

The explanatory note includes: introduction; technological part with a description of the original and justification of the improved technological scheme, calculation of the material balance; hydraulic calculations; construction part; labor protection; conclusions; list of references; appendices.

KEYWORDS: TECHNOLOGICAL SCHEME, ARTESIAN WATER, SODIUM HYPOCHLORITE, FLOCCULANT, COAGULANT, FILTRATION, FILTRATION PROCESS.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	11
1.1 Технології очищення води питного призначення.....	11
1.2 Технологічні схеми очищення води для застосування в фармації	13
1.3 Характеристики джерела водопостачання	16
1.4 Вимоги до якості очищеної води для фармацевтичних потреб	17
1.4.1 Органолептичні та фізико-хімічні показники якості питної води ..	19
1.5 Опис та обґрунтування технологічної схеми	21
1.6 Технологічні процеси, які реалізуються при очищенні	25
1.7. Матеріальний баланс	27
1.7.1 Вихідні дані до матеріального балансу.....	27
1.7.2 Розрахунок матеріального балансу	28
1.7.3 Блок-схема матеріального балансу	33
2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ УСТАНОВОК.....	34
2.1 Проектування приймальної камери.....	34
2.2 Проектування розчинних та витратних баків	34
2.3 Проектування йоршових змішувачів	35
2.4 Проектування тонкошарового відстійника	36
2.5 Проектування камери пластівцеутворення з завислим шаром осаду	37
2.6 Проектування фільтра.....	38
2.7 Проектування резервуару очищеної води	40

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.8 Розрахунок резервуару-усереднювача	40
2.9 Проектування шламосховища.....	41
2.10 Проектування фільтр-пресу	41
2.11 Вибір УФ-ламп	42
3. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	43
3.1. Конструктивні вирішення будівлі	44
3.2 Розміщення технологічних споруд.....	48
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	50
4.1 Обслуговуючий персонал.....	50
4.2 Вимоги до технологічного процесу та стану обладнання	50
4.3 Вимоги до виробничих приміщень	51
4.4 Заходи безпеки.....	52
4.5 Захист від шуму та вібрацій	53
4.6 Опалення та вентиляція	54
4.7 Внутрішній трубопровід та система каналізації	55
4.8 Методи контролю вимог безпеки	55
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ.....	Помилка! Закладку не визначено.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Природні водні джерела - річки, озера, підземні водоносні горизонти - слугують основою для виробництва питної та технічної води. Проте їх природний стан рідко відповідає сучасним стандартам якості, що зумовлює необхідність комплексної обробки. Вода відіграє ключову роль у виробничому циклі фармацевтичної галузі, де вона використовується як розчинник, сировинний компонент, елемент охолодження тощо. Від якості води залежить стабільність, безпечність і ефективність лікарських засобів. В умовах посилення вимог регуляторних органів до стандартів якості води (Ph. Eur., USP, GMP), на фармацевтичних підприємствах зростає потреба у впровадженні сучасних, надійних і енергоефективних технологій водопідготовки.

Приватне акціонерне товариство «Фармацевтична фірма «Дарниця»» — є одним із провідних виробників лікарських засобів в Україні, з понад 90-річною історією та сертифікованим виробництвом за стандартами GMP. Компанія активно впроваджує сучасні технології очищення води, що відповідають найвищим фармацевтичним стандартам.

Запропонована технологічна схема підготовки води питної якості має на меті удосконалення уже існуючої схеми водоочищення на фармацевтичному підприємстві, її автоматизацію та модернізацію відповідно до чинних нормативних стандартів.

Для розробки удосконаленої схеми водопідготовки враховувались вихідні показники якості артезіанської води в свердловинах, необхідний об'єм води для задоволення потреб виробництва та розміри існуючої будівлі насосної станції для дотримання економічної доцільності проекту.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Технології очищення води питного призначення

Розробка ефективних систем водоочищення базується на фундаментальному принципі відповідності між властивостями вихідного водного ресурсу та стандартами якості кінцевого продукту. Цей принцип застосовується у всіх галузях виробництва, але особливо критичний у водопідготовці, де від якості обробки залежить здоров'я споживачів та ефективність технологічних процесів.

Стратегія водоочищення формується на основі детального аналізу фізико-хімічних, біологічних та органолептичних характеристик водного джерела з урахуванням специфічних потреб кінцевого споживача. Важливим аспектом є моніторинг сезонних змін якості води, адже весняні паводки, літні цвітіння водоростей або зимові процеси можуть кардинально змінювати склад води.

Сучасні підходи до проектування систем водоочищення ґрунтуються на принципах системного аналізу та багатокритеріальної оптимізації. Спеціалісти враховують не лише технічні аспекти, але й економічну доцільність, екологічну безпеку та соціальну значущість проектів.

Процес вибору оптимальної технології включає декілька етапів:

- Комплексний аналіз якості вихідної води
- Визначення цільових показників очищення
- Порівняльна оцінка альтернативних технологій
- Техніко-економічне обґрунтування рішень

Екологічна експертиза запропонованих рішень.

1.1.1 Класифікація процесів водопідготовки

Цикл підготовки води поділяється на такі основні групи процесів: покращення органолептичних характеристик, забезпечення епідеміологічної безпеки, та кондиціонування мінерального складу.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-Покращення органолептичних характеристик.

Освітлення води є одним із найважливіших процесів, спрямованих на видалення завислих речовин, які погіршують прозорість води та можуть слугувати носіями патогенних мікроорганізмів.

Сучасні методи освітлення включають:

- Гравітаційне відстоювання у спеціалізованих резервуарах, де під дією сили тяжіння важчі частинки осідають на дно
- Центрифугування та гідроциклонна сепарація для видалення грубодисперсних домішок
- Флотаційні технології, де забруднювачі виносяться на поверхню за допомогою мікробульбашок повітря
- Багатошарове фільтрування через різні фільтруючі матеріали

Революційним досягненням стало впровадження коагуляційних процесів. Коагулянти це спеціальні хімічні речовини які призводять до злипання дрібних частинок у великі агрегати, що значно прискорює їх осадження. Цей процес особливо ефективний у поєднанні з флокуляцією, коли додаткові реагенти сприяють утворенню пластівців.

Знебарвлення води спрямоване на усунення природних та штучних барвників, які надають воді неприємного відтінку. Основні методи включають:

- Окисне знебарвлення з використанням хлору, озону або перманганату калію
- Адсорбційне очищення на активованому вугіллі
- Мембранні технології для видалення молекулярних забарвлювачів
- Мікробіологічна стерилізація

-Забезпечення епідеміологічної безпеки води.

Це критично важливе завдання, особливо в умовах зростання антибіотикорезистентності патогенів.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Хлорування залишається найпоширенішим методом дезінфекції завдяки своїй ефективності та економічності, а розвиток технологій дозволив удосконалити цей процес:

- Диференційоване хлорування з урахуванням сезонних особливостей
- Подвійне хлорування для усунення стійких забруднювачів
- Дехлорування для усунення залишкового хлору та його побічних продуктів

Озонування набуває популярності як екологічно чистий метод, що не залишає токсичних залишків у воді. Озон ефективно знищує віруси, бактерії та найпростіші, одночасно покращуючи органолептичні властивості води.

Ультрафіолетова стерилізація використовує бактерицидні властивості УФ-випромінювання для руйнування ДНК мікроорганізмів без використання хімічних реагентів.

-Корекція мінерального складу.

Знезалізнення є особливо актуальним для підземних вод, багатих на сполуки заліза:

- Аерація з наступним окисленням та фільтруванням
- Каталітичне окислення на спеціальних фільтруючих матеріалах
- Реагентні методи з використанням окисників

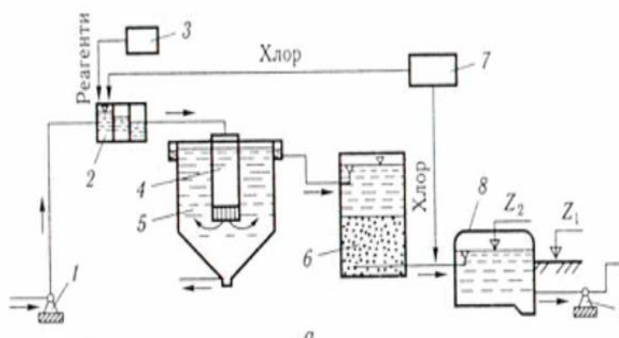
Фторування води проводиться у регіонах з дефіцитом природного фтору для профілактики карієсу. Процес вимагає точного дозування, оскільки надлишок фтору може призвести до флюорозу.

1.2 Технологічні схеми очищення води для застосування в фармації

Невід'ємною частиною виробництва будь-якого підприємства фармацевтичної промисловості є підготовка (очищення) різних типів води, що обумовлено широким спектром напрямків застосування води. Проектування ефективної системи водоочищення вимагає оптимального поєднання різних

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

процесів у єдину технологічну схему. Класична схема обробки поверхневих вод включає попередню обробку, коагуляцію та флокуляцію, освітлення, фільтрування, дезінфекцію та кондиціонування.



1— насосна станція першого підйому; 2 — змішувачі; 3 — реагентний цех; 4 — коловоротна камера пластівцеутворення; 5 - вертикальний відстійник; 6 — швидкі фільтри; 7 — хлораторна; 8 — резервуари чистої води; 9 — насосна станція другого підйому

Рис. 1 – Універсальна технологічна схема очищення води

Фармацевтична індустрія характеризується найвищими стандартами якості продукції, що зумовлює особливі вимоги до всіх компонентів виробничого процесу, включаючи воду. Водопідготовка становить критично важливий елемент фармацевтичного виробництва, оскільки вода виступає не лише як розчинник та реакційне середовище, але й як основний компонент багатьох лікарських форм.

Сучасне фармацевтичне виробництво оперує чотирма основними категоріями води, кожна з яких має специфічні характеристики та сфери застосування: вода питна, що використовується для технічних потреб, миття обладнання та приготування технологічних розчинів, демінералізована вода, що характеризується зниженим вмістом розчинених солей та застосовується у процесах, де присутність іонів може негативно впливати на якість продукції, вода очищена, та вода для ін'єкцій, що характеризується відсутністю пірогенних речовин та використовується для виготовлення стерильних парентеральних препаратів.

Якість фармацевтичної води регламентується міжнародними фармакопейними стандартами, що забезпечують уніфікацію вимог на

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

глобальному рівні. Фармакопейні статті детально визначають фізико-хімічні, мікробіологічні та токсикологічні параметри кожної категорії води, встановлюючи жорсткі критерії прийнятності.

Розробка ефективної системи водопідготовки для фармацевтичних підприємств базується на принципах багатобар'єрного очищення, що передбачає послідовне застосування різних технологій для досягнення максимального ступеня очищення при оптимальних економічних витратах. Початковий етап включає грубе очищення води від великофракційних домішок за допомогою барабаних сіток або інших механічних пристроїв. Цей процес запобігає засміченню подальшого обладнання та забезпечує стабільність роботи системи. На етапі коагуляції та флокуляції здійснюється введення реагентів у спеціалізованому змішувальному обладнанні. У камері флокуляції відбувається утворення великих агрегатів із дрібних частинок забруднювачів. Розміри камери та режим перемішування оптимізуються для максимальної ефективності процесу. Далі сформовані агрегати видаляються у відстійних спорудах під дією сили тяжіння. Вибір між вертикальними та горизонтальними відстійниками визначається продуктивністю системи та особливостями оброблюваної води.

Заключний етап передбачає знезараження очищеної води для забезпечення мікробіологічної безпеки. Методи дезінфекції обираються з урахуванням подальшого призначення води після чого очищена вода надходить до резервуарів чистої води, обладнаних системами підтримання якості та запобігання вторинному забрудненню. Розподільча мережа забезпечується насосними станціями другого підйому, що гарантують стабільний тиск та безперебійне постачання.

Особливості адаптації для фармацевтичних потреб вимагають модифікації базової схеми тож для отримання води фармакопейної якості базова схема може доповнюватися спеціалізованими блоками, зокрема

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

іонообмінними установками для глибокої демінералізації, мембранними системами зворотного осмосу, та ультрафіолетовими стерилізаторами для додаткової дезінфекції.

Фармацевтичні системи водоочищення обов'язково обладнуються автоматизованими системами моніторингу, що забезпечують безперервний контроль критичних параметрів та своєчасне виявлення відхилень від нормативних показників. Сучасні тенденції у фармацевтичному водоочищенні спрямовані на впровадження "зелених" технологій, зниження енергоспоживання та мінімізацію утворення відходів при збереженні найвищих стандартів якості продукції.

1.3 Характеристики джерела водопостачання

Фармацевтичні підприємства потребують стабільного забезпечення якісною водою для виробничих процесів. Вибір джерела водопостачання є стратегічним рішенням, що впливає на якість продукції, економічну ефективність та надійність виробництва. Приватне акціонерне товариство «Фармацевтична фірма «Дарниця»» використовує як муніципальне водопостачання, так і власні артезіанські свердловини, що забезпечують високоякісну воду для виробничих потреб.

Застосування артезіанських свердловин дозволяє отримати повний контроль над джерелом водопостачання та якістю води, що має стабільний хімічний склад через захищеність від поверхневого забруднення. Таким чином з'являється можливість оптимізації систем очищення під конкретний склад води у свердловинах.

Основним недоліком використання власних свердловин для водопостачання є потреба в їх постійному технічному обслуговуванні. Варто зазначити, що продуктивність окремої свердловини обмежена тож виникає ризик виснаження водоносного горизонту при інтенсивному використанні.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль якості джерел водопостачання здійснюється за міжнародними нормами якості питної води. Стандарти ВООЗ регламентують 99 різних параметрів, американські норми ЕРА включають 87 показників, тоді як європейські директиви ЄС встановлюють контроль за 49 індикаторами. Кількість контрольованих параметрів зростає через удосконалення аналітичних методів та нові дослідження токсичності речовин.

1.4 Вимоги до якості очищеної води для фармацевтичних потреб

Якість очищеної води є критично важливим фактором для безпечності та ефективності лікарських засобів. 4-е видання Керівництва ВООЗ з якості питної води, що включає перше та друге доповнення, базується на понад 60-річному досвіді ВООЗ у галузі якості питної води та формує авторитетну основу для встановлення національних норм і стандартів безпеки води.

Вода широко використовується як сировина, інгредієнт та розчинник у процесах обробки, формулювання та виробництва фармацевтичних продуктів, активних фармацевтичних інгредієнтів та проміжних продуктів. Стандарти Американської фармакопеї (USP) та Європейської фармакопеї (EP) вимагають контролю загального органічного вуглецю (ТОС) у воді, що використовується у фармацевтичному виробництві.

Питна вода (Potable Water) – це базова категорія води, що не описана у монографії фармакопеї, але вона має відповідати вимогам щодо якості води. ВООЗ встановлює міжнародні норми якості води та охорони здоров'я у формі керівних принципів, які використовуються як основа для регулювання та встановлення стандартів у всьому світі. Вода питна застосовується на початкових етапах виробництва для очищення обладнання, а також як вихідний матеріал для отримання води вищих категорій якості.

Очищена вода (Purified Water, PW) призначена для виготовлення неін'єкційних лікарських форм та як розчинник для аналітичних процедур. Очищена вода повинна відповідати суворим специфікаціям і пороговим

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значенням, включаючи параметри загального органічного вуглецю (ТОС), а також електропровідність, бактерії, рН, хлор, сульфати, аміак, кальцій, речовини що окиснюються, та ендотоксини.

Очищену воду отримують за допомогою дистиляції, іонного обміну, зворотнього осмосу, або з використанням комбінованих методів.

Високоочищена вода (Highly Purified Water, HPW) використовується для виготовлення препаратів, що потребують найвищої мікробіологічної якості, за винятком парентеральних форм. Згідно з Європейською фармакопеею EP 2.2.44, високоочищена вода повинна мати провідність не більше 1,0 мкСм/см при 25°C. Методами отримання є: подвійний зворотний осмос, комбінація RO з ультрафільтрацією, електродеіонізація (EDI), ультрафіолетове опромінення. Високоочищена вода має відповідати стандартам якості води для ін'єкцій, проте способи її отримання вважаються менш надійними тож вона є непридатною для застосування замість води для ін'єкцій.

Вода для ін'єкцій (Water for Injection, WFI) являє собою спеціально підготовлену рідину, призначену для створення парентеральних лікарських засобів. Стерильна вода для ін'єкцій використовується як основний компонент або розчинник для активних речовин та готових препаратів безпосередньо перед їх застосуванням.

Моніторинг хімічної чистоти ін'єкційної води передбачає підтримання постійної мікробіологічної безпеки через ефективне усунення патогенних бактерій та їхніх токсичних продуктів життєдіяльності. Основним методом отримання є дистиляція, що характеризується довготривалою історією стабільних результатів та піддається валідації як самостійна технологічна операція. З цієї причини дистиляція наразі визнається єдиним офіційно затвердженим способом отримання якісної ін'єкційної води.

Об'ємну ін'єкційну воду виготовляють з вихідної рідини, що задовольняє критерії якості питної води згідно з офіційними стандартами, або з попередньо

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

очищеної води методом дистиляції. Дистиляційне обладнання повинно мати компоненти, що контактують з водою, виготовлені з інертного скла, кварцового матеріалу або сумісного металу. Обов'язковою є наявність надійної системи захисту від потрапляння крапель. Регулярне та правильне технічне обслуговування устаткування має першочергове значення для забезпечення якості продукції.

Протягом усього циклу виробництва та зберігання необхідно застосовувати відповідні методи для забезпечення належного контролю та постійного моніторингу загальної чисельності живих аеробних мікроорганізмів.

1.4.1 Органолептичні та фізико-хімічні показники якості питної води

Таблиця 1.4.1 – Вимоги до показників очищеної води

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Вимоги до показників очищеної води
2	Забарвленість	градуси	≤ 10
3	Каламутність	нефелометрична одиниця каламітності (1 НОК = 0,58 мг/л)	$\leq 0,5$
4	Смак і присмак	бали	≤ 0 (2) ⁻³
5	Водневий показник	Одиниці рН	6,5-8,5
6	Діоксид вуглецю	%	0,2-0,3 - для слабогазованої 0,31-0,4 - для середньогазованої > 0,4 - для сильногазованої
7	Залізо загальне	мг/л	$\leq 0,2$

8	Загальна жорсткість	ммоль/л	$\leq 7,0$
9	Загальна лужність	ммоль/л	$\leq 6,5$
10	Йод	мкг/л	≤ 50
11	Кальцій	мг/л	≤ 130
12	Магній	мг/л	≤ 80
13	Марганець	мг/л	$\leq 0,05$
14	Мідь	мг/л	$\leq 1,0$
15	Поліфосфати (за PO_4^{3-})	мг/л	$\leq 0,6 (3,5)^{-3}$
16	Сульфати	мг/л	≤ 250
17	Сухий залишок	мг/л	≤ 1000
18	Хлор залишковий вільний	мг/л	$\leq 0,05$
19	Хлориди	мг/л	≤ 250
20	Цинк	мг/л	$\leq 1,0$
21	Хлор залишковий зв'язаний	мг/л	$< 0,05$
30	Нітрати (за NO_3)	мг/л	$\leq 10 (50)^{-3}$
41	Перманганатна окиснюваність	мг/л	$\leq 2,0 (5,0)^{-3}$

Дотримання міжнародних фармакопейних стандартів гарантує безпечність кінцевого продукту, стабільність препаратів та відповідність вимогам належної виробничої практики (GMP).

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5 Опис та обґрунтування технологічної схеми

В результаті проведення аналізу роботи насосної станції очищення води на ПрАТ “Дарниця” була обрана удосконалена технологічна схема, що представлена на Рис. 1.5.

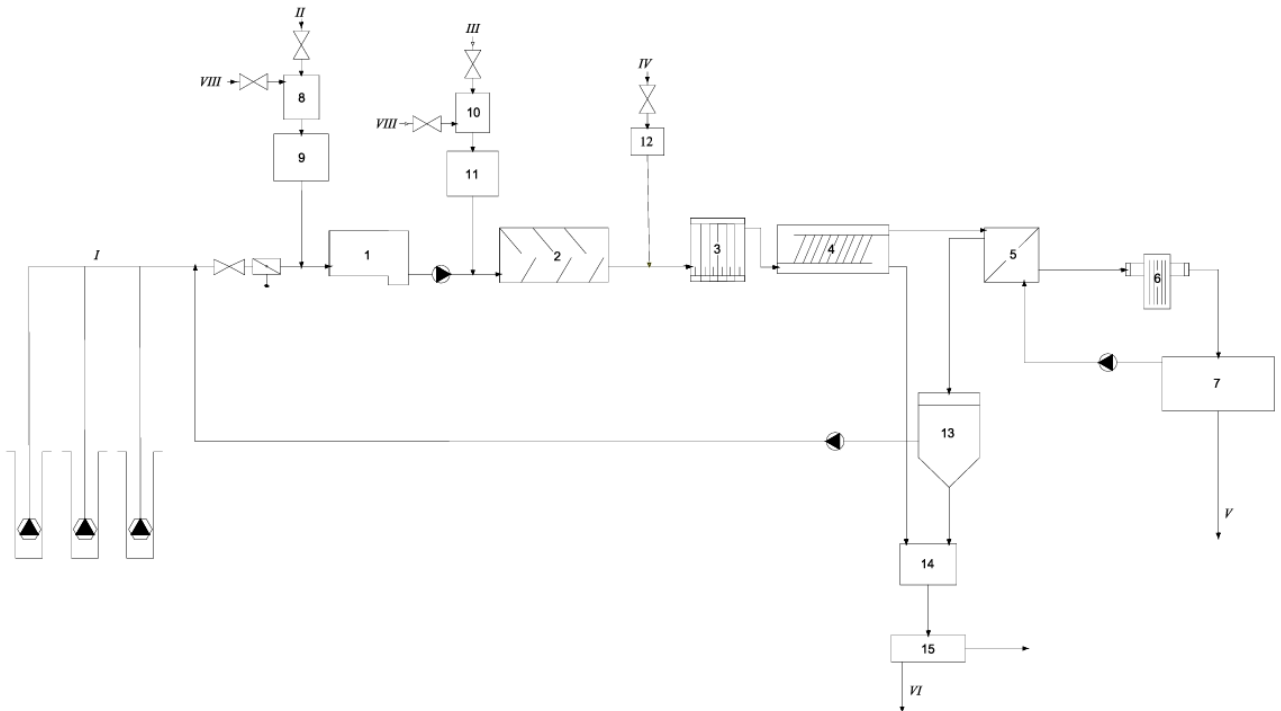


Рис. 1.5 – Технологічна схема:

1 - приймальний резервуар; 2 - змішувач; 3 - камера пластівцеутворення; 4 - тонкошаровий відстійник; 5 - напорний фільтр; 6 - ультрафіолетовий стерилізатор; 7 - резервуар очищеної води; 8 - розчинний бак гіпохлорит натрію; 9 - витратний бак гіпохлорит натрію; 10 - розчинний бак коагулянту; 11 - витратний бак коагулянту; 12 - витратний бак флокулянту; 13 - резервуар-усереднювач; 14 - шламосховище; 15 - фільтр-прес; I - подача води зі свердловин до приймального резервуару; II - подача гіпохлорит натрію; III - подача коагулянту; IV - подача флокулянту; V - подача води на підприємство після очищення; VI - скид води у каналізацію; VII – подача води до розчинних баків.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розробка даної принципової схеми ґрунтувалась на декількох найважливіших принципах:

- вихідні показники якості артезіанської води в свердловинах;
- необхідний об'єм водоспоживання для потреб фармацевтичного виробництва;
- збереження розмірів існуючої будівлі насосної станції.

Запропонована багатоступенева схема водоочистки включає механічне фільтрування, хімічну обробку та комбіновану дезинфікацію, що забезпечує отримання води питної якості відповідно до діючих стандартів. Наявність завислих речовин чи заліза у воді, що використовується у фармацевтичному виробництві, може призводити до утворення осаду в реакторах та трубопроводах, появи біоплівки, погіршення якості мембранної фільтрації. Навіть при низьких концентраціях (0,3–1,0 мг/л) залізо негативно впливає на якість фармацевтичної води, викликає забарвлення, осад, плівки на поверхнях та інгібує фільтраційні системи. Тому його повне видалення є обов'язковим етапом у водопідготовці згідно з вимогами Ph. Eur., USP та GMP.

Удосконалена технологічна схема є оптимальним рішенням для фармацевтичного підприємства, що дозволяє отримувати воду стабільно високої якості при мінімальних експлуатаційних витратах.

В процесі забору води на потреби підприємства при зниженні рівня води в ємності зберігання спрацьовує датчик мінімального рівня, що приводить в роботу насоси в свердловинах, після чого відкривається автоматичний впускний клапан. Так вода надходить в установку де відбувається хлорування гіпохлоритом натрію NaOCl для того щоб окиснити залізо Fe^{2+} до Fe^{3+} , а також для часткового знезараження.

Приймальний резервуар (1) – це ємність для збору та зберігання артезіанської води перед її подачею на очищення. Резервуар забезпечує

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рівномірне постачання води до системи очищення та дозволяє здійснювати попереднє змішування реагентів.

Після приймального резервуару (1) в артезіанську воду, пропорційно її витраті, додається коагулянт - 5% розчин трихлористого заліза $FeCl_3$. Витрата розчину трихлористого заліза програмується на щиті управління насоса-дозатора у кількості близько 2г $FeCl_3$ на 1 м² води. Дозатор розчину трихлористого заліза включається автоматично на час вступу води у систему.

Змішувач (2) використовується для інтенсивного перемішування води з коагулянтом та забезпечення рівномірного розподілу реагенту по всьому об'єму води, він створює оптимальні гідродинамічні умови для початку процесу коагуляції.

Після змішувача (2) у воду додається флокулянт, вона поступає до камери пластівцеутворення (3), що використовується для утворення великих, легко осаджуваних пластівців від додавання флокулянту, а також забезпечує повільне перемішування води для зростання пластівців без їх руйнування.

Наступним етапом є надходження води до тонкошарового відстійника (4), що забезпечує інтенсивне осадження зважених речовин в умовах ламінарного потоку. Додавання відстійника у даній технологічній схемі зменшить навантаження на фільтри.

Піщані фільтри або фільтри з кварцовим піском є класичним методом вилучення осадженого заліза. Гравітаційна фільтрація зберігає ефективність за умови правильного підбору швидкості і регулярного зворотного промивання фільтруючого шару.

З фільтрів (5) очищена вода проходить через ультрафіолетовий стерилізатор (6) – обладнання для знезараження води без використання хімічних реагентів. Стерилізатор використовує УФ-випромінювання для усунення бактерій і вірусів, та має високий ступінь ефективності проти патогенних мікроорганізмів. З нього вода потрапляє в ємність зберігання

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

питної води. Резервуар (7) використовується для зберігання очищеної води після всіх етапів очищення, крім того, його режим роботи – наповнення та відведення – передбачено так, що в ньому постійно знаходиться не менше 200 м3 води. Це забезпечить годинний запас води для зовнішнього пожежогасіння додатково до двох незалежних джерел води, кожен із яких забезпечує необхідну витрату води для пожежогасіння.

Регенерація фільтрів проводиться за результатами фізико-хімічних показників, здійснюється потоком води знизу вгору, та реалізується коли концентрація заліза у воді при виході з фільтра перевищує 0,05 мг/л, значення каламутності води перевищує 1,0 мг/л, а також у разі перепаду тиску на вході та виході фільтра.

Промивні води збираються у резервуар-усереднювач (13) – ємність для збору та усереднення промивних вод з фільтрів. Резервуар забезпечує рівномірне надходження промивних вод на повторну обробку та запобігає високому навантаженню на систему. За допомогою насоса вода з резервуару (13) відкачуються на початок системи, де для запобігання утворенню біоплівки в фільтрах у воду дозується розчин гіпохлориту натрію.

Осад з резервуару (13) потрапляє до шламосховища (14), що використовується для накопичення та зберігання продукту, який утворюється в процесі очищення води.

Останнім етапом є фільтр-прес (15) для остаточного зневоднення залишків шляхом фільтрації під тиском. Фільтр-прес забезпечує отримання осаду з мінімальною вологістю для його подальшої утилізації.

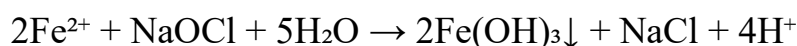
За сигналом датчика верхнього рівня води у збірнику питної води, коли цей рівень досягає 9м, установка автоматично вимикається та переходить у режим очікування. Увімкнення установки відбувається, коли рівень води у збірнику питної води зменшиться до мінімального значення у 7 м.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

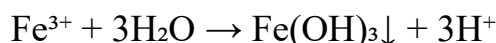
1.6 Технологічні процеси, які реалізуються при очищенні

Завислі речовини та сполуки заліза є типовими забруднювачами природної води, особливо з підземних джерел. Залізо зазвичай присутнє у воді у вигляді двовалентного (Fe^{2+}) або тривалентного (Fe^{3+}) іонів, а також у комплексних сполуках з органічними речовинами. При наявності Fe^{2+} його необхідно перевести в Fe^{3+} , а вже потім осадити і видалити через фільтрацію. Процес очищення артезіанської води за даною технологічною схемою ґрунтується на комплексному застосуванні фізико-хімічних методів, спрямованих на видалення заліза, завислих речовин та мікроорганізмів.

На першому етапі водоочистки відбувається окиснення двовалентного заліза за допомогою гіпохлорит натрію, що діє як потужний окисник, перетворюючи Fe^{2+} у Fe^{3+} . Основна хімічна реакція окиснення має вигляд:



Паралельно протікає реакція гідролізу тривалентного заліза з утворенням гідроксиду:

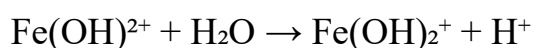
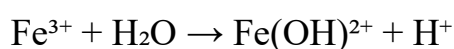


Утворений гідроксид заліза має колоїдну природу та створює характерне забарвлення води від жовтуватого до червоно-коричневого відтінку. Ці колоїдні частинки володіють негативним зарядом та потребують коагуляції для ефективного видалення.

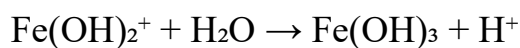
Трихлористе залізо виступає як коагулянт катіонного типу, нейтралізуючи негативний заряд колоїдних часток. При розчиненні у воді FeCl_3 дисоціює з утворенням активних іонів:



Гідроліз іонів тривалентного заліза створює позитивно заряджені гідроксокомплекси:



					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Ці гідроксокомплекси адсорбуються на поверхні негативно заряджених колоїдних часток, знижуючи їх електрокінетичний потенціал.

Інтенсивне перемішування у змішувачі забезпечує рівномірний розподіл коагулянту та максимальний контакт з колоїдними частинками. Оптимальне значення рН для коагуляції трихлористим залізом становить 6,0-7,5, при якому досягається найефективніша дестабілізація колоїдів.

Камера пластівцеутворення призначена для агрегації дестабілізованих частинок у великі пластівці завдяки чому стає можливим їх затримання у фільтрах.

Промивні води містять високі концентрації зважених речовин та розчинених солей заліза. Їх повторне використання потребує попереднього усереднення у спеціальному резервуарі. Механічне зневоднення осаду після очистки води у фільтр-пресі дозволяє досягти його вологості 60-65%, що значно зменшує об'єм відходів для утилізації.

Мембранні технології такі як ультрафільтрація та нанофільтрація використовуються для видалення завислих речовин, бактерій і вірусів. Недоліком даного методу виступає чутливість до заліза, тож головною умовою для ефективного знезараження є якість попередньо очищеної води: каламутність не повинна перевищувати 2 мг/л, а вміст заліза - 0,1 мг/л. Відсутність хімічних реагентів при УФ-знезараженні виключає утворення токсичних побічних продуктів дезінфекції. Процес не змінює фізико-хімічні властивості води та не впливає на її смакові характеристики.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.7. Матеріальний баланс

1.7.1 Вихідні дані до матеріального балансу

Таблиця 1.7.1 — Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

№	Показник	Значення показника		
		Свердловина 1	Свердловина 2	Свердловина 3
1.	Витрата води	1510 м ³ /добу		
2.	Каламутність, мг/дм ³	1,5	1,5	1,95
3.	Жорсткість води, мг-екв/дм ³	4,2	4,2	4,25
4.	Лужність води, мг-екв/дм ³	4,65	4,65	4,75
5.	Концентрація заліза, мг/дм ³	0,36	0,37	0,66
6.	pH	8,17	8,11	7,74
7.	Хлориди, мг/дм ³	62,1	65,7	62,1
8.	Сульфати, мг/дм ³	27,0	30,0	29,0
9.	Нітрати, мг/дм ³	0,50	0,50	0,60
10.	Кольоровість, град	19	21	26
11.	Сухий залишок, мг/дм ³	402	407	404
12.	Перманганатна окислюваність, мг/дм ³	0,56	0,56	0,64
13.	Концентрація коагулянту у витратному баку, %	5		
14.	Концентрація коагулянту у розчинному баку, %	20		
15.	Вологість осаду після фільтр-пресу, %	60		

16.	Час перебування води у змішувачі, хв	2
17.	Концентрація заліза в очищеній воді, мг/дм ³	< 0,05
18.	Концентрація хлоридів в очищеній воді, мг/дм ³	60,4
19.	Час роботи установки на добу	24 години

1.7.2 Розрахунок матеріального балансу

- Розрахунок повної виробничої потужності станції враховуючи витрати води на власні потреби:

$$Q = \alpha \cdot Q_{\text{кор}},$$

де α – коефіцієнт, що враховує витрати води на власні потреби очисної станції. Згідно зі БНіП 2.04.02-84 за повторного використання промивних вод від фільтрів $\alpha = 1,03 - 1,04$; $Q_{\text{кор}}$ – корисна виробнича потужність станції, м³/добу.

Тоді:

$$Q = 1,03 \cdot 1510 = 1555,3 \text{ м}^3/\text{добу}$$

- Доза коагулянту FeCl₃ розраховується за формулою:

$$D_k = 4\sqrt{K},$$

де K - кольоровість води, град;

$$D_k = 4\sqrt{26} = 20,39 \text{ мг/дм}^3$$

За мокрого зберігання коагулянту його добова витрата становить:

$$Q_k = \frac{Q \cdot D_k}{10000 \cdot P} = \frac{1555,3 \cdot 20,39}{10000 \cdot 50} = 0,0634 \text{ т/добу}$$

Чистий коагулянт становить:

$$Q_{\text{чистий}} = Q_k \cdot 0,5$$

$$Q_{\text{чистий}} = 0,0634 \cdot 0,5 = 0,0317 \text{ т/добу}$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для отримання 20% розведення розчину:

$$Q'_{\text{води}} = \frac{Q_{\text{чистий}} \cdot 80}{20} - Q_{\text{чистий}}$$

$$Q'_{\text{води}} = \frac{0,0317 \cdot 80}{20} - 0,0317 = 0,0951 \text{ т/добу}$$

Для приготування 5%-го розчину коагулянту:

$$Q''_{\text{води}} = \frac{Q_{\text{чистий}} \cdot 95}{5} - Q_{\text{чистий}}$$

$$Q''_{\text{води}} = \frac{0,0317 \cdot 95}{5} - 0,0317 = 0,5706 \text{ т/добу}$$

Усього подається:

$$0,0317 + 0,5706 = 0,6023 \text{ м}^3/\text{добу}$$

- Розрахунок витрати води на первинного хлорування:

$$Q'_x = (Q \cdot D_x) / 1000$$

Де D_x – доза гіпохлориту натрію за певинного хлорування (3-10 мг/дм³).

$$Q'_x = (1555,3 \cdot 7) / 1000 = 10,887 \text{ кг/добу}$$

- Добова витрата витрата флокулянту становить:

$$Q_{\text{ф}} = \frac{Q \cdot D_{\text{к}}}{10000 \cdot P} = \frac{1555,3 \cdot 0,5}{10^6} = 0,00077 \text{ т/добу}$$

- Розрахунок кількості осаду після відстійника:

$$M_o = \frac{(C_{\text{п}} - C_{\text{к}}) \cdot Q}{10^6},$$

де $C_{\text{п}}$ – каламутність води перед відстійником;

$C_{\text{к}}$ – каламутність води на виході з відстійника;

Q – повна виробнича потужність станції.

$$M_o = \frac{(1,95 - 0,4) \cdot 1555,3}{10^6} = 0,0024 \text{ т/добу}$$

Об'єм осаду:

$$W_o = \frac{M_{\text{ш}} \cdot 10^6}{\delta}$$

$$W_o = \frac{0,0024 \cdot 10^6}{15000} = 0,16 \text{ м}^3/\text{добу}$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм осаду, що перекачується в резервуар-усереднювач, потрібно визначати, враховуючи коефіцієнт розчинення осаду, за його транспортування, що дорівнює 1,5 (при гідравлічному транспортуванні):

$$W'_o = 1,5 \cdot W_o$$

$$W'_o = 1,5 \cdot 0,16 = 0,25 \text{ м}^3/\text{добу}$$

- Розрахунок необхідної кількості води на промивання фільтрів:

$$Q_l = \omega \cdot F_1,$$

де ω – інтенсивність промивання фільтра; F_1 – площа одного фільтру.

$$F_1 = F/N,$$

де F – загальна площа фільтрування, N – кількість фільтрів.

$$F = \frac{Q}{T \cdot \vartheta_H - n \cdot 3,6 \cdot \omega \cdot t_1 - n \cdot t_2 \cdot \vartheta_H}$$

де Q – 1555,3 м³/добу; T – час роботи станції за добу, $T = 24$ год; ϑ_H – швидкість фільтрування за нормального режиму, м/год; ω – інтенсивність промивання фільтрів, дм³/(с · м²); t_1 – час промивання, год; n – кількість промивань кожного фільтра за нормального режиму використання (2 - 3); t_2 – час простою фільтра у зв'язку з промиванням, при водяному $t_2 = 0,33$ год.

Використовуємо одношаровий фільтр з подрібненого керамзиту з наступними характеристиками:

$$\vartheta_H = 12 \text{ м/год};$$

$$\omega = 15 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2);$$

$$t_1 = 0,1 \text{ год};$$

Кількість промивань $n = 2$.

Тоді:

$$F = \frac{1555,3}{24 \cdot 12 - 2 \cdot 3,6 \cdot 15 \cdot 0,1 - 2 \cdot 0,33 \cdot 12} = 5,775 \text{ м}^2$$

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2} \approx 2, \text{ значення } N \text{ приймаємо за } 4.$$

Площа фільтрування:

$$F_l = F/N$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_1 = 5,775 / 4 = 1,44 \text{ м}^2$$

Тоді витрата води на промивання одного фільтру становить:

$$Q_1 = \omega \cdot F_1$$

$$Q_1 = 15 \cdot 1,44 = 21,6 \text{ дм}^3/\text{с}$$

Враховуючи, що для одного фільтру $t_1 = 0,1 \text{ год} = 6 \text{ хв} = 360 \text{ секунд}$, тоді як

$n = 2$ маємо:

$$Q'_1 = Q_1 \cdot t_1 \cdot n$$

$$Q'_1 = 21,6 \cdot 360 \cdot 2 = 15552 \text{ дм}^3 = 15,552 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Для 4 фільтрів кількість води на промивання складатиме:

$$Q''_1 = Q'_1 \cdot 4$$

$$Q''_1 = 15,552 \cdot 4 = 62,208 \text{ м}^3/\text{добу}$$

- Розрахунок кількості шламу після промивки:

$$M_{\text{ш}} = \frac{(C_{\text{п}} - C_{\text{к}}) \cdot Q}{10^6},$$

де $C_{\text{п}}$ – концентрація заліза, що поступає на фільтр;

$C_{\text{к}}$ – концентрація заліза очищеної води;

Q – повна виробнича потужність станції.

$$M_{\text{ш}} = \frac{(0,66 - 0,05) \cdot 1555,3}{10^6} = 0,0009487 \text{ т/добу}$$

Об'єм шламу:

$$W_{\text{ш}} = \frac{M_{\text{ш}} \cdot 10^6}{\delta}$$

$$W_{\text{ш}} = \frac{0,0009487 \cdot 10^6}{15000} = 0,0632 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Об'єм шламу, що перекачується в резервуар-усереднювач:

$$W'_{\text{ш}} = 1,5 \cdot W_{\text{ш}}$$

$$W'_{\text{ш}} = 1,5 \cdot 0,0632 = 0,0948 \text{ м}^3/\text{добу}$$

- Загальний об'єм, що поступає в резервуар-усереднювач після промивання:

$$V_{\text{р-у}} = W'_o + W'_{\text{ш}} + Q''_1$$

$$V_{\text{р-у}} = 0,24 + 0,0948 + 62,208 = 62,54 \text{ м}^3/\text{добу}$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість води, що повертається на початок циклу очищення:

$$Q_n = 62,208 \text{ м}^3/\text{добу}$$

- Об'єм, що поступає до шламосховища:

$$W''_{\text{ш}} = V_{\text{р-у}} - Q_n$$

$$W''_{\text{ш}} = 62,54 - 62,208 = 0,332 \text{ м}^3/\text{добу}$$

- Об'єм осаду на утилізацію після фільтр-пресу:

$$W_{\text{ос}} = \frac{W''_{\text{ш}} \cdot 60}{100}$$

$$W_{\text{ос}} = \frac{0,332 \cdot 60}{100} = 0,1992 \text{ кг}$$

- Об'єм води у каналізацію після фільтр-пресу:

$$W_{\text{в}} = W''_{\text{ш}} - W_{\text{ос}}$$

$$W_{\text{в}} = 0,332 - 0,1992 = 0,1328 \text{ м}^3$$

Таблиця 1.7.2 — Результати розрахунків матеріального балансу

Назва потоку	Значення
Подача води зі свердловин	1555,3 м ³ /добу
Подача гіпохлориту натрію	10,887 кг/добу
Подача води з приймального резервуару до змішувача	1617,519 м ³ /добу
Подача коагулянту	0,6023 м ³ /добу
Подача флокулянту	0,00077 м ³ /добу
Подача води зі змішувача до тонкошарового відстійника	1618,12 м ³ /добу
Подача води з тонкошарового відстійника до резервуару-усереднювача	0,25 м ³ /добу
Подача води на фільтри	1617,76 м ³ /добу
Подача води на підприємство після очищення	1510 м ³ /добу
Подача води на промивання фільтрів	62,208 м ³ /добу

Подача води після промивки фільтрів до резервуару-усереднювача	62,302 м ³ /добу
Подача води на повторну очистку	62,208 м ³ /добу
Об'єм, що поступає до шламосховища	0,332 м ³ /добу
Скид води у каналізацію	0,1328 м ³ /добу
Скид осаду на захоронення	0,1992 кг/добу

1.7.3 Блок-схема матеріального балансу

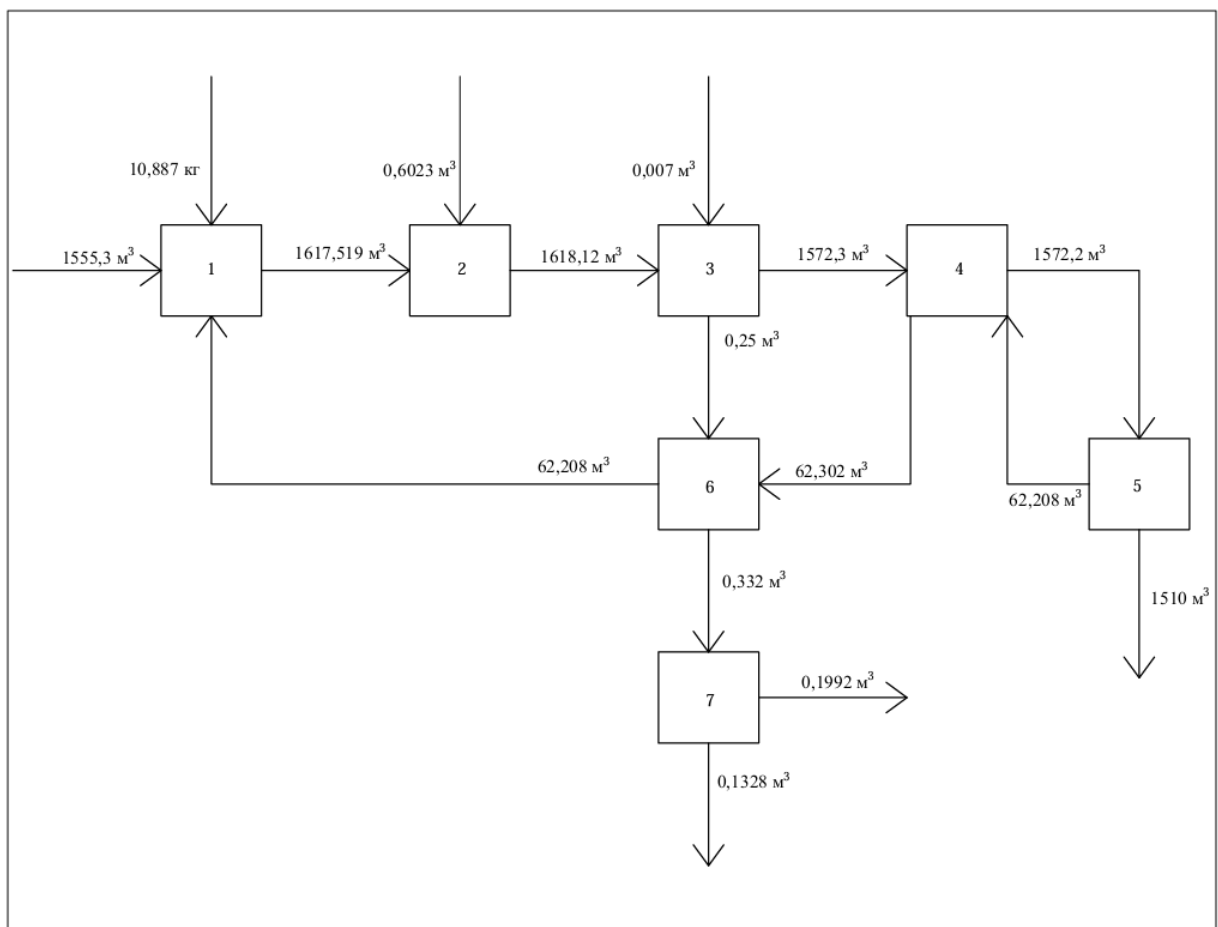


Рис. 1.7.3 — Блок-схема матеріального балансу:

1 – приймальний резервуар; 2 – змішувач ; 3 – тонкошаровий відстійник ; 4 – гравійні фільтри; 5 – резервуар чистої води; 6 – резервуар-усереднювач; 7 – фільтр-прес.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ УСТАНОВОК

2.1 Проектування приймальної камери

Об'єм приймальної камери розраховується за формулою:

$$V_{пр} = (Q \cdot t) / T,$$

де q – витрата води, t – час перебування води у камері; T – час роботи станції.

$$V_{пр} = (1555,3 \cdot 0,1) / 24 = 6,48 \text{ м}^3$$

Камер буде взято $N=1$

Висоту приймальної камери приймаємо за $H = 2$ м

Тоді площа приймальної камери розраховується за формулою:

$$F_{пр} = V_{пр} / H$$

$$F_{пр} = 6,48 / 2 = 3,24 \text{ м}^2$$

Діаметр приймального резервуару розраховується за формулою:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F_{пр}}{\pi}}$$

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{3,24}{\pi}} = 2,03 \text{ м}$$

2.2 Проектування розчинних та витратних баків

Визначення об'єму розчинного баку коагулянту:

$$W_P = \frac{q \cdot D_P \cdot t}{10000 \cdot v_P \cdot \rho}, \text{ м}^3$$

де W_P – об'єм розчинного баку; q – витрата води, $\text{м}^3/\text{год}$; D_P – доза реагенту, $\text{г}/\text{м}^3$; t – період роботи станції в годинах, що забезпечується даною кількістю реагенту; v_P – концентрація реагенту в розчинному баку (15 - 20), %; ρ – густина розчину, $\text{т}/\text{м}^3$;

$$W_P = \frac{q \cdot D_P \cdot t}{10000 \cdot v_P \cdot \rho} = \frac{1555,3 \cdot 20,39}{10000 \cdot 20 \cdot 1,031} = 0,154 \text{ м}^3$$

Визначення об'єму витратного баку коагулянту, виходячи з концентрації розчину:

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_B = \frac{v_p}{v_B} W_p,$$

де W_B – об'єм витратного баку, m^3 ; v_p – концентрація у розчинному баку, %;
 v_B – концентрація у витратному баку (3 - 5), %.

$$W_B = \frac{20}{5} \cdot 3,691 = 0,616 m^3$$

Визначення об'єму витратного баку гіпохлориту натрію:

$$W_p = \frac{q \cdot D_p \cdot t}{10000 \cdot v_p \cdot \rho} = \frac{1555,3 \cdot 7}{10000 \cdot 20 \cdot 1,031} = 0,053 m^3$$

Визначення об'єму витратного баку флокулянту:

$$W_p = \frac{q \cdot D_p \cdot t}{10000 \cdot v_p \cdot \rho} = 0,015 m^3$$

2.3 Проектування йоршових змішувачів

При проектуванні змішувачів виходять з витрати води з урахуванням часу перебування води у споруді (не більше 2 хв).

Час перебування у змішувачі – 2 хв.

Приймаємо число перегородок 12 шт.

Визначення об'єму змішувача:

$$W = \frac{q \cdot t}{T}, m^3$$

$$W = \frac{1555,3 \cdot 0,03}{24} = 1,94 m^3$$

Приймаємо ширину йоршового змішувача $B = 1,5$ м.

Приймаємо висоту йоршового змішувача $H = 1$ м.

Визначення площі змішувача:

$$F = W/H$$

$$F = 1,94 / 1 = 1,94 m^2$$

Визначення довжини йоршового змішувача:

$$L = W/B$$

$$L = 1,94 / 1,5 = 1,293 m$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Проектування тонкошарового відстійника

Визначення робочої довжини відстійника:

$$l_p = \frac{h_{яp}V}{KU_0 \cos \alpha},$$

де $h_{яp}$ – відстань між двома пластинами, м; α - кут нахилу пластин ($45^0 - 60^0$), м; V – лінійна швидкість руху води, $V = 5$ мм/с; U_0 – гідравлічна крупність осаду, мм/с; K – коефіцієнт, який залежить від напрямку руху води та осаду ($K = 0,7$)

Приймаємо відстійник з протиточним рухом води та осаду та кут нахилу пластин 50^0 , тоді:

$$l_p = \frac{0,012 \cdot 5}{0,7 \cdot 0,5 \cdot \cos 50} = 0,177 \text{ м}$$

Загальна довжина становить:

$$L = n \cdot l_p \cdot N,$$

де n – число пластин в секції, $n = 20$;

N – кількість секцій, $N = 2$.

$$L = 20 \cdot 0,177 \cdot 2 = 4,708 \text{ м}$$

Ширина відстійника, м, визначається за формулою:

$$B = \frac{q}{U_0 n N l_p 3,6},$$

де q – витрата води, м³/год; U_0 – гідравлічна крупність осаду, мм/с; n – число пластин у секції; N – число секцій; l_p – робоча довжина відстійника, м.

$$B = \frac{1555,3}{0,5 \cdot 20 \cdot 2 \cdot 0,177 \cdot 3,6} = 3,05 \text{ м}$$

Висота зони накопичення осаду:

$$H_{з.н} = \frac{Q}{B \cdot L},$$

де Q – годинна витрата, м³/год.

$$H_{з.н} = \frac{62,91}{3,05 \cdot 4,708} = 2,91 \text{ м}$$

Середня глибина відстійника:

$$H = H_{з.н} + H_{ср},$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де H_{cp} – середня глибина зони осадження, знаходиться в межах 2,5 – 3,5 м.

$$H = 2,91 + 2,5 = 5,41 \text{ м}$$

Будівельна висота відстійника:

$H_{буд} = H + h_6$, де h_6 - перевищення будівельної висоти над розрахунковим рівнем води, приймають не менше ніж 0,3 м.

$$H_{буд} = 5,71 \text{ м}$$

Площа тонкошарового відстійника:

$$F = B \cdot L$$

$$F = 7,08 \cdot 3,05 = 21,5 \text{ м}^2$$

2.5 Проектування камери пластівцеутворення з завислим шаром осаду

Камери даного типу завжди суміщені з горизонтальними відстійниками, тому число камер дорівнює числу відстійників ($N_K = N_B$).

Висота камери:

$$H_K = H_B + h_k,$$

де H_B – висота відстійника;

h_k – напір в камері перед відстійником, $h_k = 0,1-0,2$ м.

$$H_K = 5,41 + 0,1 = 5,51 \text{ м.}$$

Час перебування води в камері 20 хв, швидкість руху води в камері $V_K = 0,65 - 1,6$ мм/с, ширина камери дорівнює ширині відстійника ($B_K = B_B$).

Площа однієї камери, м^2 , розраховується виходячи із витрати води (q , $\text{м}^3/\text{год}$) та швидкості підйому води в камері (V_K , мм/с):

$$F_K = \frac{q}{3,6V_K N_K}$$

$$F_K = \frac{q}{3,6V_K N_K} = 10,92 \text{ м}^2.$$

Довжина камери, м, визначається із площі дзеркала води в камері:

$$L = \frac{F_K}{B_K}$$

$$L = \frac{10,92}{3,05} = 3,5 \text{ м.}$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Глибина занурення порогу водозливу, м, розраховується за формулою:

$$h_B = \frac{q}{3600V_B N_K B_K},$$

де V_B – швидкість руху води над порогом водозливу ($V_B = 0,05 - 0,1$ м/с)

$$h_B = \frac{62,91}{3600 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 3,05} = 0,05 \text{ м.}$$

2.6 Проектування фільтра

Визначення площі фільтрування:

$$F = \frac{Q}{TV_H - 3,6\omega t_1 n - t_2 V_H n},$$

де Q – об'єм води який фільтрується за добу, м³; T – час роботи станції протягом доби, $T = 24$ год; V_H – швидкість фільтрування, $V_H = 5 - 10$ м/год; ω – інтенсивність подачі води на промивання фільтрів, $\omega = 12 - 18$ дм³/с · м²; t_1 – час промивання фільтру, $t_1 = 0,1$ год; n – число промивань фільтру, $n = 2$ або 3 ; t_2 – час простою фільтрів у зв'язку з промивкою: при водній промивці $t_2 = 0,33$ год, при водоповітряній $t_2 = 0,5$ год.

$$F = \frac{1555,3}{24 \cdot 12 - 2 \cdot 3,6 \cdot 15 \cdot 0,1 - 2 \cdot 0,33 \cdot 12} = 5,775 \text{ м}^2$$

Число фільтрів беремо за $N = 4$.

Розрахунок швидкості фільтрування у форсованому режимі, м/год:

$$V_\phi = \frac{N}{N - N_1} V_H,$$

де N – число фільтрів; N_1 – число фільтрів, відключених на ремонт:

$N < 20$, $N_1 = 1$; $N > 20$, $N_1 = 2$.

$$V_\phi = \frac{4}{4-1} * 12 = 16 \text{ м/год}$$

Загальна висота фільтру: $H = H_{п.з} + H_{ф.з} + H_B + H_d + h_б$,

де H_d – додатковий рівень води, що створюється при відключенні одного з фільтрів на промивку, м; $H_{п.з}$ – висота шару підтримуючого завантаження, $H_{п.з} = 0,5$ м; $H_{ф.з}$ – фільтруюче завантаження, $H_{ф.з} = 1,5$ м; $h_б$ – будівельний запас висоти, $h_б = 0,3 - 0,5$ м; H_B – висота шару води, $H_B \sim 2$ м.

$$H = 0,5 + 1,5 + 2 + 0,3 = 4,4 \text{ м}$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення витрати води у колекторі при промивці, м³/с:

$$q_k = F_1 \omega \cdot 10^{-3},$$

де F_1 – площа фільтру;

ω - інтенсивність промивки, $\omega = 15 \text{ дм}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$.

$$F_1 = F/4 = 1,44$$

$$q_k = 1,44 * 15 * 10^{-3} = 0,0216 \text{ м}^3/\text{с}$$

Розрахунок площі перерізу колектора, м²:

$$f_k = \frac{q_k}{V_k},$$

де V_k – швидкість руху води в колекторі при промивці, $V_k = 0,8 - 1,2 \text{ м/с}$.

$$f_k = \frac{q_k}{V_k} = 0,0216 / 0,9 = 0,024 \text{ м}^2$$

Розрахунок діаметру колектора:

$$d_k = 2 \sqrt{\frac{f_k}{\pi}}.$$

$$d_k = 2 \sqrt{\frac{0,024}{3,14}} = 0,174 \text{ м}$$

Ширину фільтру приймаємо за $B = 1,2 \text{ м}$.

Розрахунок числа відгалужень при двосторонньому розміщенні:

$$n = \frac{2B \cdot 10^3}{l},$$

де l – відстань між відгалуженнями – 250 – 350 мм;

B – загальна ширина фільтру, м.

$$n = \frac{2 * 1,2 * 10^3}{350} = 6,85$$

Витрата води у відгалуженнях, м³/с:

$$q_B = \frac{q_k}{n}$$

$$q_B = \frac{0,0216}{7} = 0,00308 \text{ м}^3/\text{с}$$

Швидкість руху води у відгалуженні: $V_e = 1,8 \text{ м/с}$;

Площа перерізу відгалуження, м²:

21

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f_B = \frac{q_B}{V_B}$$

$$f_B = \frac{0,00308}{1,8} = 0,0017 \text{ м}^2$$

Діаметр відгалуження, м:

$$d_B = 2 \sqrt{\frac{f_B}{\pi}}$$

$$d_B = 2 \sqrt{\frac{0,0017}{3,14}} = 0,0465 \text{ м}$$

2.7 Проектування резервуару очищеної води

Визначення об'єму резервуару очищеної води:

$$W = 500 \text{ м}^3$$

Враховуючи витрати води буде взято $N=1$ резервуарів.

Висоту резервуару приймаємо за $H = 10$ м.

Діаметр приймаємо $B = 8$ м.

Резервуар зберігання питної води має циліндричну форму та спроектований також на зберігання запасу води для пожежогасіння.

2.8 Розрахунок резервуару-усереднювача

Площа перерізу бака-усереднювача розраховується за формулою:

$$F = \frac{q}{3,6 * V * N},$$

де q - витрата води, м³ /год;

V – швидкість підйому води;

N – число баків-усереднювачів;

$$F = \frac{62,91}{3,6 * 0,2 * 1} = 8,73 \text{ м}^2$$

Площа насадки визначається за формулою:

$$F_n = \frac{q}{3600 * 2 * V_n}, \text{ де } V_n - \text{ швидкість виливання води з насадки (3 м/с);}$$

$$F_n = \frac{62,91}{3600 * 2 * 3} = 0,00028 \text{ м}^2$$

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр отверу насадки:

$$D = 2 \sqrt{\frac{Fn}{\pi}}$$

$$D = 2 \sqrt{\frac{0,00028}{3,14}} = 0,0059 \text{ м}$$

Площа перерізу камери визначається за формулою:

$$f_k = \frac{q * t}{60 * N_6 * H_6},$$

де N_6 – кількість баків-усереднювачів; H_6 – висота, $H_6 = 3$ м.

$$f_k = \frac{62,91 * 20}{60 * 1 * 3} = 6,9 \text{ м}^2$$

Ширина визначається за формулою:

$$B = \sqrt{F + f_k} = 3,95 \text{ м}$$

2.9 Проектування шламосховища

До шламосховища надходить $W_{oc} = 0,1803 \text{ м}^3$ на добу, тоді об'єм шламосховища визначаємо:

$$W = \frac{0,1826 * 24}{24} = 0,1803 \text{ м}^3$$

Висоту шламосховища приймаємо за 0,5 м.

Площа шламосховища: $F = W/H = 0,36 \text{ м}^3$.

Діаметр шламосховища: $D = 2 * \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 * \sqrt{\frac{0,36}{3,14}} = 0,677 \text{ м}$.

2.10 Проектування фільтр-пресу

Визначення об'єму фільтр-пресу:

$$W = W_{oc} * t,$$

де t – час перебування осаду у фільтр-пресі $t = 1$ год.

$$W = 0,1803 * 1 = 0,1803 \text{ м}^3$$

Приймаємо ширину фільтр-пресу $B = 0,5$ м.

Приймаємо висоту фільтр-пресу $H = 0,5$ м.

Визначення довжини фільтр-пресу:

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = W / (B \cdot H) = 0,1803 / 0,25 = 0,7212 \text{ м}$$

2.11 Вибір УФ-ламп

Для системи стерилізації беремо 6 УФ ламп, кожна з яких має потужність 228 W UV-C.

Щільність опромінення становить 500 Дж/м².

Максимальний робочий тиск – 16 бар.

Максимальна робоча температура – 35 °С.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

Установка з підготовки та зберігання води питної якості розміщується в приміщенні існуючої насосної станції, і включає наступні відділення та зовнішні установки. На основі вихідних даних проектом передбачена одноповерхова будівля каркасного типу загальною довжиною 17,6 м з висотою 5,4 м від позначки $\pm 0,000$. Конструктивна висота від підлоги до початку каркасу над перекриттям становить 4,2 м, загальна висота споруди від позначки -2,600 мм становить 8,0 м.

Таблиця 3 — Перелік відділень насосної станції

№	Назва відділення	Призначення	Будівельна х-ка	
			Габарити в плані, м	Позначка поверху
1	Відділення підготовки питної води	Прийом води від артезіанських свердловин, підготовка води питної якості, подача води до резервуару зберігання. Встановлено мережеві насоси для подачі питної води до мережі підприємства.	12.0x18.0	-2.600
2	Ємність для зберігання питної води	Прийом та накопичення води питної, створення резерву води питної на технологічні та пожежні потреби.	Діаметр 8 м Об'єм 500 м ³	-0.500

Архітектурно-планувальне рішення будівлі представлено одноповерховою конструкцією каркасного типу. Несуча система складається з залізобетонних колон, розташованих з модульним кроком 12 м, що

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

формують основну конструктивну сітку. Додатково передбачено фахверкові колони з кроком 6 м для забезпечення необхідної жорсткості та стійкості споруди.

3.1. Конструктивні вирішення будівлі

Будівля складається з двох функціональних секцій: основної - для розміщення технологічного обладнання, та допоміжної - для адміністративно-побутових приміщень.

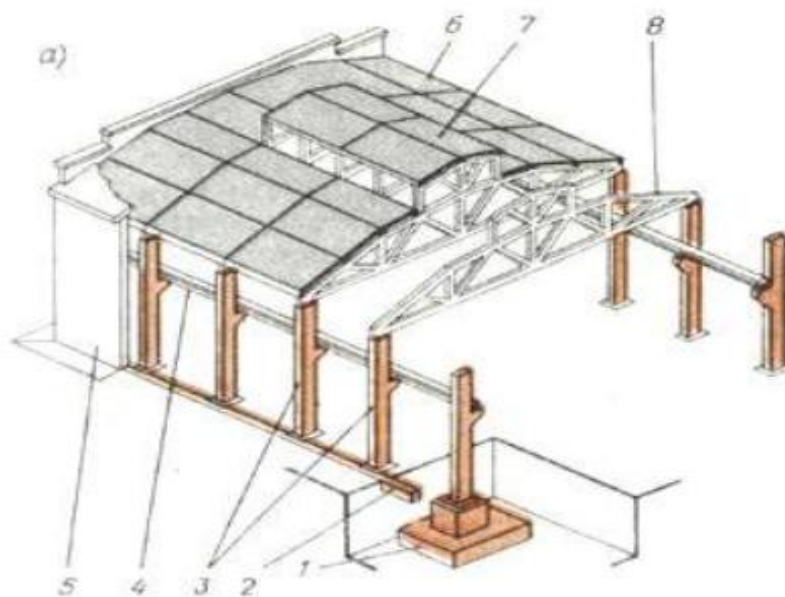


Рис. 3.1 — Конструктивні елементи одноповерхової будівлі:

- 1 — стовпчастий фундамент; 2 — фундаментна балка; 3 — колони;
4 — підкранова балка; 5 — стіна; 6 — покриття; 7 — ліхтар;
8 — ферма;

Віконні прорізи влаштовуються на висоті 1,2 м від рівня підлоги з дотриманням модульності 600 мм для залізобетонних стін.. Висота дверних прорізів становить 2,37 м.

Фундаменти - стовпчасті під колони стаканного типу, монолітні залізобетонні. Конструкція фундаменту включає: армований бетон підвищеної щільності товщиною 300 мм, бетонну підготовку В3,5 товщиною 100 мм, ущільнений щебеневий шар 500 мм та піщану подушку 750 мм.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фундаментні балки - збірні залізобетонні з тавровим перетином, укладаються по крайніх рядах фундаментів і слугують опорою для зовнішніх стін будівлі, забезпечуючи рівномірний розподіл навантажень від огорожувальних конструкцій.

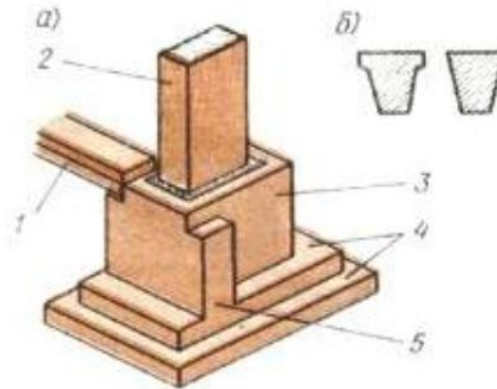


Рис 3.1.1 — Фундаменти та фундаментні балки:

а — загальний вигляд; б — розрізи фундаментних балок;

1 — фундаментна балка 2 — колона; 3 — підколонник; 4 — плитна частина фундаменту; 5 — підливи або стовпчик для того, щоб спиралася фундаментна балка.

Колони одноповерхової будівлі - збірні залізобетонні з постійним перетином, що відповідає конструктивним особливостям безкранової споруди. Колони середніх рядів мають розширений оголовок для надійного спирання конструкцій покриття.

Прив'язка колон до поздовжніх розбивочних осей становить 250 мм, до поперечних - 500 мм. У місцях деформаційних швів прив'язка колон до поперечних осей встановлена 500 мм.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

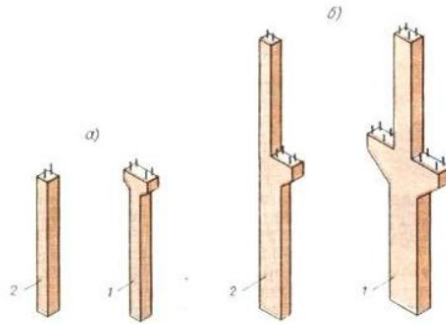


Рис 3.1.2 — Колони одноповерхової будівлі:

а — без кранові; б — з кранами вантажопідйомністю до 20 т;

1 — середнього ряду; 2 — крайнього ряду

Огороджувальні конструкції стін виконано з крупноблочних панелей товщиною 150 мм. Номінальна довжина стінових панелей, відповідно до кроку крайніх колон, прийнята 12 м (за винятком кутових та простінкових елементів).

Для забезпечення просторової жорсткості каркасу передбачена система вертикальних та горизонтальних зв'язків: вертикальні - порталного типу між колонами та поясами суміжних ферм, горизонтальні - між верхніми та нижніми поясами ферм.

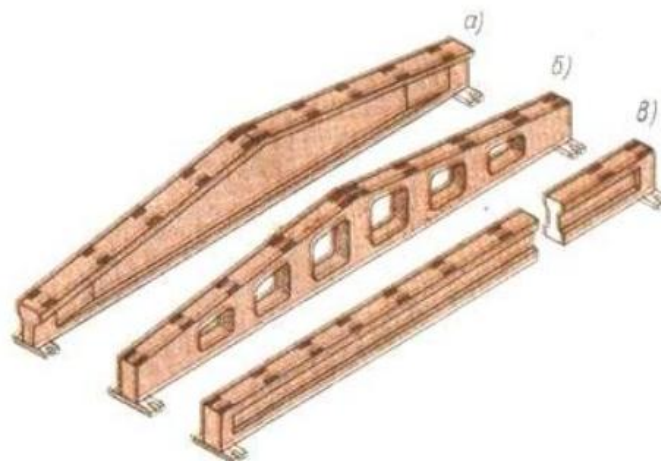


Рис 3.1.3 — Кроквяні балки прольотом 12м:

а — двохскатна; б — ґратчаста; в — з паралельними поясами.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Покриття виконано з залізобетонних кроквяних ферм з прогоном 12 м та ребристих плит, що відповідає типовим рішенням для одноповерхових виробничих будівель.

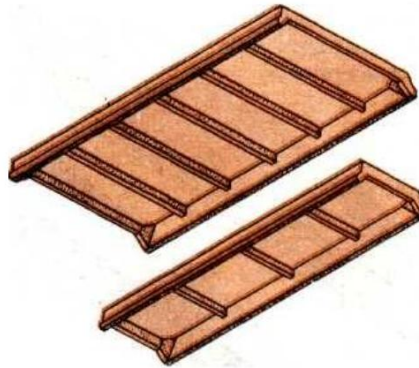


Рис 3.1.4 — Плити покриття:

а — основна шириною 3 м; б –добрна шириною 1,5.

Резервуар обладнано комплексом трубопроводів, що забезпечують його функціонування:

- Подачі очищеної води;
- Відбору води для технологічних потреб із забезпеченням постійного пожежного запасу 200 м³;
- Повного спорожнення;
- Аварійного переливу з відведенням у приямок збору відпрацьованих вод через гідрозатвор з дезінфікуючим розчином;
- Подачі дихального повітря з очищенням спеціальним фільтром та автоматичним контролем забрудненості;
- Відведення атмосферних опадів з покрівлі у каналізаційну мережу.

Передбачено автоматичний контроль перепаду тиску на повітряному фільтрі та аварійний вакуумний клапан для запобігання перевищенню допустимого вакууму в резервуарі.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розміщення технологічних споруд

Технологічні споруди водоочищення розташовуються на відмітці -2,600 мм, для подолання перепадів висот у схемі інтегровані насосні агрегати.

Таблиця 3.2 — Вибір насосів

Назва показника	Свердловина №1	Свердловина №2	Свердловина №3
Глибина свердловини, м	330	310	302
Дебіт свердловини, м3/час	60	60	36
Тип насоса	ЭЦВ -10-65-150	ЭЦВ -10-65-150	ЭЦВ -8-40-180

Технологічний процес розпочинається з приймального резервуара, що має розраховані габарити та обладнаний автоматичним зворотнім клапаном, звідки водне середовище транспортується насосним обладнанням до змішувача. У трубопровід перед приймальним резервуаром та змішувачем дозуються необхідні реагенти.

Наступним етапом обробки є транспортування води до камери пластівцеутворення, від неї – до тонкошарового відстійника. За допомогою насосного обладнання з відстійника вода перекачується до блоку з гравітаційними фільтрами. Встановлено фільтрів у кількості 4 шт, фільтруючий матеріал CHRIWASAN.

Система стерилізації води обладнана нержавіючою сталлю та має 6 УФ-ламп потужністю 228 W UV-C кожна.

Утилізація відпрацьованих матеріалів та промивних розчинів здійснюється через спеціальний усереднювач, з якого відстояна рідина повертається на початковий етап технологічного циклу. Накопичення

шламових відходів, що утворюються під час водообробки, відбувається у спеціалізованому шламонакопичувачі.

Подальше сепарування твердих фракцій реалізується за допомогою фільтр-преса марки ЛМН-10. Гідравлічне забезпечення функціонування всього комплексу водопідготовки здійснюється консольним насосом типу К90/20а.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Обслуговуючий персонал

Насосна станція та установка підготовки води на фармацевтичному виробництві “Дарниця” працює безперервно та має автоматизований робочий режим. Головна задача персоналу станції – спостереження за коректною роботою приладів та машин. Раз на тиждень необхідно проводити регенерацію фільтрів за сформованою програмою в ручному режимі.

Завдяки зазначеному вище на станції відсутній постійний робочий персонал, все обслуговування системи проводиться черговими працівниками.

Контроль за технологічним процесом проводиться з центрального диспетчерського пункту що має систему візуалізації та контролю процесів. Центральний пункт спостереження знаходиться в іншому від станції блоці.

Насосна станція є ділянкою водопідготовки тож управління роботою персоналу здійснюється керівником ділянки через змінних майстрів.

4.2 Вимоги до технологічного процесу та стану обладнання

Технологічний процес підготовки води питної якості та подальшій її подачі в мережу не потребує використання пожежонебезпечних чи вибухонебезпечних речовин. Основною небезпекою виробничого процесу становить використання трихлорного заліза в якості коагулянту та гіпохлориту натрія як дезинфікуючої речовини. Токсична та подразнююча дії залучених речовин на організм людини виявляється через можливий вплив на шкіряні покриви та слизові оболонки носу, ротової порожнини, та очей.

До небезпечних виробничих факторів також належить використання технологічного обладнання, такого як насоси і компресори, що має рухливі частини чи місця підвищеної напруги в електричному ланцюзі де може статись замикання.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Трубоповоди, фільтри та інше обладнання виконане з хімічно стійких матеріалів, що гарантує їх безпеку від корозії. Ємності для розчинів трихлорного заліза і гіпохлориту натрія виконані з поліетилену який визначається своєю хімічною стійкістю до зазначених речовин. Внутрішня поверхня фільтрів насосної станції обшита матеріалом розробленим фірмою Chriwa – CHRIWADUR 2000, що гарантує надійний захист від корозії всієї внутрішньої поверхні корпусу фільтра. Корпус резервуару зберігання питної води виконано з біметалічного листа тоді як внутрішня поверхня – з нержавіючої сталі.

Матеріали установки водопідготовки які безпосередньо контактують з питною водою мають затверджену ефективність використання в заданих умовах та підтверджені результатами дослідження інститутів токсикології та екогігієни та відповідають вимогам відповідно до результатів їх оцінювання за показниками безпеки для здоров'я людини.

Місця встановлення контейнерів для розчинів трихлорного заліза та гіпохлорит натрію мають спеціальні канали для відводу наслідків можливих витікань реагентів. Це також створює можливість змити сліди протікань водою.

4.3 Вимоги до виробничих приміщень

Насосна станція з установкою водоочищення і підготовки води питної якості розташована в окремому корпусі підприємства, що має II ступінь пожежостійкості. Несучі та огорожувальні конструкції виготовлені з негорючих матеріалів, таких як природний або штучний камінь, бетон, та залізобетон. Позначка підлоги виробничого приміщення мінус 2.600 м, допоміжні приміщення розміщуються на нульовій позначці. Архітектурні рішення та розташування обладнання представлені на відповідних кресленнях. Об'ємно-планувальні рішення приміщень відповідають вимогам чинних норм та правил.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Заходи безпеки

Враховуючи всі фізичні та хімічні фактори небезпеки, а також шкідливі виробничі фактори, було впроваджено наступні заходи що гарантують безпеку всього процесу:

- Подача трихлористого заліза у витратну ємність здійснюється автоматично із автоцистерни;
- Трубопровід зливу коагулянту прокладено з нахилом в сторону приймальної ємності;
- Наповнення ємностей проводиться за постійного спостереження рівня води;
- Підлога в приміщенні насосної станції прошита кислото-лужностійкою плиткою та виконана з нахилом в сторону каналів;
- Приміщення насосної станції оснащено вентиляцією, її підключення відбувається з електричного щитка;
- Все обладнання на станції захищено від статичної електрики за допомогою заземлення.

Таблиця 4.2 — Основні фізико-хімічні та токсичні властивості сировини

№ п/п	Найменування речовини	Токсичні властивості (характер дії на організм)	Заходи з надання першої долікарської допомоги
1	Залізо хлорне	Пил хлорного заліза викликає подразнення слизистої оболонки органів дихання і зору. При концентрації вище ГДК викликає печію	При подразненні слизистої оболонки дихальних шляхів слід проводити содові або масляні інгаляції, пити тепле молоко з питною содою.

		слизистої оболонки травного тракту.	При подразненні очей промити 2%-ним розчином борної кислоти.
2	Гіпохлорит натрію	Сильний окисник і корозійна речовина. Пери та розчин викликають подразнення очей, шкіри та слизистих оболонок дихальних шляхів. При вдиханні парів можливий хімічний опік легенів. При потраплянні на шкіру викликає хімічні опіки.	При потраплянні на шкіру - промити великою кількістю води протягом 15-20 хвилин. При потраплянні в очі - промити водою протягом 15 хвилин. При вдиханні парів - вивести на свіже повітря, забезпечити спокій. При потраплянні всередину - промити шлунок великою кількістю води, дати активоване вугілля.

Крім передбачених заходів необхідно дотримуватись режимів технологічного процесу, вимог технологічних інструкцій, інструкцій з техніки безпеки, промислової санітарії, правил внутрішнього розпорядку.

4.5 Захист від шуму та вібрацій

Технологічне обладнання насосної станції та установки водоочистки встановлено в окремому приміщенні, що не має постійних робочих місць.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Присутність обслуговуючого персоналу передбачена тільки для періодичного проведення аналізів, а також проведення регенерації піщаних фільтрів, що відбувається один раз на тиждень. Рівень шуму від роботи насосних агрегатів, компресорного обладнання та системи автоматичного управління не перевищує 80дБ(А), цей показник знаходиться у межах допустимих значень відповідно до санітарних норм для виробничих приміщень без постійних робочих місць.

Вібрація від роботи обладнання не перевищує допустимих значень завдяки правильному балансуванню насосних агрегатів та їх установці на фундаментних плитах із поглинаючих вібрації елементів згідно до ДСН 3.3.6.039-99.

4.6 Опалення та вентиляція

За для опалення корпусу станції було створено систему центрального водневого опалення де теплоносієм виступає гаряча вода з відповідними параметрами: температура 95/70 °С, тиск 5/4 кгс/см². Корпус має спроектовану двотрубну систему опалення з верхнім розведенням.

На насосній станції використовується нагріваюче обладнання, а саме радіатори, “purmo” марки “Rettig” С-22. Для того щоб регулювати подачу тепла нагріваючих апаратів встановлені терморегулятори RTD-N та відповідні крани, що відповідають за підтримку внутрішньої температури приміщення близько плюс 10 °С. Для видалення повітря із системи опалення передбачені автоматичні відвідники повітря, встановлені у вищих точках системи опалення. Всі трубопроводи виготовлені із нержавіючої сталі.

Встановлена приточно-витяжна вентиляція приміщення насосної станції. Природний потік повітря надходить через фрамуги вікон, а система вентиляції В1 видаляє повітря із нижньої зони, В2 – з верхньої (даховий вентилятор).

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Системи опалення і внутрішнього теплопостачання, загальнообмінної та аварійної вентиляції встановлені відповідно до ДБН В.2.5-67:2013.

4.7 Внутрішній трубопровід та система каналізації

Насосна станція об'єднаного господарсько-питного та протипожежного водопроводу обладнана системою внутрішнього водопроводу та каналізації. При капітальному ремонті насосної станції було враховано вимоги ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». У машинному залі насосної станції встановлено пожежний кран Ду = 50, Розрахункова витрата води на пожежний кран 2.5 л/с Довжина рукава 20 м.

У насосній станції передбачено санітарний вузол.

Внутрішній водопровід призначений для подачі води до санітарно-технічних приладів, пожежного крана, технологічного обладнання. Мережа для внутрішніх потреб водопостачання приєднується до напірного колектора насосів після витратоміра та монтується з корозійностійких труб, обладнується запірною та водорозбірною арматурою. Для приготування гарячої води на побутові та виробничі потреби передбачено проточний електричний водонагрівач. Внутрішня система каналізації призначена для відведення стічних вод від санітарних приладів та трапу. Мережа монтується з корозійностійких труб та підключається до зовнішньої виробничо-побутової каналізаційної мережі.

4.8 Методи контролю вимог безпеки

Контроль виконання вимог безпеки під час експлуатації машин та апаратів на насосній станції повинен здійснюватися відповідно до вимог інструкцій з експлуатації заводів-виробників, а також вимог заводських

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інструкцій з техніки безпеки, виробничої санітарії, затверджених генеральним директором.

Організаційний контроль передбачає проведення планових та позапланових перевірок знань персоналу з охорони праці, контроль використання засобів індивідуального захисту, дотримання технологічних інструкцій та правил внутрішнього трудового розпорядку.

Санітарно-гігієнічний контроль здійснюється лабораторією шляхом періодичних вимірювань мікроклімату робочих місць, освітленості, концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Перевірку викидів в атмосферу здійснює санітарна лабораторія контролю атмосферного повітря відповідно до програми виробничого екологічного контролю.

Результати всіх видів контролю фіксуються в журналах та протоколах, аналізуються щомісяця інженером з охорони праці для розробки коригувальних заходів та попередження порушень вимог безпеки.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Була розроблена багатоступенева система водопідготовки для ПрАТ «Фармацевтична фірма «Дарниця»», яка демонструє комплексний підхід до вирішення завдань отримання води питної якості, що відповідає суворим вимогам фармацевтичного виробництва. Впровадження удосконаленої технологічної схеми дозволило не лише забезпечити стабільно високу якість води, але й оптимізувати експлуатаційні витрати підприємства.

2. На основі аналізу вихідних характеристик артезіанської води з трьох свердловин було встановлено про необхідність комплексної обробки через підвищений вміст заліза ($0,36-0,66 \text{ мг/дм}^3$), лужність ($4,2-4,75 \text{ мг-екв/дм}^3$) та каламутність до $1,95 \text{ мг/дм}^3$ у третій свердловині. Було застосовано хімічне окислення гіпохлоритом натрію з подальшою коагуляцією трихлористим залізом та флокуляцією поліакриламідом, що забезпечило ефективне видалення заліза до рівня менше $0,05 \text{ мг/дм}^3$. Цей показник в декілька разів нижче початкових значень.

3. Щоб зменшити навантаження на фільтри було запропоновано введення в технологічну схему тонкошарового відстійника. Запропонована технологічна схема дозволяє знизити каламутність менше ніж до $0,5 \text{ мг/дм}^3$ та забезпечити стабільне рН на рівні 7,7, що створює оптимальні умови для подальших стадій водопідготовки.

4. Проведено розрахунок матеріального балансу удосконаленої технологічної схеми, технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд.

5. Виконано наступні креслення в форматі А1: технологічна схема, поперечний та поздовжній розрізи будівлі, розміщення приладів водоочистки та водопідготовки в межах будівлі, ємність для зберігання води питної якості.

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державна Фармакопея України. – 1-е вид. – Доповнення 4. – Харків: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2011. – С. 385-388
2. Технологія очистки природних вод : конспект лекцій для здобувачів вищої освіти всіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології / К. Б. Сорокіна ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021.– 115 с.
3. Технологія питної води та водопідготовки харчових виробництв [Електронний ресурс] : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. О. В. Олабоді] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. – Київ, 2021. – 191 с.
4. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води. Практикум. Частина 1. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / Н.М. Толстопалова, М.І. Літинська, Т.І. Обушенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 101 с.
5. Настанова СТ-Н МОЗУ 42-3.7:2013. – Лікарські засоби. Якість води для застосування у фармації / М. Ляпунов, д-р фарм. наук; О. Безугла, канд. фарм. наук; О. Гризодуб, д-р хім. наук; Т. Тихоненко; К. Жемерова, канд. фарм. наук; О. Соловійов, канд. мед. Наук.
6. Державна Фармакопея України / Державне підприємство «Науково-експертний фармакопейний центр». — 1-е вид. — Харків: РІРЕГ, 2001. — Доповнення 1. — 2004. — 520 с. ISBN 966-95824-3-1

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Наказ про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до питної води, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10).

					ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		