

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Володимира Даля

Факультет хімічної інженерії  
(повне найменування факультету)

Кафедра хімічної інженерії та екології  
(повна назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної магістерської роботи

освітнього ступеня магістр  
(бакалавр, магістр)  
спеціальності 101 – Екологія  
(шифр і назва спеціальності)

на тему: Розробка заходів по зниженню антропогенного навантаження на водні об'єкти при скиданні шахтних вод

Виконав: здобувач вищої освіти групи ПЕО-19зм

Петренко В.М.  
(прізвище, та ініціали) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник Мошонько В. І.  
(прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Завідувач кафедри Суворін О.В  
(прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент Лисиця В.Є.  
(прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Сєверодонецьк - 2021 р.

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Володимира Даля**

Факультет \_\_\_\_\_ інженерії \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ хімічної інженерії та екології \_\_\_\_\_  
Освітній ступінь \_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_  
(бакалавр, магістр)  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 101 – Екологія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедри ХІЕ

О.В. Суворін

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

\_\_\_\_\_ Петренку Віталію Михайловичу \_\_\_\_\_

**1. Тема роботи:**

Розробка заходів по зниженню антропогенного навантаження на водні  
об'єкти при скиданні шахтних вод

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_ Мошонько Вікторія Іванівна, к.геол.н. \_\_\_\_\_  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по інституту від 19.11.2020 р. № 163/15.25

**2. Строк подання студентом проекту (роботи) - 15 січня 2021 р.**

**3. Вихідні дані до проекту (роботи):** літературні, патентні та регламентні дані.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):**

Вступ. 1. Аналітичний огляд. 2. Обґрунтування обраного напрямку досліджень. 3. Теоретична частина 4. Експериментальна частина. 5. Прикладна частина 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 7. Еколого-економічні розрахунки. Висновки. Анотація. Література.

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):**

1. Карта-схема техногенного забруднення поверхневих та ґрунтових вод Лисичанського геолого-промислового регіону (1 лист).
2. Склад і основні показники шахтних вод (1 лист).
3. Схема лабораторної установки для пом'якшення шахтної води (1 лист).
4. Результати дослідження з пом'якшення шахтної води (1 лист).
5. Результати дослідження з регенерації катионіту (1 лист)
6. Еколого-економічні показники (1 лист).

**6. Дата видачі завдання – 20 листопада 2020 року.**

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Пор №	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	23.11.2020	
2	Аналітичний огляд	07.12.2020	
3	Обґрунтування обраного напрямку досліджень	14.12.2020	
4	Теоретична частина	21.12.2020	
5	Експериментальна частина	28.12.2020	
6	Еколого-економічні розрахунки	11.01.2021	
7	Висновки. Анотація	14.01.2021	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ Петренко В.М.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ Мошонько В.І.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка		
Справ. №	A4	1	PM.20.01.ПЗ	<u>Текстові документи</u>					
				Пояснювальна записка					
					<u>Графічні документи</u>				
	A4	2	PM.20.02.СХ	Карта-схема техногенного забруднення поверхневих та ґрунтових вод Лисичанського геолого-промислового регіону		1			
	A4	3	PM.20.03.ТБ	Склад і основні показники шахтних вод		1			
	A4	4	PM.20.04.СХ	Схема лабораторної установки для пом'якшення шахтної води		1			
	A4	5	PM.20.05.ЕД	Результати досліджень з пом'якшення шахтної води		1			
A4	6	PM.20.06.ЕД	Результати дослідження з регенерації катіоніту		1				
A4	7	PM.20.07.ТБ	Еколого-економічні показники		1				
Подп. и дата									
Инв. № дубл.									
Взам. инв. №									
						PM.20.01.ПЗ			
	Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				
Инв. № подл.	Розробив		Петренко			ВІДОМІСТЬ	Літ.	Арк	Аркушів
	Перевірив		Мохонько						
	Консультант						СНУ ім. В. Даля, ПЕО-19ЗМ		
	Н. контр.								

		Затвердив.	Суворін				
--	--	------------	---------	--	--	--	--

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: «Розробка заходів по зниженню антропогенного навантаження на водні об'єкти при скиданні шахтних вод» складається з сторінок, таблиць, рисунків, літературних джерел. Графічна частина – 6 аркушів.

### ШАХТНІ ВОДИ, ВОДНІ ОБ'ЄКТИ, ЗАБРУДНЕННЯ, ОЧИЩЕННЯ, ПОМ'ЯКШЕННЯ, КАТІОНІТ, РЕГЕНЕРАЦІЯ

На прикладі шахти «Привольнянська» вивчено склад та фізико-хімічні властивості шахтних вод Лисичанського вугільного басейну. Розглянуто вплив шахтних вод на навколишнє середовище. На підставі проведених досліджень запропонована технологічна схема очистки шахтних вод, що включає освітлення – видалення грубодисперсних домішок, фільтрацію на каркасно-засипних фільтрах з додаванням коагулянтів, попереднє пом'якшення вапнуванням, знезараження, глибоке пом'якшення на катіонітових фільтрах.

Реалізація такої схеми очищення дозволить підготувати шахтну воду для повторного використання на технічні потреби шахти. Це дає можливість зменшити економічні витрати, пов'язані з придбанням води господарсько-питного призначення у виробничих управліннях водопровідно-каналізаційних господарств. Крім того, вживання очищення дозволить поліпшити екологічну ситуацію, що склалася в результаті скидання значної кількості високомінералізованих шахтних вод у водні об'єкти.

Відвернений еколого-економічний збиток складає 37356,862 тис.грн/рік.

					<b>PM.20.01.ПЗ</b>			
<b>Змі</b>	<b>Арк</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>	<b>РЕФЕРАТ</b>	<b>Літ.</b>	<b>Аркуш</b>	<b>Аркушів</b>
Розроб.		Петренко						
Перевір.		Мохонько						
Консультант								
Н. Контр.								
Затверд.		Суворін			<b>СНУ ім. В. Даля, ПЕО-19зм</b>			

## ЗМІСТ

Реферат

Вступ

1 Аналітичний огляд

1.1 Характеристика шахтних вод

1.2 Методи очищення шахтних вод

1.3 Пом'якшення та знесолення шахтних вод для використання в теплоенергетиці

Висновки по аналітичному огляду

2 Обґрунтування обраного напрямку досліджень

3 Теоретична частина

3.1 Фізико-географічні умови території розміщення шахти «Привольнянська»

3.2 Характеристика підприємства та шахтних вод

3.3 Гідрологічні та гідрогеологічні умови території

3.4 Вплив шахтних вод на водне середовище

4 Експериментальна частина

4.1 Визначення складу шахтних вод

4.2 Результати аналізу шахтних вод

4.3 Схема лабораторної установки пом'якшення шахтної води

1.1.1.1.1.1 4.4 Пом'якшення води на катіоніті КУ-2-8

4.5 Регенерація катіоніту КУ-2-8

5 Прикладна частина

5.1 Опис технологічної схеми очищення шахтних вод

5.2 Матеріальні розрахунки

5.3 Підбір обладнання для приготування розчинів реагентів

5.4 Технологічний розрахунок основних споруд

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>			
<i>Змі</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ЗМІСТ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Петренко</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Мохонько</i>						
<i>Консультант</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін</i>				<i>СНУ ім. В. Даля, ПЕО-19зм</i>		

5.5 Розрахунок установки пом'якшення води

6 Охорона праці та безпека надзвичайних ситуаціях

6.1 Охорона праці

6.2 Безпека у надзвичайних ситуаціях

7 Еколого-економічні розрахунки

7.1 Розрахунок еколого-економічного збитку від скидання шахтних вод у поверхневі джерела без попередньої очистки

7.2 Розрахунок еколого-економічного збитку після очищення води

7.3 Економічна оцінка ефективності природоохоронного заходу

Висновки

Анотація

Література

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



## ВСТУП

У багатьох розвинених в промисловому відношенні районах у зв'язку з забрудненням природних водних джерел промисловими і побутовими стоками відчувається дефіцит водних ресурсів. Особливо гостро ця проблема відчутна у Донбасі, де спостерігається зростання техногенного навантаження на всі компоненти довкілля, і перш за все – на водні об'єкти.

При великих обсягах надходження шахтних вод в поверхневі водойми і дефіциту прісної води виникає необхідність вирішення проблеми ресурсозбереження та заміни прісної води шахтної водою в деяких виробничих процесах, а також для комунальних водоспоживачів. У вугільних басейнах зниження витрат дефіцитної і дорогої питної води для технічного водопостачання може здійснюватися за рахунок використання шахтних вод.

Об'єми скидання стічних вод окремими шахтами Донбасу змінюються від 0,5 до 10 млн. м<sup>3</sup> на рік. Шахтні води характеризуються високою мінералізацією, яка перевищує 3,0 г/л, а в ряді шахт становить 20 г/л. Найбільш поширеними забруднювачами шахтних вод є хлористі сполуки і вільна сірчана кислота, яку часто супроводжують розчинні солі, головним чином, сульфати важких металів — заліза, міді, цинку, марганцю і інших. За вмістом хлористих і сірчаних сполук, а також за вмістом Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> і K<sup>+</sup> шахтні води перевищують технічну воду в 5-15 разів, що виключає їх використання без попереднього очищення навіть в технічних цілях.

Зазвичай високомінералізовані шахтні води або скидаються у водні об'єкти без очищення, або піддаються лише механічній та фізико-хімічній очистці, в результаті чого знижується кількість завислих речовин, а практично весь об'єм розчинних мінеральних речовин, що містяться в шахтних водах, надходить в природні водні об'єкти.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>			
<i>Змі</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Петренко</i>			<i>ВСТУП</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мохонько</i>						
<i>Консультант</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін</i>						
						<i>СНУ ім. В.Далія, ПЕО-19ЗМ</i>		

Тому проблема наукового обґрунтування вибору технологій очищення шахтних вод і основних параметрів технологічного процесу: необхідних обсягів і ступеня очищення, типів використовуваних реагентів з урахуванням їх екологічних властивостей, є важливою з точки зору екологічної безпеки та забезпечення стійкості навколишнього середовища.

Мета магістерської роботи – розробка заходів по зниженню антропогенного навантаження на водні об’єкти при скиданні шахтних вод.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- вивчити фізико-хімічних властивості шахтної води;
- провести дослідження по підготовці шахтної води методом іонообмінного пом'якшення або знесолювання, з попереднім вапнуванням, з метою встановлення можливості її повторного використання на теплових станціях або котельних вугільного підприємства;
- розробити технологічну схему очистки шахтних вод Лисичанського вугільного басейну з метою їх використання для потреб енергетики.

Об’єктом дослідження є шахтні води ВП «Шахта «Привільнанська» ПАТ «Лисичанськвугілля», розташованої у м. Привілля Луганської області.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

## 1.1 Характеристика шахтних вод

Шахтні води містять від 3 г/дм<sup>3</sup> і більше механічних домішок (вугілля і порожня порода, інертний пил, продукти розпаду деревини). Вони відрізняються значною мінералізацією (до 30 г/ м<sup>3</sup> і більше) і істотною бактерійною забрудненістю. Кислі шахтні води крім низьких значень рН (порядка 2-4) характеризуються ще високим вмістом сполук заліза (до 2 г/дм<sup>3</sup>). Шахтні води, що витікають з виробленого простору і погашених гірських виробіток, містять незначні кількості зважених речовин (не більше 10 мг/дм<sup>3</sup>) і нафтопродуктів (до 0,1 мг/дм<sup>3</sup>), а тому їх можна віднести до категорії умовно чистих. Але високий солевміст не дозволяє класифікувати їх таким чином.

Шахтна вода зазвичай не має запаху (за винятком тих випадків, коли в ній присутній розчинений метан або сірководень), відрізняється різноманітністю забарвлення і постійністю температури в межах 6-25°C, а також значною жорсткістю (до 38 мг-екв/дм<sup>3</sup>). Шахтним водам властива корозійна активність. Частіше зустрічаються води з сульфатною агресивністю, рідше – кислотною.

Міра кислотності шахтних вод обумовлюється присутністю вільною сірчаної кислоти і характеризується концентрацією водневих іонів (рН). У східному Донбасі кислі шахтні води формуються в антрацитних районах (Гуково-Зверском і Шахтінсько-Несветавськом) (табл. 1.1).

Не можна ототожнювати підземні і шахтні води. Кислих підземних вод в районі вугільних родовищ не існує, тоді як кислі шахтні води мають місце і утворюються у виробленнях (переважно в старих) унаслідок окислення сульфідів сірки (у вигляді піриту) під дією води і кисню повітря. Вони зазвичай містять буру зважену муть - окис і закис заліза [1].

					<i>РМ.20.01.ПЗ</i>					
<i>Змі</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД</b>					
<i>Розроб.</i>	Петренко							<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	Мохонько									
<i>Консультант</i>										
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Затверд.</i>	Суворін				СНУ ім. В.Даля ПЕО-19ЗМ					

Таблиця 1.1 - Якісна характеристика шахтних вод України

Показники	Характеристика і значення показників забруднення шахтних вод
Витрата стічних вод (шахтних) вод на 1 т добутого вугілля	Від 2 до 20 м <sup>3</sup>
Об'єм шахтних вод, м <sup>3</sup>	Від 50 до 1000
Температура, С <sup>0</sup>	6-25
Колір	Чорний, бурий, сірий, жовто-сірий
Присмак	Солонуватий, гіркий, солодкуватий
Запах	Різноманітний
Окислюваність, мг/л	Від 6,5 до 200
БПК <sub>5</sub> , мг/л	0,2 – 110
ХПК, мг/л	5-250
Забруднення нафтопродуктами, мг/л	0-50 і більше
Забруднення зваженими речовинами, мг/л	30-2500
Вміст часток менше 10 мкм у зважених речовинах, %	Від 15 до 53
Зольність зважених речовин, %	20-80
Забруднення мікроелементами	Вміст стронцію, нікелю, міді, титану, цинку, барію, заліза вище дозволених концентрацій
Мінералізація, мг/л	Від 300 до 50 000 і більше
Твердість, мг -екв/л	1,5-30 і більше
Забруднення азотної групи, мг/л	0,01-2,1 1-15 0-10
Іони: NO; NO <sub>3</sub>	
Бактеріальне забруднення:	0,1-333
Колі титр	Від 3 до 10000
Колі індекс	
pH	Від 6 до 9
Агресивність	Слабо агресивні і агресивні

Об'єм шахтних вод залежить від багатьох чинників і складає від менше 100 до більше 1000 м<sup>3</sup>/ч. Кількість води, що поступає в гірські вироблення, тобто обводненість шахт з точки зору водоохоронних заходів має певне значення при виборі тієї або іншої технології очищення шахтних вод. Так, якщо приплив води менше 50 м/ч, вона може бути використана при відповідній водопідготовці для технічних потреб шахти без скидання в гідравлічну мережу.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальний приплив шахтних вод, особливо в неглибоких розробках (до 300 м), спостерігається в період весняної повені. Витрата стічних (шахтних) вод на 1 т. вугілля, що добувається, вагається від 2 до 20 м [2].

По обводненню шахти, а вірніше шахтні поля, діляться на чотири групи:

- що слабо обводнюють і практично необводнені з припливом до 100 м<sup>3</sup>/ч;
- що помірно обводнюють, водопотока яких змінюється від 100 до 300 м<sup>3</sup>/ч;
- обводнення - 300-1000 м<sup>3</sup>/ч;
- що вельми обводнюють - більше 1000 м<sup>3</sup>/ч.

Найбільша кількість шахтних вод виходить в Західному Донбасі і Донецькому басейні (табл.1.2).

Таблиця 1.2 - Обводнення шахт основних вугільних басейнів України

Басейни	Приплив вод, м3/ч			
	До 50	50-100	100-300	300-1000
Донецький	3,4/0,5	9/2,6	58,9/43,1	27,9/50,8
Львівсько-Волинський	35/15,1	55/53,7	5/6,8	5/24,4
Західно-Донбасівський	-	-	-	100/100

Примітка: У чисельнику - число шахт (%), в знаменнику - сумарна водопотока(%).

Приведена характеристика шахт має певне значення при виборі тієї або іншої технології очищення шахтних вод. Склад і властивості шахтних вод залежать від безлічі чинників.

До головних з них можна віднести склад і властивості підземних вод, що живлять гірські вироблення, склад і властивості гірських порід, властивості вугільних пластів, гірничогеологічні і гірничотехнічні умови, засоби механізації виїмки вугілля і проходки підготовчих вироблень, та допоміжні - клімат, рельєф місцевості, рослинність і ін. Шахтні води відрізняються великою різноманітністю хімічного складу, непридатні для пиття і володіють властивостями, що виключають їх використання в технічних цілях без попередньої обробки. Шахтна вода зазвичай не має запаху, проте інколи

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

затхлий неприємний запах додає їй розчинений сірководень або органічні речовини, що розкладаються. Температура води залежно від географічного розташування шахт і глибини розробки вагається в межах 6-25°C. Колір воді надають розчинені і зважені речовини. Наприклад, залізисті сполуки додають воді буре забарвлення, якщо ж тверда фаза переважно представлена дисперсними частками вугілля - шахтні води набувають чорного кольору. При значній кількості порідних включень колір води стає сірим. Інколи зустрічаються шахтні води з жовтуватим-сірим кольором, що вказує на присутність в основному глинистих часток. Присмак шахтній воді додають в основному розчинені мінеральні сполуки, гази і інші речовини. Розповсюджений солоноватий присмак пояснюється присутністю хлористого натрію. За наявності у воді сульфатів магнію і кальцію вона набуває гіркої присмаку, іони заліза надають воді неприємному смаку, органічні речовини солодкуватий [3].

На верхніх горизонтах багатьох шахт переважають гідрокарбонатні шахтні води. Ці води володіють приємним смаком, що є результатом присутності в них гідрокарбонатів, кальцію і магнію, а також вуглекислоти. Забруднення шахтних вод діляться на мінеральні, органічні і бактерійні. Органічні забруднення представлені частками чистого вугілля, мінеральними маслами, вживаними для мастила машин і механізмів, продуктами життєдіяльності живих організмів, розкладання деревини і іншими, основною складовою частиною яких є вуглець (органічний). Ці забруднення знаходяться в шахтних водах в розчиненому і зваженому стані. Більше половини шахтних вод забруднена нафтопродуктами.

Ступінь забруднення шахтних вод органічними речовинами оцінюється за показниками БПК, ХПК і окислюваністю. Окислюваність це забрудненість шахтної води органічними речовинами і виражається кількістю кисню в міліграмах, що витрачається на окислення цих речовин в 1л. води в певних умовах. Величина окислюваності шахтних вод Донецького басейну знаходиться в межах 6,5 - 40мг/л. Іншим показником органічного забруднення шахтних вод

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

є БПК - біохімічна потреба в кисні, яка визначається кількістю кисню необхідного для окислення органічних речовин біологічним шляхом за певний проміжок часу [4].

Зазвичай визначають БПК<sub>5</sub>, БПК<sub>повне</sub> (п'яти і двадцятидобову). Показники БПК різноманітні для вод навіть в межах одного басейну. Так, БПК<sub>5</sub> шахтних вод Донецького басейну знаходяться в межах 0,36-85,9 мг O<sub>2</sub>/л [2], за іншими даними від 0,2 до 110 мг/л [5].

Третім показником забруднення шахтних вод є ХПК - хімічна потреба в кисні, яка визначається кількістю кисню необхідного для окислення всіх забруднюючих речовин у воді за допомогою різних хімічних речовин - окислювачів. Показники ХПК різні для вод навіть в межах одного басейна від 5 до 250 мг/л.

Вміст нафтопродуктів в шахтних водах змінюється від 0 до 50 мг/л і більше. Максимальні концентрації нафтопродуктів спостерігалися на комплексно-механізованих шахтах "Павлоградвуголь" - >50 мг/л. Середній вміст нафтопродуктів в шахтних водах складає зазвичай 0,5-2 мг/л і залежить від міри механізації шахт. Більше половини шахтних вод забруднена нафтопродуктами [6].

Зважені нерозчинні забруднення в шахтних водах представлені у вигляді грубодисперсних суспензій з розміром часток 100 мкм, а також суспензій і колоїдних суспензій з розміром часток відповідно від 100 до 0.1 і від 0.1 до 0.001 мкм. Аналіз шахтних вод 177 шахт Донбасу показав, що в шахтних водах 87% шахт середнього вміст зважених речовин знаходяться в межах 50-600 мг/л, а їх кількість може бути від 30 до 2500 мг/л і більш. Зважені речовини в шахтних водах представлені вугільними і порідними частками, речовий склад яких відповідає складу викопного вугілля і вміщаючих порід. Зольність суспензії, отримана в результаті аналізу осідання, змінювалася от 20 до 80%, причому із зменшенням розмірів часток вона збільшувалася. Найбільш тонкі суспензії представлені в основному глинистими частками [7].

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Частки величиною більше 50 мкм можуть бути в основному уловлені у відстійниках без добавки реагентів; частки в діапазоні 10-50 мкм - у відстійниках, але з добавкою реагентів; частки розміром 5-10 мкм - у фільтрах без добавки реагентів; частки менше 5 мкм - у фільтрах з добавкою реагентів. Кисла шахтна вода містить зважені речовини, представлені головним чином вугільно-порідними частками, а також гідроокисом заліза в колоїдній формі, в деяких випадках тверда суспензія, що міститься в кислих шахтних водах, може повністю складатися з гідроокисів заліза. Кислі шахтні води, що не містять вугільно-порідні частки, можуть бути безбарвні. Проте в більшості випадків вони мають забарвлення від жовтого до жовто-бурого кольору. Інтенсивність забарвлення збільшується із зростанням міри забруднення води. Вміст мікроелементів в шахтних водах обумовлен їх кількістю в підземних водах вугленосних відкладень і процесами, пов'язаними з міграцією елементів з гірських порід в шахтні води. Так, на шахтах Східного Донбасу виявлено біля тридцяти хімічних елементів, що в основному відповідає кількості мікроелементів підземних вод вугленосних відкладень [8].

Ряд мікроелементів, таких як  $Fe$ ,  $Al$ ,  $Mn$ ,  $Cu$ ,  $Sr$  в шахтних водах міститься в значних кількостях в порівнянні з вмістом їх в підземних водах. Вміст окремих мікроелементів в шахтних водах перевищує гранично допустимі концентрації (ГДК), що викликає необхідність проводити оцінку можливості відведення стоків у водоймища з врахуванням їх розбавляючої здатності або попереднього очищення перед скиданням у водоймища. Так, вміст стронцію, нікелю, міді, титану, цинку, барію і заліза вище допустимих концентрації в шахтних водах Донбасу.

Наявність у воді зв'язаною сірчаної кислоти прискорює процеси вилуговування з гірських порід солей міді, цинку, алюмінію. У шахтних водах Російського басейну (ФРН) кількість солей барію і стронцію досягає мг/л.

Важкі метали впливають на здоров'ї людей, і тому повинні враховуватися при очищенні і скиданні стічних шахтних вод у водоймища [9].

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.



Мінеральні забруднення в шахтних водах знаходяться в розчиненому і зваженому стані. Сума мінеральних речовин змінюється значно навіть в межах однієї шахти, проте кожен вугільний басейн можна охарактеризуватися певним інтервалом зміни мінералізації, зустрічаються шахтні води від слабосолонуватих (1-3г/л) до солоних (10-25), а окремі шахти Західного Донбасу характеризуються сильносолоними (25-50 і більш, г/л) шахтними водами (табл. 1.3).

Міра мінералізації шахтних вод із збільшенням глибини розробки зростає. Вельми виразна мінералізації шахтних вод із збільшенням глибини розробки представлена на терновській групі шахт, ПО "Павлоградвуголь", де з переходом гірських робіт на кожен горизонт, що пролягає нижче, солевміст збільшувався. "Пролетарська" ПО "Стахановуголь" під час переходу розробок з відмітки 500 м на відмітку 700 м солевміст у воді зріс з 9 до 35 г/л [10].

Таблиця 1.3 - Мінералізація шахтних вод різних вугільних басейнів України.

Басейн	Мінералізація, мг/л
Донецький	300-35000
Західний Донбас	15000-50000 і більш
Львівсько-Волинський	700-6500

У кислих шахтних (табл.1.4) водах разом із збільшенням кількості сульфат іонів, спостерігається помітне зменшення гідрокарбонатів.

Таблиця 1.4 - Якісний склад шахтних вод України

Басейн	РН	Зважені в-ва мг/л	Залізо заг., мг/л	Хлориди, мг/л	Сульфати, мг/л	Сухий залишок
Донецький	6.8-9.1	20-13000	0.33	24-4000	130-8000	30-7000
Львівсько- Волинський	-	24-1400	-	24-6000	10-500	520-8000

В цілому в шахтних водах, як і в підземних, із збільшенням глибини відбувається зменшення вмісту іонів кальцію, магнію, сульфат іонів і збільшення вмісту іонів натрію і хлору. Солонуваті води перед скиданням у водоймища мають бути опріснені [11].

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

З точки зору вживання сучасних методів їх опріснення солонуваті води умовно розділяються на підгрупи з наступною мінералізацією:

- 1-3 г/л - шахтні води, для опріснення яких економічно доцільне вживання гідротехнічних і хімічних (зокрема за допомогою іонообмінних смол) методів опріснення;

– 3-5 г/л - шахтні води, опріснення яких доцільне з техніко- економічних міркувань проводити освоєними промисловістю апаратами з використанням мембранних методів;

- понад 5 г/л - шахтні води, для опріснення яких економічно доцільно вживання термічних методів опріснення.

Твердість шахтних вод. Розрізняють твердість загальну, карбонатну (тимчасова) і некарбонатну (постійна). Загальна твердість характеризується присутністю у воді солей кальцію і магнію -  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Mg}_3\text{O}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  [12].

Карбонатна твердість характеризується наявністю карбонатів кальцію і магнію, що випадає в осад при кип'яченні, -  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $2\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ . Некарбонатна твердість обумовлена присутністю сульфатів і хлоридів кальцію і магнію. Згідно ГОСТ 4151-72, твердість води виражається в міліграм екв/л кальцію і магнію (1 міліграм. екв твердості відповідає вмісту 20.04 мг/л  $\text{Ca}^{2+}$  або 12,16 мг/л  $\text{Mg}^{2+}$ ). Величина твердості шахтних вод Донбасу, що змінюється в межах 1.5-30 міліграм екв/л і більш. Наявність солей твердості і великої мінералізації шахтних вод сприяє забрудненню водоймищ солями, погіршує питні якості, а деколи робить їх непридатними для господарсько-питних і промислових цілей.

Використання таких вод у сільському господарстві призводить до засолювання ґрунтів і непридатних для вирощування культур. Солі твердості відкладаються на стінках теплообмінників і можуть привести до вибуху казанів. Тому ГОСТом регламентується загальна твердість для вод господарсько-питного призначення не більше 7 мг-екв/л і для парових казанів не більше 0.1 мг-екв/л.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Наявність азотної групи (азоту амонійного, нітритних і нітратних іонів) в шахтних водах вказує на те, що це сталося в результаті розпаду продуктів рослинного і тваринного походження. Наявність азоту амонійного свідчить про свіже забруднення. Присутність нітрит-іона показує, що забруднення сталося давно, і вода піддалася самоочищенню. Наявність нітратів в очищеній шахтній воді вказує на досить повне її очищення від органічних забруднень [13].

Вміст іонів  $\text{NO}_2$  і  $\text{NO}_3$  в шахтних водах складає відповідно 0.01-2.1 і 1-15 мг/л. Наявність цих іонів може вказувати на фекальне забруднення шахтних вод. Бактерійне забруднення шахтних вод обумовлене наявністю в них великої кількості мікроорганізмів, що є наслідком попадання у воду продуктів гниття деревини і живих організмів. Це створює сприятливе середовище для розвитку бактерій, серед яких можуть бути патогенні, шкідливі для організму людини, збудники різних шлунково-кишкових захворювань (черевний тиф, дизентерія і так далі).

Особливо слід виділити кишкової палички (колі), кількість яких служить показником фекального забруднення води. Міра забруднення показниками:

- колі-титром - кількістю води (у мл), в якій виявляється одна кишкова паличка (визначається по ГОСТ 18 963 - 73).

- колі-індексом - кількість кишкових паличок, що знаходяться в 1 л досліджуваною води.

- мікробним числом - загальною кількістю мікробів в 1 мл води.

По бактеріальній забрудненості природні води підрозділяються на п'ять видів (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Види води по бактеріальному забрудненню

Вода	Коли індекс	Колі-титр, мл
Сильнозабруднена	понад 10 000	0.1
Забруднена	1000	1
Слабозабруднена	100	10
Задовільна	10	100

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Зазвичай колі титр шахтних вод знаходиться в межах 0.01-0.001 мл і менш, і рідше в межах 10-100 мл. Проте шахтні води бувають рідко інфікованими і тому представляють меншу небезпеку в епідеміологічному відношенні в порівнянні з побутовими стічними водами. Колі титр шахтних вод Донецького басейну знаходиться в межах 0.4 10~5-100 см<sup>3</sup>. Шахтні води непридатні для пиття без попереднього очищення і дезинфекції. Агресивність шахтних вод по відношенню до бетону і металу обумовлено їх хімічним складом. Шахтним водам в основному властива сульфатна і загальнокислотна агресивність, а при вмісті сульфатів 300-800 мг/л вважається слабоагресивною, а при вмісті сульфатів більш 800мг/л полягає в утворенні гіпсу в результаті взаємодії сульфатів з вапном цементу. При кристалізації в порах бетону гіпсу або сульфату-алюмінату кальцію об'єм отриманих продуктів збільшується більш ніж в 2 рази, що наводить до руйнування бетону [14].

Хлориди, присутні в шахтній воді, взаємодіють з вапном і утворюють розчинний хлористий кальцій, що підсилює тим самим корозію бетону. Підземні води можуть містити і значну кількість вільної вуглекислоти, частина цієї вуглекислоти знаходиться в рівновазі з бікарбонатами і є не агресивною,

а інша частина є активною і вступає в реакції, і тому агресивна.

Вилугованою агресивністю характеризується вода з малою тимчасовою жорсткістю. Це призводить до розчинення карбонату кальцію і вимивання з бетону гідрата окислу кальцію.

Великою сульфатною агресивністю характеризуються шахтні води Донецького басейну. Слід мати на увазі, що при змішуванні різних вод, навіть неагресивних, їх агресивність збільшується.

Таким чином, шахтні води здатні руйнувати відповідні бетонні конструкції - стволи шахт, відстійники хімічного очищення, і можуть завдати шкоди довкіллю, а тому конструкції мають бути захищені (використання спеціальних бетонів, нанесення полімерних покриттів і ін.). Для багатьох видів організмів у водоймищах високоагресивні води є неприйнятними або

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

несприятливими для існування. З вище приведеного видно, що шахтні води мають якісні показники, що варіюють у великих діапазонах.

## 1.2 Методи очищення шахтних вод

Більшість наукових і експериментальних робіт в області очищення шахтних вод направлені на первинне очищення шахтних вод, їх освітлення, знезараження, демінералізацію і нейтралізацію. Очистка шахтних вод зазвичай проводиться механічними, хімічними, фізичними і біологічними методами.

Механічні методи – це освітлення, фільтрування, виділення твердої фази під дією відцентрових сил, згущування осадів на центрифугах і вакуум-фільтрах. Ці методи використовуються як попереднє очищення і звільняють воду тільки від механічних домішок різної величини, тобто освітлюють її.

При хімічних методах очищення води застосовують реагенти для зміни хімічного складу забрудників або форми їх знаходження у воді (коагулювання, флокулювання, нейтралізація, знешкодження (переведення отруйних домішок в нешкідливі), знезараження, у тому числі, методом хлорування, озонування).

Фізичні методи – це видалення і знешкодження шкідливих домішок шляхом зміни агрегатного стану води, дії на неї, наприклад ультразвуком, ультрафіолетовими променями, екстрагентами. Біологічні методи передбачені для очищення води, яка містить забруднення біогенного органічного походження [15].

Освітлення шахтних вод проводиться механічними і хімічними методами в дві стадії: освітлення і фільтрування. Відстоювання може передувати фільтрація або відокремлення грубо зважених домішок на ґратах для видалення із стічних вод крупних плаваючих забруднень і частково зважених домішок, щоб уникнути засмічення каналів і конденсаторів. Проціджування проводиться через ґрати і сита. Відстоювання шахтних вод – це метод очищення від зважених в них часток різних речовин шляхом їх осадження під дією сили тяжіння.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Для очищення шахтних вод застосовують піскоуловлювачі, відстійники і освітлювачі. Піскоуловлювачі (горизонтальні і вертикальні) застосовують для попереднього виділення з шахтних вод важких мінеральних домішок, головним чином силікатів, гідравлічна крупність яких складає 18-24 мм/с.

Відстійники (періодичної і неперервної дії) – це споруди, де проходить осідання зважених у воді твердих часток. На шахтах застосовують відстійники неперервної дії. Вони призначені для уловлювання частинок конкретного фіксованого розміру незалежно від загального ефекту освітлення води і уловлювання певної кількості суспензій з урахуванням необхідного ефекту [16].

Освітлювачі – це апарати для процесу глибокого освітлення заздалегідь обробленої коагулянтном шахтної води шляхом її пропускання через шар раніше сформованого осаду (контактного середовища). В основному використовуються освітлювачі із завислим шаром осаду. Посилення ефективності освітлення пояснюється технологічними властивостями контактного середовища:

- сприятливою дією на процеси агрегації суспензій сильно розвиненої поверхні часток, утворюючих контактне середовище;
- рівномірним розподілом потоків освітленої води;
- збільшенням коефіцієнту об'ємного використання споруди.

Прогресивним напрямом освітлення шахтних вод є розділення суспензій в полі відцентрових сил. Сили, що діють на частки, що виділяються у відцентрових пристроях, інколи значно більші сил тяжіння, діючих у відстійниках, тому їх продуктивність і ефективність у ряді випадків набагато разів вище. Але слід врахувати, що турбулентності, що виникають у гідроциклонах, можуть звести до нуля ефект очищення, якщо осад механічно не стабільний [17].

До пристроїв відцентрового типу відносяться гідроциклони (відкриті – для виділення домішок, що осідають і спливають, і напірні – тільки агрегатостійких грубодисперсних домішок, що осідають) і центрифуги (для

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

видалення з води тонкодисперсних домішок застосовують гідроциклони малого діаметру – мультициклони).

Якщо після попереднього освітлення у відстійниках, освітлювачах або в гідроциклонах не вдається отримати воду необхідної якості, то її доочищують за допомогою фільтрування, виділяючи тонкодисперсні, колоїдні, тверді або рідкі частинки.

Водоочисні споруди, на яких відбувається процес фільтрації, називаються фільтрами. При фільтруванні проходить розділення рідкої і твердої фаз за допомогою пористої перегородки під дією різниці тиску, що створюється надлишковим напором або розрідженням повітря.

Рідка фаза проходить через пори перегородки і збирається у вигляді фільтрату, а тверда (осад) затримується на поверхні перегородки. В залежності від виду фільтруючого середовища, фільтри діляться на тканинні, сітчаті, каркасні, наливні, зернисті і ін.

При очищенні шахтних вод, коли доводиться мати справу із великими об'ємами води, використовують фільтри з сітчатими елементами і фільтри із зернистим завантаженням, для роботи яких не потрібно великого тиску.

У шахтній воді, що відкачується на поверхню, містяться досить дрібні частки, аж до колоїдних. Швидкість осадження таких часток фактично дорівнює нулю, вони можуть довгий час знаходитися у воді.

Таким чином, забезпечується лише грубе очищення шахтних вод. У шахтних водах кількість грубих суспензій незначна і тому механічне відстоювання, а також фільтрація не застосовується.

Для прискорення процесу відстоювання і посилення його ефективності застосовують хімічні методи обробки води – вносять коагулянти і флокулянти, що мають заряд, протилежний заряду зважених часток.

В результаті заряди останніх нейтралізуються, починають злипатися, створювати важчі агрегати, які легко осідають, захоплюючи за собою частки, які ще не піддалися обробці коагулянтом. Як реагенти використовуються сірчаноокислий алюміній, сірчаноокисле і хлорне залізо, поліакриламід і ін.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Ефективність коагуляції підвищується при постійності складу і температури води, невеликій її витраті, а також правильному виборі коагулянта, рівномірному перемішуванні його у воді. Таким чином, осадження частинок – явище дуже складне і залежить від багатьох чинників: розміру і форми часток, реагентів, а також швидкості руху води, її в'язкості.

Слід врахувати, що флокуляція і коагуляція ефективно працюють тільки при концентрації завислих речовин більше 40 мг/дм<sup>3</sup>, тоді як в більшості випадків шахтні стоки не містять суспензій у вказаному діапазоні концентрацій.

Інколи для попереднього освітлення забрудненої шахтної води перед водозбірниками головного водовідливу встановлюють невеликі резервуари-відстійники, призначені для затримання найбільш крупних частинок механічних домішок [18].

У технологічних схемах очистки передбачено, що умовно чисті шахтні води в об'ємі до половини загальношахтного водопритоку, уловлюють і через ізольовані водоводи збирають у водозбірники дільничного або головного водовідливів.

Забруднені шахтні води самопливом поступають на очисні споруди дільничного водовідливу, обладнані похилими тонкошаровими модулями. Навіть просте відстоювання призводить до деякого зниження концентрації забрудників. При цьому одночасно знижується зміст Fe<sup>2+</sup> на 81%, Fe<sup>3+</sup> – до 27%, Al<sup>3+</sup> – на 45-58%, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> до 88% з освітленням води і утворенням рихлого осаду. Паралельно відбувається зниження вмісту у воді іонів кальцію в 3,7 і магнію в 2,1 рази з відповідним пониженням загальної твердості води з 16,12 до 4,75 мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Основними споживачами шахтних вод є: технологічні процеси на збагачувальних фабриках і установках з мокрим збагаченням вугілля; профілактичне замулювання і гідрозакладка виробленого простору; котельні, лазні і пральні; боротьба з пилом в підземних виробленнях, на технологічних комплексах поверхні шахт і на збагачувальних фабриках [19].

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.



### 1.3 Методи пом'якшення та знесолення шахтних вод для використання в теплоенергетиці

Одним з головних є завдання очищення шахтних вод, що містять велику кількість мінеральних солей. В деяких випадках для очищення шахтних вод намічено будувати опріснювальні установки, економічна вигідність яких визначається тим, що очищені шахтні води можуть бути використані на ТЕЦ.

Використання шахтних вод на технічні і технологічні потреби додатково вивільняє в рік 60 млн. м<sup>3</sup> питної і технічної води (з 160 млн. м<sup>3</sup>, споживаних шахтами за рік).

Останніми роками ряд організацій проводять в Донбасі дослідження по опрісненню шахтних вод. Так, на шахті «Петровська» працює дослідно-промислова опріснювальна установка електродіалізу, на шахті «Герновська» — дослідно-промислова адіабатична опріснювальна установка. Вже в 1975 р. для технічних і технологічних цілей було використано 42 млн. м<sup>3</sup> очищеної шахтної води, а для потреб сільського господарства близько 22 млн. м<sup>3</sup>. Крім того, велика частина очищеної води пішла на поповнення водних запасів багатьох водосховищ.

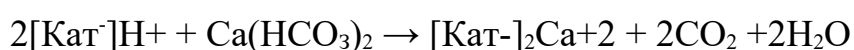
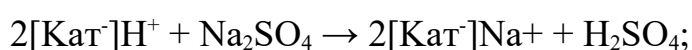
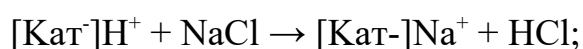
Знесолювання шахтних вод є складним і дорогим процесом. Після знесолювання тим або іншим методами, вода використовується на ТЕЦ і в котельних вугільного підприємства. Суть знесолювання полягає в зниженні солевмісту води до декількох міліграм або доль міліграм на 1 л. Знесолювання води може бути досягнуте іонним обміном, електродіалізом в багатокамерних апаратах і іншими методами.

Вибір методу знесолювання води обумовлений вимогами до якості знесоленої води і економічними міркуваннями. Вартість знесолювання води іонним обміном сильно зростає із збільшенням солевмісту води; одночасно знижується глибина знесолювання води. Тому знесолювання іонним обміном використовується переважно для води з солевмістом менше 800 - 1000 мг/л [20].

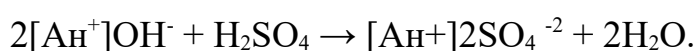
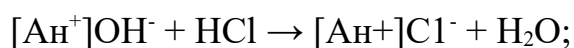
					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Очищення шахтної води методом іонного обміну останнім часом набуває більшого поширення, оскільки цей метод дозволяє утилізувати коштовні домішки, очищує воду до гранично-допустимих концентрацій і забезпечує можливість використання очищених вод у виробничих процесах або системах оборотного водопостачання. Знесолювання води іонним обміном досягається шляхом фільтрації її через гранульовані катіоніти і аніоніти, що являються полімерними і нерозчинними у воді, відповідно органічними кислотами і основами.

При контакті з H<sup>+</sup>-катіонітом або при фільтруванні води через шар гранульованого H<sup>+</sup>- катіоніта в результаті обміну катіонів розчинених у воді солей на H<sup>+</sup>-іони, розчинені у воді солі перетворюються на відповідні кислоти:



При фільтруванні води через гранульований ОН-аніоніт відбувається сорбція сильних кислот аніонітом, вуглекислота заздалегідь видаляється з води аерацією:



Слабкі кислоти (кремнієва і вугільна) сорбували лише тими аніонітами, які мають сильноосновні активні групи. Але і на цих аніонітах сорбція слабких кислот відбувається лише після попереднього видалення сильних кислот. Процес видалення аніонів сильних кислот здійснюють на I рівні знесолювання на фільтрах, завантажених слабоосновним аніонітом. На катіонітних і аніонітних фільтрах II рівня здійснюють дознесолення води. При цьому аніонітні фільтри II рівня завантажено сильноосновним аніонітом, що затримує аніони слабких кислот. Після виснаження ємкості поглинання Н-катіонітні фільтри регенерують 1-1,5%-ним розчином кислоти.

Триступінчата іонітна установка, що знесолює, дозволяє понизити загальний солевміст води з 100-500 до 0,05-0,1мг/л, у тому числі вміст кислоти

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

до 0,02-0,05 мг/л. Замість двох фільтрів (Н і ОН - фільтрів третього рівня) в установці для повного знесолювання може бути застосований фільтр із змішаним катіонітно-аніонітним завантаженням. Доповнення цих фільтрів до одно або двоступінчатої установки дозволять значно збільшити глибину знесолювання води.

Питому витрату сірчаної кислоти на регенерацію фільтрів другого і третього рівня приймають, рівним 100г на 12-еквівалентів робочої змінної ємності катіоніту у фільтрі.

Відпрацьований регенераційний розчин і промивні води цих фільтрів в стік не скидають, а використовують для регенерації анаіонітних фільтрів першого рівня. При проектуванні установок для глибокого знесолювання води слід передбачати комунікації і баки, що дозволяють збирати, зберігати і подавати на фільтри першого рівня відпрацьовані регенераційні розчини і промивні води фільтрів [21].

Окрім іонного обміну для знесолювання шахтних вод часто застосовують метод електродіалізу. Процес видалення солей з води електродіалізом полягає в наступному. Якщо в середнє відділення ванни, розділеної діафрагмами на три відділення, залити воду, що містить розчинені солі, наприклад хлорид натрію, а в крайнє відділення, залите чистою водою, помістити електроди і вести електродіаліз, то аніони переноситимуться струмом в анодний простір. На аноді виділятиметься кисень і хлор, і утворюватиметься кислота. Одночасно катіони переносяться в катодний простір. На катоді виділяється водень, і утворюється луг. Ефективність процесу знесолювання води різко підвищується в результаті вживання в електрохімії активних (іонообмінних) діафрагм, здатних пропускати іони лише одного знаку. Завдяки селективній іонній провідності, а так само високому опорі іонітних діафрагм, їх вживання дозволить підвищити коефіцієнт виходу по струму до 85-95%.

Метод електродіалізу широко застосовується в даний час. Цей метод є перспективним для очищення шахтних вод від зважених і колоїдних часток, які можуть засмічувати йонітні діафрагми [22].

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Вимоги, що пред'являються в промисловості, до якості споживаної води визначаються специфічними умовами тих або інших технологічних процесів, наприклад, багато виробництв вимагають м'якої води, тобто що не містить солей кальцію і магнію.

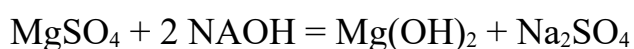
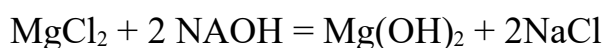
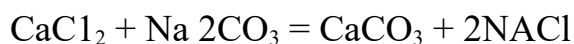
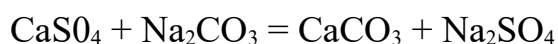
Суть пом'якшення води полягає в тому, що у воді за допомогою тих або інших методів знижують концентрацію катіонів кальцію і магнію, що обумовлюють твердість води [18]. Жорсткістю води називають суму концентрацій розчинених в ній з'єднань кальцію і магнію. Виражають твердість в еквівалентах (міліграм-еквівалент або мікрограм-еквівалент в літрі). Раніше вважали, що лише цими з'єднаннями обумовлена здатність води утворювати накип при нагріванні або випаровуванні. Така думка ґрунтувалася на тому факті, що вживання природної необробленої води для живлення казанів приводило до утворення накипу, на 90-95% що складається із з'єднань кальцію і магнію. Домішки оксидів заліза, інколи міді, цинку і інших речовин вважали випадковими і помилково за ними не визнавали самостійної здатності до накипоутворення. Було відмічено, що нагрівання природної води до кипіння і підтримка цього кипіння протягом деякого часу помітно знижує твердість води із-за часткового випадання кальцію і магнію у вигляді вуглекислих солей. Для магнію був встановлений складніший склад осаду. Твердість, що залишається після кип'ячення, вже не виділялася в осад, цю твердість стали називати постійною, а різниця між загальною жорсткістю і постійною отримала назву усуненої твердості або тимчасової.

Таким чином, першим способом зм'якшування природних вод і було їх нагрівання і кип'ятіння. Для пом'якшення води застосовують наступні методи: термічні (засновані на нагріванні води, її дистиляції або виморожуванні); реагентні (при яких іони  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ , що знаходяться у воді, зв'язуються різними реагентами в практично нерозчинні з'єднання); іонного обміну (засновані на фільтруванні пом'якшеної води через спеціальні матеріали, що обмінюють іони  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ -йони на  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  що містяться у воді); комбіновані методи осадження. Всі способи пом'якшування води, які супроводжувалися

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

утворенням опадів, отримали назву методів осадження.

Іони кальцію і магнію утворюють ряд малорозчинних з'єднань як реагенти-осаджувачі пропонувалися сода і їдкий натр, сода і гідроксид кальцію, фосфат натрію, шавлевокислий натрій і їдкий натр і ін. Практичне вживання отримали лише сода і  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , рідше сода і їдкий натр. Реакції, що протікають при обробці води цими реагентами, представляють у вигляді хімічних рівнянь:



Проте вочевидь, що всі ці процеси зводяться по суті до з'єднання іонів кальцію і іонів  $\text{CO}_3^{2-}$  в малорозчинний карбонат і до з'єднання іонів магнію з гідроксильними іонами в малорозчинний  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Аніони ж, які присутні у воді разом з іонами  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ , так само як і іони натрію реагентів, що вводяться, — соди і їдкого натра, залишаються в розчині. Отже, глибина пом'якшення води цими методами залежить від розчинності з'єднань, що утворюються, тобто  $\text{CaCO}_3$  і  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , і міри наближення води до стану рівноваги, тобто характеризується швидкістю виділення (кристалізації) цих з'єднань. Сильний вплив на швидкість кристалізації, а значить, і на повноту пом'якшення, надає інтенсивність перемішування, що сприяє підвищенню контакту розчину, з якого походить виділення (кристалізація) речовини, з твердими поверхнями часток, що вже утворилися. Іншим способом інтенсифікації процесу кристалізації є вживання інтенсивного перемішування води з реагентами. Проте за всіх найоптимальніших умов твердість води шляхом вапняно-содового пом'якшення не вдається знизити глибше, ніж до 0,15-0,20 мг-екв/л. Оскільки для сучасної енергетики необхідне набагато глибше пом'якшення, то вапняно-содовий спосіб не застосовується в даний час для підготовки живильної води. Не виключено, що цей спосіб відродиться для обробки деяких стічних вод, що виходять при експлуатації ТЕЦ.

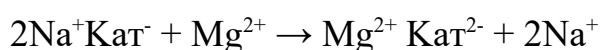
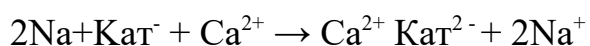
Катіонування води завжди проводять в динамічних умовах, тобто в

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

умовах фільтрування води через шар катіоніту. У переважній більшості технологічних схем, вода через шар катіоніту рухається в напрямі зверху вниз. У найбільш поширених катіонітних установках, обладнаних фільтрами насипного типу, шар катіоніту при роботі фільтру нерухомий. Швидкість фільтрування води визначається в основному конструктивними особливостями вживаної апаратури. У фільтрах різного типу значення робочої швидкості руху води змінюються від 10 до 125 м/годину.

Na-катіонування води повинне забезпечити заміну катіонів, що містяться у воді, на іони натрію. При обробці природних вод, Na-катіонування служить в основному для зм'якшування води, тобто видалення з неї іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ .

Реакції обміну в цьому випадку виглядають так:



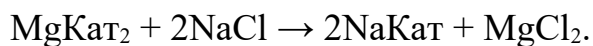
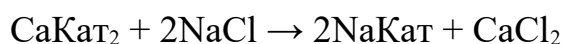
де Кат<sup>-</sup> - тверда нерозчинна у воді частина молекули катіоніту, що має негативний заряд.

При Na<sup>+</sup>-катіонуванні жорсткої води на кожен еквівалент поглинених з розчину іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  в розчин поступає один еквівалент іонів Na<sup>+</sup>. Концентрація кожного з присутніх в розчині аніонів, так само як і їх сумарна концентрація, в процесі Na - катіонування залишається постійною, оскільки аніони не можуть брати участь в іонному обміні на катіоніті. Загальна лужність води і окремі її форми в процесі Na-катіонування не змінюються. Загальний солевміст, виражений в масових одиницях, зростає тим більше, чим більше доля магнію в загальній твердості вихідної води. Значення твердості Na-катіонітної води визначається умовами регенерації катіоніту.

Можливість регенерації катіоніту, тобто переводу його у вихідну форму, обумовлюється оборотністю реакцій йонного обміну. Для здобуття катіоніту в Na-формі необхідно, аби відпрацьований йоніт контактував з розчином якого-небудь з'єднання натрію. При виборі конкретного реагенту враховують розчинність продуктів регенерації, що утворюються. З числа реагентів, що дають добре розчинні продукти регенерації, вибирають найбільш дешевий і

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

недефіцитний продукт. Всім перерахованим вимогам відповідає куховарська сіль, тому її застосовують на Na-катіонітних установках. Реакції регенерації катіоніту розчином хлориду натрію:



У йонітних фільтрах насипного типу очищення води, у тому числі і Na-катіонітне, завжди проводиться на не повністю регенованих іонітах. Кількісною мірою неповноти регенерації є міра регенерації, під якою розуміють відношення різниці між повною змінною ємністю шару іоніту  $E_{\text{сл}}$  і кількістю іонів  $g_{\text{ост}} = 0$ , що залишилися після регенерації, до повної змінної ємності шару:

$$\text{Міра регенерації} = (E_{\text{сл}} - g_{\text{ост}}) / E_{\text{сл}} = 1 - (g_{\text{ост}} / E_{\text{сл}})$$

При повній регенерації, коли  $g_{\text{ост}} = 0$ , міра регенерації дорівнює одиниці, у всіх останніх випадках вона менше одиниці.

Міра регенерації шару Na-катіоніта залежить від вмісту в розчині кухонної солі сторонніх катіонів (в основному  $\text{Ca}^{+2}$  і  $\text{Mg}^{+2}$ ), концентрації і витрати регенеруючого розчину. При вельми великій витраті регенеруючого розчину постійного складу в системі катіоніт – регенеруючий розчин встановлюється рівновага. При цьому розподіл іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ , що залишаються в катіоніті, по всій висоті шару виходить однаковим. Чим більше в кухонній солі кальцію і магнію, чим вище їх концентрація в відрегенованому катіоніті, тим більше залишкова твердість фільтрату в подальшому циклі того, що Na-катіонування води.

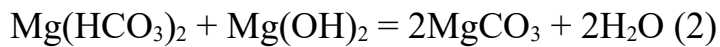
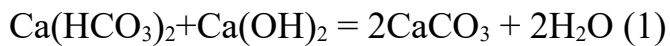
Зазвичай в цілях економії солі не добиваються встановлення рівноваги всього об'єму катіоніту, що знаходиться в колонці, з вихідним розчином NaCl і обмежуються пропуском менших кількостей регенераційного розчину. Концентрація йонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ , що залишаються в катіоніті, по висоті шару при цьому виявляються неоднаковими [6].

Одним з найбільш дешевих і ефективних способів пом'якшення шахтної води є метод реагентної обробки за допомогою вапна. Доцільно використовувати вапнування для пом'якшення вод з лужністю, що перевищує

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

загальну твердість.

Хімізм вапнування може бути представлений наступними рівняннями:



Друга реакція протікає при підвищеній дозі вапна (ведення процесу в гідратному режимі, тобто при  $\text{pH} > 9$ ), а також при підігріванні (в ході процесу утворюється і випадає в осад  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  – гідроксид магнію).

Ефективність процесу вапнування води залежить від цілого ряду чинників:

- правильного дозування вапна задовільної якості і використання методу коагуляції;
- підігрівання води до строго заданої температури;
- багатократного використання шламу, що утворився, для поглиблення процесу обробки;
- вибору оптимальних режимів руху оброблюваної води у відстійниках-освітлювачах.

Нейтралізацією початкової води до вапном оптимальної концентрації до величини  $\text{pH} = 4,9-5,0$  забезпечується первинне осадження. Осад, що утворюється, повільно осідає із швидкістю 0,72 м/год. Осад гідроксиду алюмінію (до 100 м<sup>3</sup>/год.) після добового ущільнення зневоднюється на вакуум-фільтрі (питома продуктивність  $Z = 2,5-2,8$  кг/м<sup>2</sup>·год.) і з вологістю 85% із швидкістю відповідної для першого і другого складів шахтної води 967,3 і 407,5 кг/год. поступає на переробку для виробничих потреб. Добове ущільнення вимагає резервуарів з дуже великими робочими об'ємами.

Осаду утворюється дуже багато, він рихлий і навіть після фільтрації має високу вологість. Освітлена вода навіть після очищення залишається сильно забрудненою солями заліза і важких металів. Для видалення із неї іонів двовалентного заліза (кислих шахтних вод) доводиться донейтралізувати її вапняним молоком до величини  $\text{pH} = 8,5-9,0$  з повним видаленням іонів двовалентного заліза у тверду фазу.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.



Процеси вапнування доцільно поєднувати з коагуляцією і здійснювати її за допомогою таких реагентів, як сірчаноокисле залізо  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  та сірчаноокислий алюміній. В результаті коагуляції відбувається зниження окислюваності зважених речовин та сполук заліза. Домішки переходять у тверду фазу, завдяки чому спрощується їх переробка при створенні безстічних схем. Але значного зниження ХСК і мінералізації коагуляція дати не може.

Для видалення осаду, що утворюється, в схемі водопідготовки необхідно передбачати освітлювач і механічний фільтр або проточну центрифугу типу ОГШ, або відстійники з блоками тонкошарового відстоювання.

Залежно від вимог споживача до якості пом'якшеної води остання або може використовуватися безпосередньо після механічного фільтру, або направлятися на доочистку. Доочистку води рекомендується проводити за допомогою іонітних та катіонітових фільтрів.

Знесолення води. Схема знесолювання методом іонного обміну включає ряд додаткових операцій, пов'язаних із завершеністю циклу водопідготовки: обробка і утилізація шламів, що утворюються, і рідких регенераційних стоків (розсолів).

Оптимальна доза вапна складає  $100-500 \text{ мг/дм}^3$ ; залишкова твердість при цьому є у межах  $1,4-1,8 \text{ мг-екв/дм}^3$ . Таким чином, в результаті порушення вуглекислотної рівноваги вправо, при вапнуванні відбувається часткове пом'якшення води (видаляється перш за все карбонатна твердість), зниження лужності (розпад  $\text{HCO}_3^-$ ), декарбонізація (видалення  $\text{CO}_2$ ), часткове зниження сухого залишку (солевміст). Проте солевміст залишається високим ( $2300 \text{ мг/дм}^3$ ) і не відповідає вимогам до води, що використовується для підживлення котлів. Тому необхідне глибше пом'якшення і знесолювання води.

Ці операції здійснюються послідовно на катіонітовому фільтрі. При цьому досягається різке зниження солевмісту води.

Таким чином, шахтні води середньої мінералізації можна шляхом відповідної підготовки довести до норм якості води, що використовується у зворотних системах охолодження, а також для живлення котлів систем

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

отримання гарячої води та пари.

Сучасний підхід до вирішення проблеми охорони навколишнього природного середовища спрямований на розробку безвідходних (маловідхідних) технологій, у тому числі безстічних схем водопідготовки, утилізації відходів, які утворюються при цьому.

Лужні компоненти (карбонат кальцію і гідроксид магнію), що містяться у шламах із процесів водопідготовки з використанням шахтних вод, можуть бути використані для нейтралізації кислих стічних вод, як в'язучи при виробництві бетонів і силікатної цеглини, а також замість вапна в штукатурних і кладкових розчинах.

Застосування вапнування забезпечує сприятливу зміну основних показників якості обробленої води, що приводить до економії кислоти і луку при подальшому знесоленні вапнованої води методом іонного обміну, тобто зменшенню об'єму регенераційних стоків. Реагентний метод – надійний. Але об'єми шахтних вод дуже великі і запропоновано використовувати доочистку стічних вод на іонітах. Іонний обмін – ефективний метод знесолення, але в ході регенерації іонообмінних смол утворюються ще більш мінералізовані регенераційні стоки.

Зворотний осмос і електроосмос потенційно теж можуть бути використані для доочистки шахтних вод після вапнування, але враховуючи граничність об'єму переробки, використання цих методів економічно нереально.

Рідинні регенераційні стоки, які утворюються від доочистки води на іонітах представляють собою багатоконпонентні системи, що містять розчинені солі. Їх переробка здійснюється із застосуванням електролізу, випаровування, кристалізації. Для вибору таких методів слід визначити їх кількісний сольовий склад, оцінити можливість розділення сумішей і експериментально досліджувати процеси виділення солей по спеціальній схемі [8].

Відомий метод опріснення стічних вод електродіалізом, котру перед цим обробляють на катіонітових і сульфогольних фільтрах. З метою зменшення

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

кількості мінералізованих стоків, та здешевшення очистки, запропоновано воду опрісненувати в електродіалізаторі в катодній камері в кислій середі . (Патент США № 3341774 кл. 204-180. 12.09.67). Недолік даного методи отравлення мембран полівалентними іонами. Тому розроблено метод, в якому шахтні води перед електродіалізом підкислюють до рН 0,5-3 (Патент СРСР № 655653 від 08.04.79).

Відомий метод пом'якшення води сумішю соди та вапна. В присутності затравок, наприклад піску або карбонату кальцію чи магнію. Та цей процес протікає повільно, а затравки мало ефективні [23].

Розроблено реагентний метод де пом'якшення води здійснюють за допомогою луку і соди, у кількості не менше 105% від стехіометричного, в присутності осаду, виділеного раніше з цієї води, с послідуочим відділенням разом з новутвореним осадом. Недолік цього методи, тривалість процесу і великий вологовміст осаду.

На базі цього способу проведенні дослідження по обробці води лугом і содою, в присутності осаду, що спочатку висушують та з подальшим відстоюванням [24].

Проведено ряд досліджень по запобіганню відкладення сульфату кальцію з високомінералізованих вод шляхом вводу в них інгібітуру накипуутворювача і кристалічною затравки, з послідуочим упарюванням. Ці методи різняться тим, що в одних, з ціллю підвищення ступеню запобігання і зниження витрати реагентів, інгібітори накипоутворення вводять у вигляді водорозчинних похідні поліетиленполіаміну або поліетилен аміна з амінометилфосфоновими групами або їх суміш, при чому інгібітор вводять до упарювання. А кристалічну затравку по досягненню ступеню перенасищення по сульфату кальцію 100-130 % [25,26,27,28].

Відомий винахід установки водопідготовки для пересувних котелень. В якій, з метою зменшення витрат, встановлено додатковий бак зм'якшеної води, з'єднаний з входом до натрій-катионітного фільтру. Цей спосіб дозволяє

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

проводити обробку високомінералізованих вод жорсткістю більше 10 мг-екв/л, без загіпсування катіоніту, та попереднього зм'якшення води [29].

Розроблені апарати термічного пом'якшення вод, різних вдосконалених конструкцій - з нахиленими перегородками та без, з додатковими теплообмінниками в різних частинах апаратів [30,31].

#### Висновки по аналітичному огляду

Більшість наукових і експериментальних робіт в області очищення шахтних вод направлені на первинне очищення шахтних вод - освітлення, знезараження, нейтралізацію. Очищені таким чином шахтні води характеризуються високим вмістом солей твердості і не можуть бути використані в теплоенергетиці.

Використання методів пом'якшення вапнуванням і доочистки шахтних вод методом іонного обміну є актуальним і перспективним через наступні причини:

1. За рахунок використання шахтної води, в якості теплоносія для котельних може бути досягнута значна економія води, запаси якої в обмежені.
2. Ці дає можливість зменшити збиток, що наноситься довкіллю, за

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

рахунок скорочення скидів шахтних вод у водоймища.

3. Застосування вапнування забезпечує сприятливу зміну основних показників якості обробленої води, що приводить до економії кислоти і лугу при подальшому знесолеванні вапнованої води методом іонного обміну, тобто зменшенню об'єму регенераційних стоків. Комбінований метод знесолення дозволить використовувати і для доочищення високомінералізованих шахтних вод більш глибоких горизонтів.

Використання вапнування і іонітного катіонування для доочищення шахтних вод може бути перспективним в разі використання очищених шахтних води в теплоенергетиці для підживлення водогрійних котлів і тепломереж, а також живлення парових котлів низького і середнього тиску.

					РМ.20.01.ПЗ	Арк
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

## 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Шахтні води мають підвищену мінералізацією та характеризуються несприятливими властивостями, багато з них містять токсичні сполуки. При надходженні шахтних вод в поверхневі водойми відбувається інтенсивне забруднення останніх, що виключає можливість використання поверхневих вод в промислових і комунальних цілях. Якість води впливає на стан здоров'я населення, водні організми, функціонування технологічних систем і якість продукції, що випускається.

При великих обсягах надходження шахтних вод в поверхневі водойми і дефіциту прісної води виникає необхідність вирішення проблеми ресурсозбереження та заміни прісної води шахтної водою в деяких виробничих процесах, а також для комунальних водоспоживачів.

Збереження корисних властивостей води - її високою теплоємності і великий розчинюючої здатності забезпечується тільки при очищенні шахтної води від деяких домішок. Однак при традиційних технологіях очищення відбувається вторинне забруднення навколишнього середовища. Тому проблема наукового обґрунтування екологічної безпеки вибору технологій очищення шахтних вод і основних параметрів технологічного процесу: необхідних обсягів і ступеня очищення, типів використовуваних реагентів з урахуванням їх екологічних властивостей, є важливою з точки зору екологічної безпеки та забезпечення стійкості навколишнього середовища.

Загальні вимоги до технології очищення шахтних вод:

- технологія очищення має передбачати видалення завислих речовин, знезараження та пом'якшення;
- якість очищення шахтних вод має забезпечувати можливість широкого

					<b>PM.20.01.ПЗ</b>		
<b>Змі</b>	<b>Арк</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>			
Розроб.	Петренко				<b>Літ.</b>	<b>Аркуш</b>	<b>Аркушів</b>
Перевір.	Мохонько						
Консультант					<b>СНУ ім. В.Даля, ПЕО-19зм</b>		
Н. Контр.							
Затверд.	Суворін						
<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>							

використання очищеної води на виробничі потреби підприємства і задовольняти умовам скидання залишкового об'єму у водойми.

Створення такої технологічної схеми, дозволить зменшити обсяг вод, що скидаються у водоймища, понизити витрати підприємства на закупівлю питної води для теплових станцій і таким чином отримати альтернативне джерело водопостачання, що особливо важливо для умов Донбасу.

					РМ.20.01.ПЗ	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

### 3 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Фізико-географічні умови території розміщення шахти «Привольнянська»

Територія для розміщення промислового майданчика шахти ВП «Шахта «Привільнянська» ПАТ «Лисичанськвугілля» розташована у межах населеного пункту м. Привілля Луганської області. Найближчими населеними пунктами, розташованими поруч, є місто Кремінна, Рубіжне, Новодружівськ.

Регіон розміщення шахти характеризується помірно-континентальним кліматом з відносно нетривалою холодною зимою, дуже жарким літом і помітно вираженими посушливо-суховійними явищами. На клімат регіону суттєвий вплив має порівняно значна кількість сонячної радіації, домінування континентального повітря помірних широт та значна відстань від океанів та морів. Характерними для регіону є доволі спекотні літні періоди з посухами. Зими помірно холодні з нестійким сніговим покривом. Температурний режим нестійкий і протягом року характеризується значними коливаннями. Середня температура влітку: +19 ... +22 °С.

Найспекотніша погода спостерігається в середині липня, коли повітря прогрівається до +29°C і вище (максимальні температури сягають +40°C). Червень - найбільш вітряний місяць. Восени погода прохолодна і волога. Можливі ранні заморозки. Зима, як правило, починається в грудні. Середня температура зими: -2 ... -6 °С. Найнижчі температури відзначаються в січні. Глибина промерзання ґрунту сягає 70-80 см. Весна прохолодна і волога з характерними грозовими дощами у травні. Середньорічна кількість опадів в м. Кремінна становить близько 475-540 мм. Найвологіший місяць – липень, найсухіший – березень. Влітку кількість опадів становить 80% річної суми,

					<i>РМ.20.01.ПЗ</i>				
<i>Змі</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Петренко</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Перевір.</i>	<i>Мохонько</i>								
<i>Консультант</i>					<i>СНУ ім. В.Даля, ПЕО-19ЗМ</i>				
<i>Н. Контр.</i>									
<i>Затверд.</i>	<i>Суворін</i>								



взимку опади у вигляді снігу більше випадають на сході регіону, ніж на заході. В теплий період року (квітень-вересень) випадає 299-325 мм, в холодний період (жовтень-березень) – 180-215 мм. Величини сумарної сонячної радіації сягають 4150-4350 МДж/м<sup>2</sup>, радіаційний баланс – від 1800 до 1900 МДж/м<sup>2</sup>, тривалість сонячного сяйва – від 2050 до 2100 годин на рік, сума активних температур вище +10°C, тривалість сонячного сяйва – 2700-3350 год. Показник атмосферного тиску взимку становить біля 1019±4 гПа, влітку знижується до 1013±3гПа.

Коротка характеристика окремих елементів клімату надана Луганським обласним центром з гідрометеорології від 21.05.2020 р., наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Характеристика окремих кліматичних елементів

Характеристика	Величина
Коефіцієнт, що залежить від стратифікації атмосфери	200
Коефіцієнт рельєфа місцевості	1,0
Середня максимальна температура повітря найбільш жаркого місяця (липня), Т, °С	27,8
Середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця (січня), Т, °С	-7
Пн	13,5
ПнС	6,8
С	10,7
ПдС	13,0
Пд	13,7
ПдЗ	12
З	13,3
ПЗ	14,4
Максимальна швидкість вітру, повторюваність перевищення якої складає 5%, м/с	9

Ландшафт степовий. Поверхня області являє собою хвилясту рівнину, що підвищується від долини Сіверського Дінця на північ і на південь, де розташовується Донецький кряж.

Степові ландшафти — тип рівнинних ландшафтів, що сформувалися в умовах недостатньої зволоженості й достатньої кількості тепла на лесових породах і лесах. Характеризуються рівнинно-низовинною, схилово-височинною поверхнею, розчленованою річковими долинами, балками, з великою кількістю

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

степових подів і блюдець на низовинах. У рослинному покриві в минулому переважали природні степи, серед яких були поширені лучно-степові, степові галофітні, петрофітні угруповання, байрачні ліси; тут домінують чорноземи звичайні та південні, темно-каштанові ґрунти в комплексі з солонцями, глее-солодями, солончаками. Висока розораність степових ландшафтів, характер вітрової діяльності та випадання атмосферних опадів спричиняють розвиток вітрової і водної ерозії.

Стан ландшафту в районі розташування шахти характеризується, як вищий від середнього – від 40 до 50 відсотків площі природних елементів в загальній площі ландшафту.

Ґрунтовий покрив території представлений чорноземами звичайними малогумусними різної степені змитості. По механічному складу піщаносередньосуглинисті. Розвинуті ці ґрунти на підвищеній південно-західній частині міста: на водорозділах та їх пологих схилах. Ґрунти мають хороший гумусований профіль, в нижній частині прослідковується включення карбонів в вигляді гнізд та мучнистих плям. Потужність гумусового горизонту досягає 0,8-1,0 м.

Матеріали обстеження ґрунтів Луганської області свідчать, що значна частина ґрунтів малоприсадатна для сільськогосподарського використання за своїм генетичним походженням (ґрунти на пісках, піщаниках, сланцях та ін.), ознакам засолення, щербистості і заболочування. Тривале використання земель для сільськогосподарських потреб без належних агротехнічних заходів призвело до фізико-хімічної деградації ґрунтів, тому що з інтенсивними ерозійними процесами спостерігається комплекс таких негативних факторів, як зниження вмісту гумусу, поживних речовин та інше [1].

### 3.2 Характеристика підприємства та шахтних вод

ВП «Шахта «Привольнянська» ПАТ «Лисичанськвугілля» здана в експлуатацію у 1939 р. Виробнича потужність — 100 000 т в рік [32].

					РМ.20.01.ПЗ	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Загальні запаси вугілля станом на 01.01.2020 р. становлять:

- балансові категорій А+Б+С<sub>1</sub> – 56556 тис. т;
- за балансові – 50167 тис.т.

Межі шахтного поля:

- по повстанню – виходи вугільних пластів під наноси;
- по простиранню:
- на північному заході – спільна межа з шахтою імені Г.Г. Капустіна;
- на південному сході - спільна межа з шахтою «Новодружеська»;
- по падінню – ізогіпса почви пластів -900.

Шахтне поле розкрите:

- двома центрально-здвоєними вертикальними стволами та скліповим, пройденим до горизонту 146 м;
- стволом №3, пройденим до горизонту 840 м;
- стволом № 4, пройденим до горизонту 840 м (законсервований у 199 році та затоплений до горизонту 740 м);
- похилим конвеєрним стволом;
- західним похилим вентиляційним стволом;
- центральним похилим вентиляційним стволом.

Шахта віднесена до III категорії по метану, є небезпечною по пилу.

Водоприпливи в діючі виробки на даний час складають 1,5 м<sup>3</sup>/рік. Відбувається підтоплення ізольованих гірничих виробок до гор. 400 м. Абсолютна відмітка рівня підтоплення складає -360м (гор. 540 м) [32].

Водоспоживання шахти Привольнянська складає 106,1 тис. м<sup>3</sup> на рік (табл. 3.2). Вода купується у виробничому управлінні Лисичанськ-водоканал за ціною 684 грн. за 1000 м<sup>3</sup>. Вода в об'ємі 160,099 тис. м<sup>3</sup> використовується на господарсько-питні потреби шахти.

При видобутку вугілля утворюється 444,5 тис. м<sup>3</sup> шахтних вод. З цього об'єму 76,9 тис. м<sup>3</sup> передається іншим споживачам. Весь об'єм шахтних вод, що залишився (1367,6 тис. м<sup>3</sup>), скидається в річку Сіверський Донець. Вміст забруднюючих речовин в стічних водах складає: БПК<sub>повн</sub> — 3,0 мг О/л, зважені

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

речовини — 2,1 мг/л, сухий залишок — 2813 мг/л. Щорік із стічними водами у водні об'єкти потрапляє 410 т азоту, 2,6 т нітритів, 1,4 т нітратів, 599 т хлоридів і 0,03 т фосфатів (табл.3.3).

Таблиця 3.2 - Характеристика водоспоживання

Назва джерела	Води водного об'єкту	Забрано або отримано спочатку року, тис. м <sup>3</sup>	Ліміт використання	Фактично використано води тис. м		Передано іншим споживачам тис. м <sup>3</sup>
				всього	на господарчо-побутові потреби	
1	2	3	4	5	6	7
Лисичанськ-водоканал	60/0904501/А30/Доп/0218/	106,1	140,9	106,099	106,099	-
При видобутку вугілля	61/А30/Доп 02181/	1444,5	-	76,9	-	76,9

Таблиця 3.3 - Характеристика водовідведення

Назва джерела	Коди водного об'єкту	Відведення води, тис. м <sup>3</sup>	Вміст забруднюючих речовин в стічних водах, мг/л			Скинуто у водні об'єкти, т						
			БПК <sub>п</sub>	Завислі речовини	Сухий залишок	Азот	нітрит	нітрати	хлориди	сульфати	ХПК	Фосфати
р. Сіверський Донець	20/А30/Доп. 0218/	1367,6	3,0	2,1	2813	410	2.6	1.4	599	186	0.1	0.03
ККП-3	95/СТО/09009/	106,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Відповідно до існуючої класифікації, за ступенем мінералізації шахтні води вугледобувних підприємств Луганської області розподіляються наступним чином:

													Арку
													ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата									.

РМ.20.01.ПЗ

- 65% від загального числа - шахти з мінералізацією води 1,0-3,0г / дм<sup>3</sup>;
- 32% - шахти з мінералізацією води 3,0-10,0 г / дм<sup>3</sup>,
- 3% - шахти з мінералізацією води більше 10,0 г / дм<sup>3</sup>.

Хімічний склад шахтних вод даного регіону в цілому характеризувався: відносно невисоким вмістом зважених речовин (5,0 мг / см<sup>3</sup>); слаболужним середовищем (рН води, в основному, становила від 8,3 до 8,7); малим вмістом органічних речовин (БПК<sub>5</sub> від 1,7 до 4,6 мг / дм<sup>3</sup>) і азотних сполук (азот амонійний - від 2,0 до 3,0 мг / дм<sup>3</sup>); підвищеної мінералізацією сульфатно-хлоридного типу (сухий залишок від 2,0 до 3,0 г / дм<sup>3</sup>, сульфати - від 0,5 до 1,1 мг / дм<sup>3</sup>).

### 3.3 Гідрологічні та гідрогеологічні умови території

Водні ресурси регіону формуються в основному за рахунок річкового стоку р. Сіверський Донець, який поступає з прилеглих територій і безпосередньо в межах області, а також експлуатаційних запасів підземних вод. Сумарні водні ресурси становлять у середньому по водності річок 5,65 км<sup>2</sup>, з яких 64 % становить притік, 226 — місцевий стік і 10 % підземні води.

Територія відноситься до зони недостатньої водності.

Гідрографічна мережа представлена ріками басейну р. Сіверський Донець. Сіверський Донець та його основні притоки мають важливе народногосподарське значення, являючись не тільки джерелами питного та технічного водопостачання, а й приймачами стічних вод підприємств промислового, комунального та сільського господарств, шахтних вод.

Поверхневі води у створах вздовж водотоку річки Сіверський Донець на території Луганської області на основі інтегрального показника якості води (категорія) відносяться до III класу якості 4 категорії (задовільні, слабо забруднені). Річки Нижня Біленька та Верхня Біленька відносяться III класу якості 5 категорії (посередні, помірно забруднені).

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Територія відноситься до гідрогеологічної провінції Донецької складчастої області, зона нестійкого зволоження (рис. 3.1).



Рис. 3.1 - Гідрогеологічної провінції на території України

В відношенні з геологічною будовою водоносні горизонти заключені в четвертинних та крейдяних відкладах. Четвертинний водоносний горизонт приурочений до піщаних терас та заплави річок, які представлені товщею пісків з прошарками глини. Цей горизонт являється безнапірним. Глибина залягання води від 0,5 м в заплаві і до 10 м на терасі. Основним джерелом поповнення запасів ґрунтового потоку являються атмосферні опади.

Крейдяний водоносний горизонт представляє найбільший інтерес, так як він являється основним джерелом водопостачання багатьох міст та підприємств Донбасу. Тріщинувата зона в мергельно-крейдяній товщі розповсюджується на глибину 50-80 м водоносний горизонт в основному напірний, величина напору від 9 м до 20 м. Середня потужність водоносного горизонту коливається від 14 до 24 м. Коефіцієнт фільтрації змінюється від 43 до 49 м/доб. Максимальний

					РМ.20.01.ПЗ	Арку № .
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

дебіт свердловини коливається від 30 до 48 л/сек, при пониженні рівня на 0,5 м. Ці води хорошої якості, мінералізація 200-500 мг/л, бактеріологічний стан води також хороший. Потужність водоносного горизонту по свердловинах коливається в проміжку 13-25 м, величина напору від 9,5 до 21,8 м. Живлення водоносного горизонту відбувається в основному за рахунок інфільтрації атмосферних опадів.

Значний вплив на формування якості підземних вод справляють поверхневі води, зворотні води, зокрема, води шахтного водовідливу.

### 3.4 Вплив шахтних вод на водне середовище

Шахтні і кар'єрні формуються завдяки поверхневим і підземним водам, що проникають у вироблений простір. Ці води складають основну частину (74.76%) стічних вод вугільної промисловості. Вони також наносять велику шкоду навколишньому середовищу.

При проходці виробок і проведенні очисних робіт навколо виробок і над виробленим простором формуються депресійні поверхні (лійки), наявність яких вказує на поступове зниження рівня води у водоносному горизонті, хоча приплив її може бути тривалим і значним. Утворення депресійної лійки різко порушує режим водоносних пластів. Якщо запаси води в окремому пласті невеликі порівняно з відтоком, то поступово відбувається осушення підробленої частини водоносного пласта і навіть припинення припливу. При великих запасах води у водоносних пластах приплив її в шахту в міру посування очисних робіт зростає.

В районах інтенсивної розробки вугільних родовищ через утворення депресійних лійок спостерігається загальне пониження рівнів підземних вод, що позначається на стані водопостачання населення, які одержують воду з трубчастих і, в особливості, з шахтних колодязів.

Дебіт шахтних вод залежить від природних і технологічних чинників. До природних – відносяться: гідрогеологічні умови родовища (режим обводнення і

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

наявність водних джерел), кількість атмосферних опадів, що надходить на водозбірну площу шахти, швидкість фільтрації води у водоносних пластах. Технологічні чинники: масштаби попереднього осушення шахтних полів, глибина розробки, схема розкриття і відпрацювання шахтного поля, система розробки, використання, води в технічних цілях (гідродобування, зрошення і інше).

При проведенні підземних гірничих робіт утворюються три види водоприливів (три системи обводнення) по шахтному полю: при проходці підготовчих і основних виробок; при очисних роботах; з погашених виробок. Таким чином, вода у вироблений простір може потрапляти з трьох або чотирьох боків: зверху при наявності пор і тріщин на поверхнях його стелі, при врізанні виробок у водоносні горизонти; з боків і знизу – який може бути обумовлений відповідним напором депресійної поверхні природних вод або напором води із затоплених шахт і раніше підроблених елементів шахти.

Стікаючі по виробленому простору і гірничих виробках шахтні води забруднюються і збагачуються різними твердими та розчинними речовинами. Якісний склад шахтних вод різноманітний і істотно відрізняється по вугільних басейнах. В більшості випадків ці води мають властивості, які виключають їх використання для питних або технічних потреб без попереднього очищення.

Основна частка забруднюючих речовин припадає на завислі речовини, концентрація яких у водах, що надходять з мокрих лав сягає 10...15 тис. мг/л, з сухих – 4...5 тис. мг/л. Це вугільний пил і дрібна пуста порода, які утворюються при руйнуванні вугільного пласта в діючих забоях або залишились в старих – при їх недостатньому захисті. Крім того, в шахтних водах можуть міститися солі, луги, кислоти, мікроорганізми, включаючи кишкову групу, нафтопродукти і мастила, які потрапляють в шахтні води внаслідок праці гірничих машин і механізмів.

Поверхневі води досліджуваної площі схильні до інтенсивного техногенного впливу. Поверхневий стік основних річок району формується за рахунок скидання забруднених вод промисловими підприємствами,

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.



господарсько-фекальних вод, вод шахтного водовідливу і ін. Визначено, що річки району досліджень приймають переважну кількість всіх стічних вод промислових підприємств [33, 34], що призводить до їх забруднення (рис. 3.2).

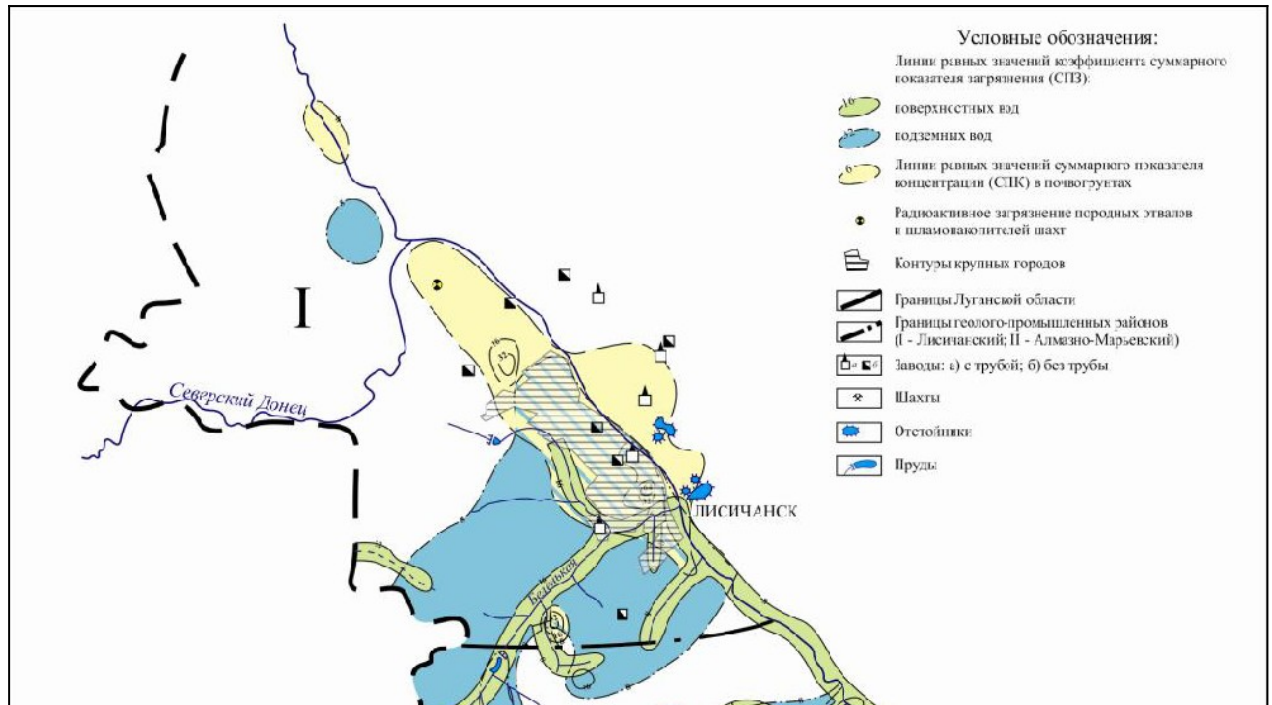


Рис. 3.2 – Техногенне забруднення поверхневих та ґрунтових вод Лисичанського геолого-промислового регіону

Основними напрямками розв’язання проблеми зниження забрудненості поверхневих вод є запобігання забрудненню шляхом очищення шахтних вод перед їх скиданням у водні об’єкти та шляхом вторинного їх використання.

					РМ.20.01.ПЗ	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

## 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Метою проведення експериментальних досліджень є:

- дослідження фізико-хімічних властивостей шахтної води (на прикладі шахти «Привольнянська»);
- створення лабораторної установки для іонообмінного очищення шахтної води;
- проведення досліджень по підготовці шахтної води методом іонообмінного пом'якшення з метою встановлення можливості її повторного використання на теплових станціях або котельних вугільних підприємств.

Вода, що використовується як теплоносій, повинна забезпечити відсутність на поверхні нагріву експлуатаційних відкладень, а також запобігати всім типам корозії металевого котельного, пароконденсатного і живильного устаткування.

Якість живильної води і пари повинна відповідати нормативним показникам [35].

### 4.1 Визначення складу шахтних вод

Аналіз шахтних вод проводили по методиках, викладених в [9,10].

#### 4.1.1 Визначення сухого залишку

Засоби вимірів, реактиви і матеріали:

- 1) ваги лабораторні;
- 2) сушильна шафа;
- 3) водяна баня;
- 4) фарфорова чашка випарювальна;

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>			
Змі	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Петренко						
Перевір.		Мохонько						
Консультант								
Н. Контр.								
Затверд.		Суворін				СНУ ім. В.Даля, ПЕО-19зм		

- 5) колба мірна;
- 6) воронка скляна;
- 7) вода дистильована;
- 8) ексікатор.

Проведення аналізу.

У прожарену до постійної ваги, охолоджену і зважену фарфорову чашку поміщують 100 мл аналізованої води.

Воду випаровують на водяній бані насухо. Потім переносять чашку з сухим залишком в сушильну шафу і висушують при 105<sup>0</sup>С протягом 3-х годин, охолоджують в ексікаторі протягом 30-50 хвилин і швидко зважують з точністю до 0,0002 гр.

Обробка результатів.

Вміст сухого залишку (X) в мг/дм<sup>3</sup> обчислюють за формулою:

$$X = (m_2 - m_1) \cdot 1000/V \quad (4.1)$$

де: m<sub>1</sub> – маса порожньої фарфорової чашки, міліграм;

m<sub>2</sub> – маса чашки з висушеним залишком, міліграмом;

V – об'єм проби води, мл

#### 4.1.2 Визначення твердості вихідної і пом'якшеної води

Необхідні реактиви.

1. Розчини Трилону Б – 0,1н і 0,01н концентрації;
2. Аміачно-буферний розчин;
3. Індикатор кислотний хромовий темно-синій.

##### 4.1.2.1 Визначення загальної твердості

У конічну колбу ємністю 250 мл відбирають пробу досліджуваної води, додають 5 мл аміачно-буферного розчину, 5-6 крапель індикатора хромового темно-синього і повільно, при інтенсивному збовтуванні, титрують 0,1н розчином Трилону Б (вихідну воду) або 0,01н розчином Трилону Б (зм'якшену воду) до переходу забарвлення з винно-червоного в синьо-бузковий.

					<b>PM.20.01.ПЗ</b>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальну твердість розраховують по формулі:

$$T_{\text{заг}} = (H \cdot K_{\text{тр}} \cdot A \cdot 1000) / B; \text{ мг-экв/л} \quad (4.2)$$

де:  $H$  – нормальність розчину Трилону Б, г-екв/л

$K_{\text{тр}}$  – коефіцієнт нормальності Трилону Б;

$A$  – об'єм розчину Трилону Б, витрачений на титрування проби, мл

$B$  – об'єм води, узятій для аналізу, мл.

#### 4.1.2.2 Визначення концентрації іонів кальцію

У конічну колбу ємністю 250 мл відбирають пробу досліджуваної води, додають 5 мл 20%-ного розчину гідроокису натрію, доводять загальний об'єм до 100 мл, вносять на кінчику шпателя 30-40 міліграм суміші мурексиду з хлоридом натрію і титрують стандартним розчином Трилону Б до переходу червоного забарвлення у фіолетовий.

Вміст іонів кальцію обчислюють за формулою:

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = (H \cdot K_{\text{тр}} \cdot A \cdot 1000) / B; \text{ мг-экв/л} \quad (4.3)$$

де:  $H$  – нормальність розчину Трилону Б, г-екв/л

$K_{\text{тр}}$  – коефіцієнт нормальності Трилону Б;

$A$  – об'єм розчину Трилону Б, витрачений на титрування проби, мл

$B$  – об'єм води, узятій для аналізу, мл

Вміст іонів магнію обчислюють як різницю між значенням загальної твердості і концентрацією іонів кальцію.

#### 4.1.2.3 Визначення карбонатної (тимчасової) твердості

У конічну колбу ємністю 250 мл піпеткою відбирають пробу випробовуваної води, додають 2-3 краплі індикатора метилового помаранчевого і титрують пробу 0,1н розчином соляної кислоти до переходу забарвлення з солом'яно-жовтого в золотисто-помаранчевий.

Карбонатну твердість обчислюють за формулою:

$$T_{\text{к}} = (a \cdot H \cdot 1000) / V, \text{ мг-экв/л} \quad (4.4)$$

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $a$  – кількість 0,1н розчину соляної кислоти, що пішла на титрування проби, мл

$N$  – нормальність розчину соляної кислоти, г-екв/л

$V$  – об'єм води, узятої для аналізу, мл

Твердість некарбонатну (постійну) обчислюють по різниці між загальною і карбонатною жорсткістю.

#### 4.1.3 Визначення активної реакції (рН)

Засоби вимірів, реактиви і матеріали:

- 1) рН-метр;
- 2) еталонні розчини;
- 3) вода дистильована;
- 4) склянки на 200 мл — 4 шт.;
- 5) фільтрувальний папір.

Проведення аналізу.

Перед початком роботи ознайомитися з інструкцією на прилад.  
Визначити рН води відповідно до інструкції.

#### 4.1.4 Визначення вмісту хлоридів

Засоби вимірів, реактиви і матеріали:

- 1) конічні колби на 200 мл;
- 2) піпетки на 10 мл;
- 3) циліндри мірні на 100 мл;
- 4) бюретки для титрування;
- 5) вода дистильована;
- 6) 0,01 н розчин  $AgNO_3$ : розчиняють 1,6987 г  $AgNO_3$  в 1 л води дистильованої;
- 7) 0,01 н розчин  $NaCl$ , готується з фіксанала;
- 8) 5%-вий розчин  $K_2CrO_4$ .

Проведення аналізу.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Спочатку встановлюють титр  $\text{AgNO}_3$ . Для цього в конічну колбу на 200 мл вносять 10 мл розчину  $\text{NaCl}$  і 90 мл води дистильованої, додають 5 крапель  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Вміст колби титрують розчином  $\text{AgNO}_3$  до переходу лимонно-жовтого забарвлення каламутного розчину в помаранчево-червоний, що не зникає протягом 15-20 сек.

Поправочний коефіцієнт до титру  $\text{AgNO}_3$  розраховують за результатами трьох титрувань.

$$D_0 = 30 / (P_1 + P_2 + P_3) \quad (4.5)$$

де:  $P_1, P_2, P_3$  — об'єм в мл  $\text{AgNO}_3$ , використаний на кожне з трьох титрувань.

При вмісті хлоридів менше 250 мг/л беруть 100 мл фільтрованої випробовуваної води. При більшому вмісті хлоридів беруть 10-15 мл. Випробовувану воду наливають в дві конічні колби, доводять до 100 мл водою дистильованою, додають 5 крапель розчину  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Розчин в одній колбі титрують  $\text{AgNO}_3$ , а друга колба використовується для контролю.

Вміст хлор-іона у воді розраховують за формулою:

$$1.1.1.1 \quad X = (P \cdot D_0 \cdot 0,355 \cdot 1000) / V \quad (4.6)$$

де:  $X$  — вміст хлор-іона в мг/л;

$P$  — кількість розчину  $\text{AgNO}_3$ , витрачена на титрування, мл;

$D_0$  — поправочний коефіцієнт до титру;

0,355 — еквівалентна кількість хлору, відповідна 1 мл 0,01 н розчину  $\text{AgNO}_3$ , міліграму;

$V$  — об'єм досліджуваної проби, мл.

#### 4.1.5 Визначення завислих речовин

Засоби вимірів, реактиви і матеріали:

- 1) ваги лабораторні, клас точності 1,2;
- 2) ексикатор;
- 3) сушильна шафа;
- 4) бюкси скляні;

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

- 5) воронки скляні;
- 6) паперові або мембранні фільтри;
- 7) вода дистильована.

Проведення аналізу.

Відмірюють такий об'єм ретельно перемішаної проби, аби в ній було 100-250 міліграм завислих речовин, і фільтрують через висушений і заздалегідь зважений фільтр (паперовий або мембранний). Промивають осад на фільтрі невеликою кількістю дистильованої води (50 мл) і переносять фільтр з осадом в заздалегідь зважений скляний бюкс. Бюкс з фільтром і осадом висушують при температурі 105 °С до постійної ваги, охолоджують і зважують.

Обробка результатів.

Вміст завислих речовин (С), мг/дм<sup>3</sup>, знаходять по формулі:

$$C = ((m_1 - m_2) \cdot 1000) / V \quad (4.7)$$

де:  $m_1$  — маса бюкса з фільтром і осадом, міліграмом;

$m_2$  — маса бюкса з чистим фільтром, міліграмом;

$V$  — об'єм аналізованої води, см<sup>3</sup>.

#### 4.2 Результати аналізу шахтних вод

Дані аналізу стічних вод шахти по горизонтах приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Склад і основні показники шахтних вод

Горизонт	рН, од.	Сухий залишок, г/л	Прожарений залишок, г/л	Загальна твердість, мг-екв/л	Ca <sup>2+</sup> , мг-екв/л	Mg <sup>2+</sup> , мг-екв/л	Завислі речовини, мг/л
11	7,1	1,73	1,25	30	12	18	2,0
146	7,15	0,80	0,66	24	6	18	5,0
540	7,0	2,53	1,93	35	18	17	3,0
740	7,2	0,29	0,16	25	10	15	200

В роботі були проведені дослідження процесу пом'якшення шахтної води горизонтів 740 і 146. Для використання таких вод в котельнях необхідно

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

понизити вміст завислих речовин і солей твердості. Перед подачею на колонку з катіонітом води фільтрували.

#### 4.3 Схема лабораторної установки пом'якшення шахтної води

Схема лабораторної установки пом'якшення шахтної води зображена на рис. 4.1.

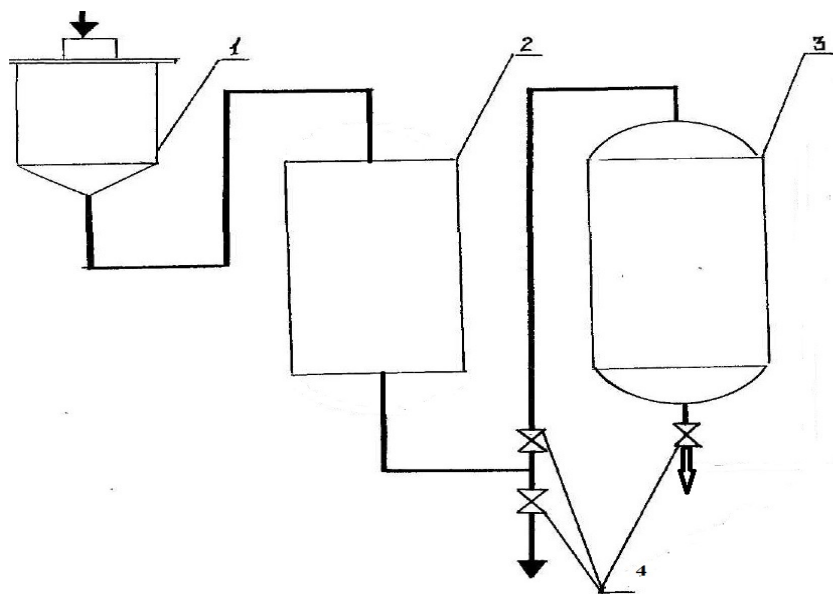


Рисунок 4.1 Схема лабораторної установки для пом'якшення шахтної води

1 – фільтр для очистки від дисперсних домішок, 2 – ємність для пом'якшення вапном, 3 – катіонітний фільтр, 4 – гвинтовий зажим

#### 1.1.1.1.1.1 4.4 Пом'якшення води на катіоніті КУ-2-8

1.1.1.1.2 Для того, щоб піддавати воду знесолюванню вона повинна відповідати таким вимогам:

- твердість – до 14 мг-екв./л; - завислі речовини – до 10 - 15 мг/л.

Для проведення дослідів використовувався катіоніт КУ-2-8 в натрієвій формі, підготовлений за ГОСТ 10896-78. У колонку було завантажено 2 г катіоніту.

									Арку
									ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					.

PM.20.01.ПЗ



Шахтну воду пропускали через шар катіоніту до встановлення постійної твердості води, що виходить. Через кожних 20 мл воду, що виходить з колонки, брали на аналіз, визначаючи в ній вміст суміші солей твердості (загальна твердість), а також іонів кальцію і магнію по наведених вище методиках. Отримані результати наведені в табл. 4.2, 4.3, 4.4.

1.1.2 Таблиця 4.2 - Пом'якшення шахтної води, дослід 1

Об'єм шахтної води, мл	Загальна твердість, мг-екв/л	Ca <sup>+2</sup> , мг-екв/л	Mg <sup>+2</sup> , мг-екв/л
0	0	0	0
40	0	0	0
65	0,6	0	0,6
95	0,6	0	0,6
115	0,6	0	0,6
155	0,6	0	0,6
182	0,6	0	0,6
203	2,2	0	2,2
223	10,8	0,6	10,2
245	19,2	1,4	17,8
265	20,6	2	18,6
285	22	2,8	19,2

Таблиця 4.3 - Пом'якшення шахтної води, дослід 2

Об'єм шахтної води, мл	Твердість загальна, мг-екв/л	Ca <sup>+2</sup> , мг-екв/л	Mg <sup>+2</sup> , мг-екв/л
0	0	0	0
70	0,4	0	0,4
135	0,4	0	0,4
195	3,2	0,4	2,8
207	11,6	1,6	10
237	16,4	2,4	14
257	20	3,4	16,6
277	21,5	4,0	17,5
285	21,5	4,0	17,5

1.1.3 Таблиця 4.4 - Пом'якшення шахтної води, дослід 3

Об'єм шахтної води, мл	Твердість загальна,	Ca <sup>+2</sup> , мг-екв/л	Mg <sup>+2</sup> , мг-екв/л
------------------------	---------------------	-----------------------------	-----------------------------

	мг-екв/л		
0	0	0	0
80	0,2	0	0,2
130	0,2	0	0,2
160	0,2	0	0,2
200	2,0	0,2	1,8
220	7,2	0,6	6,6
240	14	1,2	12,8
265	18,2	2,0	16,2
285	19,6	2,6	17
305	22	3,0	19
325	22	3,0	19

#### 4.5 Регенерація катіоніту

Після завершення процесу пом'якшення проводилася регенерація катіоніту 8%-вим розчином хлориду натрію. Регенерацію проводили до встановлення мінімальної твердості у відпрацьованому регенераційному розчині. Результати процесу регенерації наведені в таблиці 4.5. Після регенерації катіоніт промивали дистильованою водою до зникнення в воді іонів.

#### 1.1.4 Таблиця 4.5 - Регенерація катіоніту 8 %-вим розчином NaCl, дослід 2

Об'єм регенованого розчину, мл	Загальна твердість, мг-екв/л	Ca <sup>+2</sup> , мг-екв/л	Mg <sup>+2</sup> , мг-екв/л
1.1.5 0	1.1.6 0	1.1.7 0	1.1.8 0
1.1.9 5	1.1.10 308	1.1.11 144	1.1.12 164
1.1.13 10	1.1.14 190	1.1.15 100	1.1.16 90
1.1.17 15	1.1.18 100	1.1.19 60	1.1.20 40
1.1.21 20	1.1.22 60	1.1.23 36	1.1.24 24
1.1.25 25	1.1.26 46	1.1.27 26	1.1.28 20
1.1.29 30	1.1.30 32	1.1.31 21	1.1.32 11
1.1.33 35	1.1.34 27	1.1.35 11	1.1.36 16
1.1.37 40	1.1.38 18	1.1.39 9	1.1.40 9
1.1.41 45	1.1.42 17	1.1.43 8	1.1.44 9

					<b>PM.20.01.ПЗ</b>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Було проведено три цикли пом'якшення-регенерація. У кожному досліді визначали ємність катіоніту і кількість катіонів твердості, вимитих з катіоніту в процесі регенерації. Отримані дані приведені в таблицях 4.6 і 4.7.

1.1.45 Таблиця 4.6 - Пом'якшення шахтної води

№ досліду	Кількість катіонів твердості, поглинених катіонітом, мг-екв		
	Загальна твердість	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
1	4,874	2,330	2,544
2	4,735	2,200	2,535
3	4,500	2,090	2,410

1.1.46 Таблиця 4.7 - Регенерація катіоніту КУ-2-8

№ досліду	Кількість катіонів твердості у відпрацьованому регенераційному розчині, мг-екв		
	Загальна твердість	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
1	4,675	1,662	3,013
2	3,835	2,260	1,575
3	5,625	2,425	3,200

З даних виходить, що з кожним циклом ємність катіоніту знижується (у досліді 3 на 3% в порівнянні з дослідом 1). Кількість вимитих солей по загальній твердості в досліді 4 складає 82% від досліду 2, у тому числі іонів магнію (52% в порівнянні з дослідом 2). Можна зробити висновок про те, що ємність катіоніту знижується через неповну регенерацію, в основному іонів магнію.

Для проведення ефективнішої регенерації застосовують 5-% розчин соляної кислоти. Був проведений дослід по регенерації катіоніту КУ-2-8 5% HCl. Результати представлені в таблиці 4.8.

При проведенні регенерації на початку процесу спостерігалось виділення бульбашок вуглекислого газу, що пов'язане з розчиненням карбонатів кальцію і магнію, що відклалися в шарі катіоніту.

Таблиця 4.8 – Регенерація катіоніту 5% HCl

Об'єм регенераційного розчину, мл				Загальна твердість,	Ca <sup>2+</sup> , мг-екв/л	Mg <sup>2+</sup> , мг-екв/л
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	PM.20.01.ПЗ	

	мг-екв/л		
0	0	0	0
5	720	235	485
10	170	123	47
15	89	50	39
20	45	30	15
25	30	14	16
30	26	17	9
35	15	7	8
40	10	9	1
45	7	4	3
50	4	4	0

У даному досліді вимілюся 5,625 мг-екв загальної твердості (2,425 мг-екв іонів кальцію і 3,2 мг-екв іонів магнію), що значно більше, чим в дослідях при регенерації розчином хлористого натрію. В процесі з'якшування води після такої регенерації також відмічено зростання динамічної змінної ємності катіоніту, яке склало 2,61 мг-екв/г катіоніту, кількість поглинених солей твердості склала 5,22 мг-екв.

З отриманих результатів виходить, що для використання шахтної води з горизонтів 740,146 можна застосувати метод пом'якшування на катіоніті КУ-2-8 в натрієвій формі з регенерацією 8%-вим розчином хлористого натрію. З метою відновлення змінної ємності катіоніт слід періодично регенерувати 5 %-вим розчином соляної кислоти. Перед подачею шахтної води на фільтри її слід очищати від завислих речовин.

Для шахтних вод горизонтів 11 і 540, що містять 1,73-2,53 г/л мінеральних речовин (по сухому залишку) слід застосувати метод іонного знесолювання перед їх використанням в котельнях.

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ПРИКЛАДНА ЧАСТИНА

В результаті науково-дослідної роботи було вивчено хімічний склад води шахти «Привольнянська» Лисичанського вугільного басейну, виконано аналіз технологічних властивостей шахтної води з метою визначення найбільш економічного методу очищення. В результаті може бути запропонована наступна технологічна схема очищення шахтних вод, яка дозволить використовувати воду в теплоенергетиці.

### 5.1 Опис технологічної схеми очищення шахтних вод

Шахтна вода поступає в первинний гравітаційний освітлювач для видалення грубих домішок та піску (поз.1). Після цього частково освітлена вода поступає на грубий фільтр для видалення завислих речовин.(поз.2). Після цього вода подається насосною станцією першого підйому і поступає у вертикальний змішувач ( поз.3). З баку розчину (поз.4) коагулянт і із витратного баку (поз.5) вапняне молоко, поступають в змішувач, де відбувається їх змішування з водою, яку очищують. У свою чергу флокулянт з розчинного баку (поз. 6) надходить у витратний бак (поз.7), де за допомогою циркуляційного насоса для перекачування (поз. 10) поступає у дозатор (поз. 8), а потім в ежектор (поз. 9), звідки поступає в змішувач (поз.3) до інших реагентів.

Із змішувача (поз.3) вода подається в горизонтальний відстійник (поз.11, 12), де освітлені води піднімаються на поверхню. Після освітлювача вода поступає в трубопровід, куди з сатуратора (поз. 26) подається насосом насичений розчин  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ . Після чого вода подається на швидкі фільтри (поз.13). Промивання фільтру здійснюється за допомогою резервуару з чистою водою (поз.16).

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>			
Змі	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ПРИКЛАДНА ЧАСТИНА</b>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Петренко.						
Перевір.		Мохонько						
Консультан								
Н. Контр.								
Затверд.		Суворін			<i>СНУ ім. В.Даля, ПЕО-19ЗМ</i>			

Знезаражена вода поступає в резервуар чистої води (поз.16) і за допомогою насоса другого підйому прямує на котельні, де проходить доочистка з глибоким пом'якшенням на катіонітових фільтрах.

На виході з фільтрів частина очищеної води поступає в резервуар чистої води для промивання фільтрів (поз. 17), звідки зворотним потоком за допомогою відцентрового насоса подається на фільтри. Кількість промивань 1-2 рази в добу. Промивна вода, що проходить через піскоуловлювач (поз. 23) поступає в резервуар-усереднювач промивної води (поз. 22). Після чого відцентровим насосом подається спільно з вихідною водою в змішувач.

Осад, який утворюється в баку розчину коагулянту, баку розчину поліакриламід, в самому змішувачі і шлам з витратного бака вапняного молока подають в резервуар для прийому осаду (поз. 18). Сюди ж поступає осад з освітлювача. Осад з резервуару для приймання осаду відцентровим насосом перекачується в осадощільнювач (поз. 19), звідки виходить ущільний осад і поступає в ємність згущеного осаду (поз. 20). Осад, який згущують, відцентровим насосом ( поз. 21) звідки вода, яка виділилася з осаду , подається в змішувач.

## 5.2 Матеріальні розрахунки

### 5.2.1 Визначення дози коагулянту

Для каламутності 740 мг/л і кольоровості 110 град доза сірчанокислового глинозему ( $D_k$ ) визначається [3]:

а) по кольоровості:

$$D_k = 4 \sqrt{C} = 4 \sqrt{110} = 42 \text{ мг/л}, \quad (5.1)$$

де  $C$  – кольоровість вихідної води, град;

б) по каламутності:  $D_k = 60$  мг/л. Для подальших розрахунків приймаємо більше значення дози коагулянту  $D_k = 60$  мг/л.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Добова витрата товарного сірчанокислового алюмінію визначається по формулі [3]:

$$Q_k = \frac{Q D_k}{10000 \cdot P_c} \quad (5.2)$$

де Q – повна продуктивність очисної станції, м<sup>3</sup>/добу;

D<sub>к</sub> – доза коагулянту, мг/л;

P<sub>с</sub> – вміст безводного продукту в коагулянті, % (33,5 – відсоток активної речовини).

$$Q_k = \frac{Q \cdot D_k}{10000 \cdot P_c} = \frac{27000 \cdot 60}{10000 \cdot 33,5} \approx 5 \text{ м} / \text{доб}$$

Кількість коагулянту в розрахунку запасу на 30 днів складає 240 т.

Виходячи з умов повагонної доставки коагулянту приймаємо його мокре збереження в залізобетонних баках і сухі склади з розрахунку разового постачання коагулянту в кількості чотирьох вагонів по 60 т.

Місткість баків-сховищ приймаємо з розрахунку 1,5 м<sup>3</sup> на 1 т коагулянту. Осадову, підрешітчасту частину баків приймаємо 30% від загальної їхньої місткості. Для установки приймаємо 6 баків. Місткість кожного 18,0 м<sup>3</sup>, а місткість підрешітчастої частини 5,4 м<sup>3</sup>. Розміри баків 3030 мм при висоті 2,0 м.

Розчин забирається з відстійної частини баків-сховищ за допомогою поплавця і перекачується у видаткові баки, де розбавляється водою до 10%-ної концентрації

Місткість кожного з видаткових баків визначається за формулою [3]:

$$W_p = \frac{q \cdot n \cdot D_k}{10000 \cdot v \cdot \rho} \quad (5.3)$$

де q – розрахункова витрата води в м<sup>3</sup>/ГОД;  $q = \frac{27000}{24} = 1125 \text{ м}^3 / \text{год}$ ;

n – час, на який заготовлюється розчин коагулянту (n = 12 год);

v – концентрація розчину коагулянту (у нашому випадку v = 10%);

ρ – питома вага розчину коагулянту (ρ = 1 т/м<sup>3</sup>); D<sub>к</sub> – максимальна доза коагулянту (D<sub>к</sub> = 60 мг/л).

$$W = \frac{q \cdot n \cdot D_k}{10000 \cdot v \cdot \rho} = \frac{1125 \cdot 12 \cdot 60}{10000 \cdot 10 \cdot 1} \approx 8,1 \text{ м}^3$$

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Приймаємо для установки 4 видаткових баки. Місткість кожного з чотирьох видаткових баків складає  $8.4 \text{ м}^3$  ( $2.5 \times 2$ ).

Витрата повітря для розчинення коагулянту і його перемішування у видаткових баках приймається виходячи з інтенсивної подачі повітря: для розчинення -  $8-10 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$  і для перемішування –  $3-5 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$ .

Витрата повітря для одночасного приготування розчину в двох баках-сховищах визначається за формулою

$$q^1_{\text{пов}} = 2.5 \cdot 2 \cdot 9 \cdot 2 = 90 \text{ л/с},$$

де  $2.5 \cdot 2$  - площа бака для розчинення коагулянту,  $\text{м}^2$ ;

9 – інтенсивність подачі повітря для розчинення,  $\text{л/с} \cdot \text{м}^2$ ;

2 – кількість баків (два баки).

Витрата повітря для чотирьох видаткових баків

$$q''_{\text{пов}} = 2.5 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4 = 80 \text{ л/с},$$

де  $2.5 \cdot 2$  – площа видаткового баку,  $\text{м}^2$ ;

4 – кількість видаткових баків;

4 – інтенсивність подачі повітря для перемішування  $\text{л/с} \cdot \text{м}^2$ .

Загальна витрата повітря  $q_{\text{пов}} = 90 + 80 = 170 \text{ л/с}$ , або  $10.2 \text{ м}^3/\text{хв}$ .

Для подачі повітря приймаємо дві робочі і одну резервну повітродувки 1A12-30-4A ( $Q = 10 \text{ м}^3/\text{хв}$ ;  $H=30\text{м}$ ;  $N = 22 \text{ кВт}$ ).

Дозування 10%-ного розчину коагулянту здійснюється насосами-дозаторами НД-1600/10 з витратою  $1,6 \text{ м}^3/\text{год}$ ,  $p=1,0 \text{ МПа}$ . Приймаємо для установки один робочий і один резервний насоси. Реагент вводиться в трубопровід сирі води перед змішувачем.

### 5.2.2 Визначення дози поліакриламід

Для інтенсифікації процесу освітлення води передбачимо застосування поліакриламід. Застосовується 1%-ний розчин поліакриламід, що поставляється в дерев'яних бочках масою нетто 100-150 кг. Склад для поліакриламід прийнятий на 27-денне збереження. На складі встановлюється лопатева мішалка конструкції ЦКБ АКГ УРП-2. Робоча місткість бака  $1,2 \text{ м}^3$ ,

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.



загальна місткість 2м<sup>3</sup>. Мішалка лопатева. Установка готує розчин 0,2%-ної концентрації. Тривалість розчинення однієї бочки 25-40хв. Тривалість циклу готування розчину ПАА, включаючи перемішування, завантаження, розмішування і перекачування у видатковий бак, дорівнює 2 год. Для перекачування розчину приймаємо насос типу 2К-20/30 (Q = 10-30 м<sup>3</sup>/год; Н = 24 \*34 м). Розміри витратних баків 2,5х1,3 (h). Число баків – 2, час спорожнювання бака – 6 год.

Дозування розчину провадиться дозатором постійної дози поплавкового типу. Розчин вводиться в збірну кишеню змішувача (необхідна різниця в часі із уведенням коагулянту)

### 5.2.3 Розрахунок дози вапна

Для підлужування води прийняте вапно. Дозу вапна визначаємо по формулі [3]:

$$D_{\text{щ}} = K_{\text{щ}} \left( \frac{D_{\text{к}}}{l_{\text{к}}} - \text{Щ}_0 + 1 \right) \quad (5.4)$$

де  $D_{\text{щ}}$  - доза вапна, мг/л;  $K_{\text{щ}}$  - коефіцієнт, рівний для вапна (по СаО) – 28;  $D_{\text{к}}$  – максимальна ( в період підлужування) доза безводного коагулянту, рівна 60мг/л;  $l_{\text{к}}$  - еквівалентна вага безводного коагулянту, мг-екв/л, прийнята для  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  – 57;  $\text{Щ}_0$  – лужність води, мг-екв/л (за умовою прикладу  $\text{Щ}_0 = 0,35$  мг-екв/л).

$$D_{\text{щ}} = K_{\text{щ}} \left( \frac{D_{\text{к}}}{l_{\text{к}}} - \text{Щ}_0 + 1 \right) = 28 \left( \frac{60}{57} - 0,35 + 1 \right) \approx 47,7 \text{ мг/л} \quad (5.5)$$

Розрахунок добової витрати вапна

Добова витрата вапна (в перерахунку на СаО) складає:

$$Q_{\text{вап}} = \frac{28000 \cdot 47,7}{1000 \cdot 1000} = 1,33 \text{ т/доб.}$$

Витрата товарного вапна зі вмістом 78% СаО складає:

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						щ
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

$$Q_{\text{вап. тов.}} = \frac{1.33 \cdot 100}{78} = 1.7 \text{ м / доб.}$$

Вапно вивантажується в залізобетонні баки розміром 4,7х3,7х1,15м, де воно заливається водою і гаситься.

У баках зберігається вапняне тісто. Одна тонна вапна-кипілки у виді тіста займає об'єм 2,8 м<sup>3</sup>.

Для збереження прийнято 4 баки місткістю 20м<sup>3</sup>(4,7х3,7х1,15м). Потреба в вапняному тісті забезпечується на 16 днів.

З баків-сховищ грейфером ємністю 0,4м<sup>3</sup>, розташованому на кран-балці, вапно подається в ємність для догашування тіста. Вапняне молоко по лотку випускається в мішалку місткістю 8 м<sup>3</sup>, де концентрація його доводиться до 3,4%. Перемішування вапняного молока в мішалці і подача його до дозатора прийняті насосом ФГ51/8 (Q=43 \*90 м<sup>3</sup>/год; Н=25 \*34м). Встановлюються 1 робочий і 1 резервний насоси.

Дозування вапняного молока здійснюється дозаторами постійного рівня системи ВОДГЕО з лотковим розподільним пристроєм і постійним переливом у мішалку. Продуктивність дозатора 2 м<sup>3</sup>/год. Дозатори встановлюються на площадці біля змішувачів. Вапняне молоко самопливом надходить у змішувач.

#### 5.2.4 Розрахунок дози і витрат фторовмісного реагенту (Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>)

Доза Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> визначається за формулою:

$$D_{\text{ф}} = [m \times a - (F^-)] \frac{100}{k} \cdot \frac{100}{C_{\text{ф}}} \quad (5.6)$$

де m – коефіцієнт, що враховує втрати фтору, (при введенні фторовмісного реагенту після очисних споруд m = 1); a – необхідна концентрація фтору в питній воді приймається 0,7-1,2 мг/л в залежності від кліматичних умов: (приймаємо a = 0,7 мг/л); (F<sup>-</sup>) - вміст фтору у вихідній воді (за умовою (F<sup>-</sup>) = 0,3); k – вміст фтору в чистій речовині, %, для натрію кремнефтористого k = 60%(приймається по таблиці 5.4 [3]); C<sub>ф</sub> – вміст чистої речовини в технічному продукті, %, C<sub>ф</sub> = 95%(1-й гатунок) – приймаємо по табл.5.4 [3]:

					РМ.20.01.ПЗ	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

$$D_{\text{ф}} = (1,0 \cdot 0,7 - 0) \frac{100}{65} \cdot \frac{100}{95} = 1,23 \text{ мг/л.}$$

Витрата фтору на добу складає

$$Q_{\text{ф}} = \frac{27000 \cdot 1,23}{1000} = 33,21 \text{ кг/добу}$$

Витрата насиченого розчину при 20°C визначається по формулі:

$$q_c = \frac{D_{\text{ф}} \cdot Q}{n \cdot p} = \frac{1,23 \cdot 27000}{24 \cdot 7,3} = 189,55 \text{ м}^3/\text{Год} \quad (5.7)$$

де  $q_c$  – продуктивність сатуратора по насиченому розчину кремнефтористого натрію, м<sup>3</sup>/Год;

$D_{\text{ф}}$  – доза фтору, г/м<sup>3</sup>;

$Q$  – витрата оброблюваної води, м<sup>3</sup>/Год;  $p$  – розчинність кремнефтористого натрію, г/м<sup>3</sup> (при 20°C  $p = 7,3 \text{ г/м}^3$ ).

Загальний об'єм сатуратора становить 6,0 м<sup>3</sup>.

Кремнефтористий натрій подається зі складу пневмотранспортом від вакуум-насосу, встановленого у приміщенні фтораторної. Подача здійснюється у вакуум-бункер ємністю 180 дм<sup>3</sup>, звідки через секторний живильник фторовмісний реагент надходить у сатуратор.

Дозування розчину здійснюється дозатором пропорційної дози.

### 5.3 Підбір обладнання для приготування розчинів реагентів

#### 5.3.1 Приготування розчину коагулянту

Реагенти подаються у воду, як правило, у виді розчинів і суспензій. Приготування розчину коагулянту залежить від обраного методу його збереження. Використовують сухе і мокре збереження коагулянту. При сухому збереженні коагулянту приготування розчину здійснюється в розчинних баках (рис.5.1), а для розведення розчину до концентрації 4-10%, при якій коагулянт подається у воду, використовуються витратні баки. При мокрому збереженні коагулянту (рис. 5.2) розчинні баки одночасно використовуються і як резервуари – сховища.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

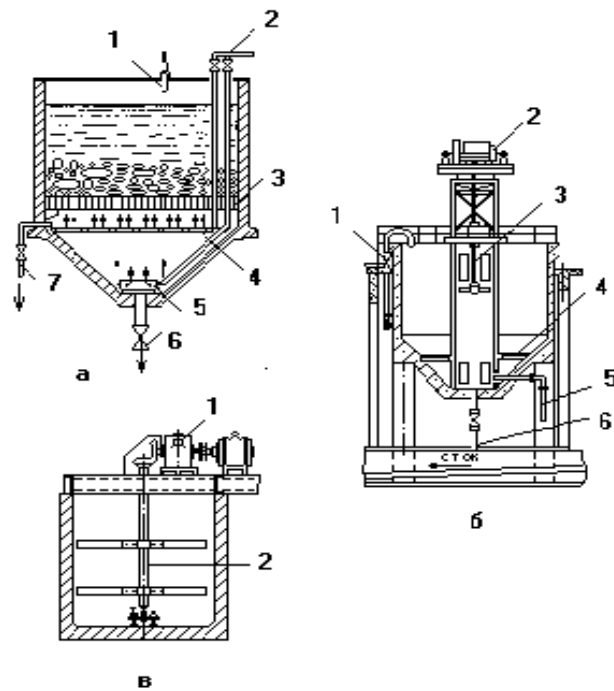


Рисунок 5.1 – Схема баків для розчинення коагулянтів

- а – для кускового продукту (з перемішуванням стисненим повітрям): 1 – подача води; 2 – подача стисненого повітря; 3 – колосникова решітка; 4, 5 – верхня і нижня розподільчі системи для повітря; 6 – випуск осаду; 7 – відбір розчину;
- б – для кускового продукту з перемішуванням пропелерною мішалкою: 1 – подача води; 2 – привід від електродвигуна; 3 – мішалка; 4 – колосникова решітка; 5 – відбір розчину; 6 – спуск осаду;
- в – для зернистого продукту з перемішуванням лопатною мішалкою: 1 – привід від електродвигуна; 2 – мішалка.

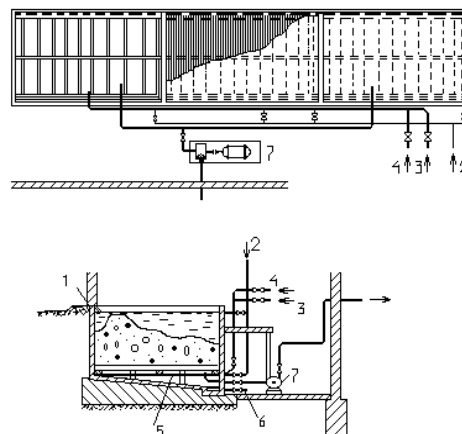


Рисунок 5.2 – Схема баків для мокрого збереження коагулянту

- 1 – кусковий глинозем; 2 – підвід води; 3 – підвід стисненого повітря; 4 – підвід пари; 5 – підвід води для змиву осаду; 6 – каналізація; 7 – насос для перекачки розчину в витратних баках

Найбільш перспективне мокре збереження. Розрахунок споруд для мокрого збереження коагулянту варто робити за умови застосування

									Арку
									ш
									.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

РМ.20.01.ПЗ

неочищеного сірчаноокислого алюмінію із вмістом у ньому безводного продукту в кількості 33,5%.

Кількість коагулянту в т/добу, дорівнює:

$$Q_k = \frac{Q D_k}{10000 \cdot P_c} \quad (5.8)$$

де Q – повна продуктивність очисної станції, м<sup>3</sup>/добу;

D<sub>k</sub> – доза коагулянту, мг/л;

P<sub>c</sub> – вміст безводного продукту в коагулянті, %.

При виборі схеми мокрого збереження коагулянту необхідно передбачити його збереження в кількості не менше одного вагона (60 т).

Для станцій середньої і малої продуктивності економічно більш доцільним вважається влаштування ємності для мокрого збереження та складу для сухого збереження коагулянту. Загальний об'єм складів приймається за умов запасу коагулянту на 15-30 діб, але не менше 60 т.

Місткість баків для мокрого збереження при 18%-ній концентрації коагулянту приймається з розрахунку 1,8 м<sup>3</sup> на 1 т коагулянту і, крім того, враховується об'єм осаду, що складає 0,7 м<sup>3</sup> на 1 т коагулянту. Число баків для мокрого збереження приймається не менше 4.

Коагулянт забирається з верхньої частини баків-сховищ за допомогою поплавця і відводиться у видаткові баки, концентрація розчину в яких приймається від 4 до 10%. Число видаткових баків приймається не менше 2.

Місткість видаткових баків визначається за формулою:

$$W_p = \frac{q \cdot n \cdot D_k}{10000 \cdot v \cdot \rho} \quad (5.9)$$

де W<sub>p</sub> - місткість видаткових баків, м<sup>3</sup>;

q – розрахункова витрата води, м<sup>3</sup>/год;

D<sub>k</sub> – максимальна доза коагулянту, в перерахунку на безводний продукт, мг/л; n – час, на який заготовлюється розчин коагулянту (10 – 12 годин роботи);

v – концентрація розчину коагулянту (4 - 10%);

ρ – питома вага розчину коагулянту, приймається рівною 1 т/м<sup>3</sup>.

					<b>PM.20.01.ПЗ</b>	Арку
						№
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

При сухому збереженні коагулянту, розчини готують у розчинних баках, відкля їх зливають чи самопливом перекачують насосом у видаткові баки, де розбавляють до робочої концентрації або в ємності-сховища концентрованого розчину. Концентрація розчину в розчинному баці 10 - 20%, у перерахуванні на безводний продукт, у видатковому – 4 - 10%. Для інтенсифікації процесу розведення коагулянту і розведення його концентрованих розчинів перемішування в баках здійснюють за допомогою стиснутого повітря; допускається застосування для цих цілей механічних мішалок або циркуляційних насосів.

Витрату стиснутого повітря в розчинних баках приймають рівною 8 - 10 л/(м<sup>2</sup>·с), у видаткових баках – 3 - 5 л/(м<sup>2</sup>·с). Повітря для барботування розподіляється по площі перетину баків за допомогою дірчастих труб. Діаметр спрямованих вниз отворів у стінках труб повинний бути не менш 3 - 4мм; швидкість виходу повітря з отворів повинна складати 20 - 30 м/с, а швидкість руху повітря в трубах – 10 - 15 м/с.

### 5.3.2 Приготування розчину поліакриламід

Приготування розчину поліакриламід (ПАА) здійснюється з використанням установок типу УРП-2 (рис. 5.3), яка має характеристики:

Продуктивність установки УРП-2, м<sup>3</sup>/добу – 14;

Загальна місткість бака, л - 2000;

Робоча місткість бака, л - 1200;

Діаметр обмежувача диска, мм - 400;

Потужність електродвигуна мішалки, кВт - 4,5;

Частота обертання вала, об/хв - 940;

Час готування 0,1-1%-ного розчину, хв - 25-40.

Тривалість циклу готування розчину, включаючи операції зважування, завантаження, розмішування і перекачування його у видатковий бак дорівнює приблизно 2 год. Для перекачування розчинів ПАА можуть використовуватися насоси будь-якого типу.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

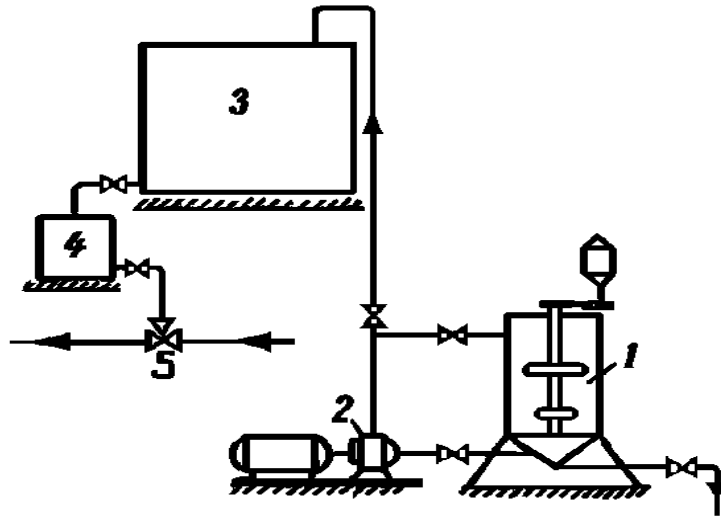


Рисунок 5.3 - Схема установки УРП-2 для розчинення поліакриламід  
 1 – ежектор; 2 – дозуючий пристрій; 3 – бак для розчину поліакриламід; 4 – подача води; 5 – бочок з мішалкою та обмежувачим диском; 6 – насос

Робочий розчин ПАА повинен бути однорідний, без згустків. В'язкість його при тиску меншому від 0,3 мм вод. ст. і температурі 20°C повинна знаходитися в межах, представлених в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – В'язкість розчинів ПАА в залежності від концентрації

C, %	0,1	0,5	1,0	1,5
$\nu$ , мПа · с	1,7-2,5	10,5-12,7	50-58	250-270

Поліакриламід необхідно вводити в воду після коагулянтів. Розрив в часі між дозуванням цих реагентів повинен складати:

- при температурі води 0-5°C і кольоровості більше 60град  $t = 4$  хв;
- при каламутності води до 50 мг/л і кольоровості менше 20град  $t=1,5-1,67$ хв;
- при каламутності води більше 50 мг/л і кольоровості менше 20град  $t=1,0-1,2$ хв.

При температурах води 15-25°C мінімальний час розриву для відповідних вод можна зменшити в 2 рази.

### 5.3.3 Приготування вапняного молока

Приготування вапняного молока здійснюється в баках, кількість яких приймається не менше двох. Об'єм баків визначається за формулою

$$W = \frac{qtD_u}{1000v_u\rho}, \quad (5.10)$$

де  $W$  - об'єм бака вапняного молока,  $\text{м}^3$ ;

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

$D_u$  - доза вапна, в розрахунку на  $\text{CaO}$ ,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;  $t$  – час, на який заготовлюється розчин, як правило 6-12 годин;

$v_u$  - концентрація вапняного молока, %;

$\rho$  – питома вага вапняного молока,  $\text{т}/\text{м}^3$ , приймається рівною  $1\text{т}/\text{м}^3$ .

Вапняне молоко з вапногасильних апаратів після очищення направляється в баки з гідравлічним перемішуванням, здійснюваним за допомогою циркуляційного насоса; застосовується також перемішування стисненим повітрям і лопатевими мішалками (рис. 5.4).

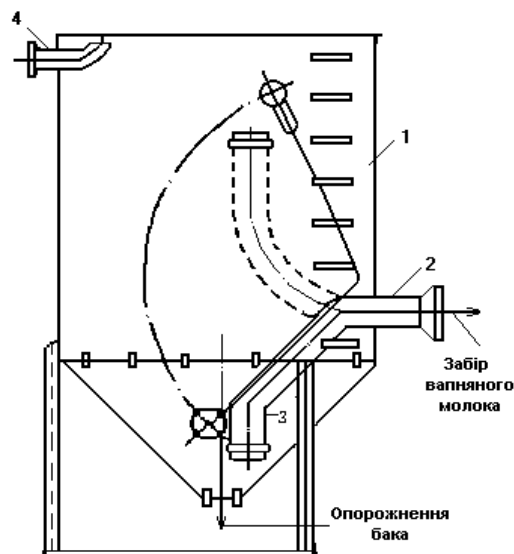


Рисунок 5.4 – Гідравлічна циркуляційна мішалка

1 – корпус; 2 і 3 – патрубки для відбору і підводу вапняного молока; 4 – перелив.

Насос, що забезпечує циркуляцію суспензії вапняного молока в гідравлічній мішалці, підбирають з розрахунку створення швидкості висхідного потоку в циліндричній частині не менше  $5\text{ мм}/\text{с}$ , а розвинутий ним напір повинен забезпечувати подачу вапняного молока до дозуючого апарату.

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.



Суспензія відбирається насосом з верхнього шару за допомогою поплавкового пристрою і подається в нижню частину баку, виконану у виді конічного днища з нахилом до горизонталі під кутом не менш  $45^\circ$ . При перемішуванні вапняного молока повітрям інтенсивність його подачі повинна складати  $8-10 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$ . У баках з лопатевими мішалками частота обертання вертикального валу приймається рівною не менше ніж 40 об/хв. Розшаровування суспензії вапняного молока запобігається установкою лопаток під кутом до вертикальної площини; як правило в баку – мішалці для вапняного молока на валу монтується декілька лопат на різній висоті. В усіх баках для вапняного молока необхідно передбачити випуск осаду у водостік, для цього днища їх повинні мати ухил до однієї точки (не менш  $0,05$ ), де встановлюється трубопровід діаметром не менше 100 мм із запірною арматурою (рис. 5.5).

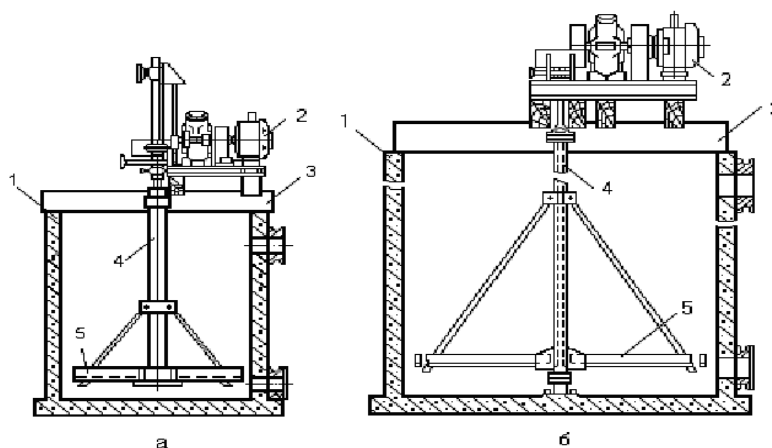


Рисунок 5.5 – Мішалки малого (а) і великого (б) діаметрів  
 1 – залізобетонний бак; 2 – рама з механізмом приводу; 3 – опори; 4 – вал; 5 – лопасті.

#### 5.3.4 Приготування реагентів, що містять фтор (розчинення)

Розчини фторовмістних речовин з малою розчинністю – кремнефториди натрію – готують насичені або ненасичені. У першому випадку використовують сатуратори одинарного насичення (рис. 5.6, а) у другому випадку – розчинні баки або повітряне перемішування (рис. 5.6, б).

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		ш

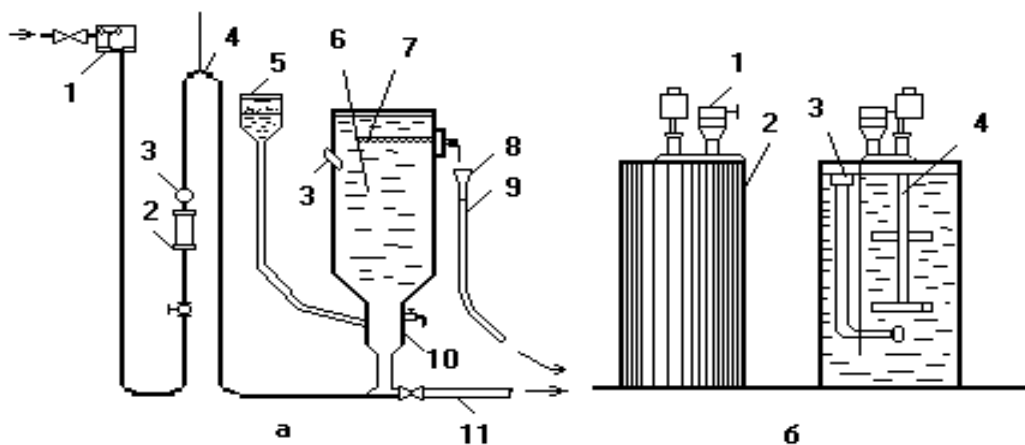


Рисунок 5.6 – Схема установок фторування води

а – з сатуратором: 1 – бачок постійного рівня; 2 – ротаметр; 3 – термометри; 4 – вихід повітря; 5 – лійка для реагенту; 6 – відстійна частина сатуратора; 7 – дірчата труба; 8 – лійка зі шлангом для відводу насиченого розчину; 9 – подача реагенту в оброблювану воду; 10 – зона насичення сатураторів; 11 – викид осаду в каналізацію;  
 б – з розчинними баками: 1 – дозатор сухого реагенту; 2 – корпус бака; 3 – шланг з поплавком; 4 – лопатна мішалка.

Продуктивність сатураторів по насиченому розчину кремнефтористого натрію  $q_c$ , л/год, підраховується за формулою:

$$q_c = \frac{D_{\text{ф}} \cdot Q}{n \cdot p} = \frac{1,23 \cdot 27000}{24 \cdot 7,3} = 189,55 \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.11)$$

де  $q_c$  – продуктивність сатураторів по насиченому розчину кремнефтористого натрію, л/год;

$D_{\text{ф}}$  – доза фтору, г/м<sup>3</sup>;

$Q$  – витрата оброблюваної води, м<sup>3</sup>/год;

$n$  – кількість сатураторів у фтораторній;

$p$  – розчинність кремнефтористого натрію, г/м<sup>3</sup> (при 0°C - 4,3; при 20°C – 7,3, при 40°C - 10,3 г/м<sup>3</sup>).

Місткість сатуратора обчислюється виходячи зі швидкості висхідного потоку води до 0,1 мм/с і часу перебування в ньому розчину (більше 5 год.).

При проектуванні видаткових баків варто користатися формулою (5.7). При цьому концентрація робочого розчину приймається для кремнефтористого амонію - 7%; фтористого натрію – 2,5%; кремнефтористого натрію при 0°C – 0,25%, а при 25°C – 0,5%. Найбільше часто застосовується метод перемішування

									Арку
									ш
									.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	РМ.20.01.ПЗ				

розчинів стисненим повітрям. Інтенсивність подачі повітря приймається: для розчинення коагулянту і фторовмісного реагенту 8 - 10л/с·м<sup>2</sup>; для перемішування коагулянтів у баках 3 - 5 л/с·м<sup>2</sup>; для перемішування вапняного розчину 8 - 10 л/с·м<sup>2</sup>.

#### 5.4 Технологічний розрахунок основних споруд

##### 5.4.1 Розрахунок змішувача вихрового типу

Приймаємо вертикальний змішувач вихрового типу. Площа горизонтального перетину у верхній частині змішувача визначаємо по формулі:

$$F_B = \frac{q_{\text{ч}}}{V_B} = \frac{1125}{100} = 11,3 \text{ м}^2, \quad (5.12)$$

де  $q_{\text{ч}} = \frac{27000}{24} = 1125 \text{ м}^3/\text{год}$  – годинна витрата води;

$V_B$  – швидкість висхідного потоку у верхній частині змішувача (100м/год).

Приймаємо один квадратний змішувач площею у верхній частині 23,33 м<sup>2</sup>. Сторона квадратного змішувача визначається за формулою:

$$B_B = \sqrt{F_B} = \sqrt{11,3} = 3,4 \text{ м}. \quad (5.13)$$

Діаметр трубопроводу, що подає воду в змішувач, приймається виходячи зі швидкості руху води 1-1,2 м/с. Внутрішній діаметр трубопроводу приймаємо 530 мм.

Висота пірамідальної (нижньої) частини змішувача визначається по формулі :

$$h_n = \frac{1}{2}(B_B - B_n) \cdot \text{ctg} \frac{\alpha}{2}, \quad (5.14)$$

де  $B_n$  – ширина нижньої частини змішувача, м;  $\alpha$  - кут між похилими стінками днища.

$$h_n = 0,5 \cdot (3,4 - 0,53) \cdot \text{ctg} \frac{40}{2} = 0,64 \text{ м}.$$

Місткість пірамідальної частини змішувача визначається по формулі:

$$W_n = \frac{1}{3} h_n (F_B + F_n + \sqrt{F_B \cdot F_n}), \quad (5.15)$$

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

$$W_n = \frac{1}{3} \cdot 0,64(3,4^2 + 0,53^2 + 3,4 \cdot 0,53) = 2,6 \text{ м}^3.$$

Повна місткість одного змішувача визначається по формулі:

$$W = \frac{q_v \cdot t}{60} = \frac{1125 \cdot 1,5}{60} = 28,13 \text{ м}^3, \quad (5.16)$$

де  $q_v$  - годинна витрата води,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$t$  – час перебування води в змішувачі ( $t = 1,5 \text{ хв}$ ).

Місткість верхньої частини змішувача визначаємо по формулі:

$$W_B = W - W_n = 28,13 - 2,6 = 25,53 \text{ м}^3.$$

Висота верхньої частини змішувача визначається по формулі:

$$h_B = W_B / F_B = 25,53 / 11,3 = 2,26 \text{ м}, \quad (5.17)$$

Повна висота змішувача визначається по формулі:

$$h = h_B + h_n = 2,26 + 0,64 = 2,9 \text{ м}, \quad (5.18)$$

Збір води здійснюється жолобом через затоплені отвори. На виході з жолоба (у лотку змішувача) встановлена сітка для виловлювання сміття з отворами  $4 \times 4 \text{ мм}$ . Змішувач обладнаний переливною трубою  $d = 250 \text{ мм}$ .

#### 5.4.2 Розрахунок освітлювача коридорного типу із шаром завислого осаду

У проекті приймаємо освітлювачі коридорного типу, прямокутні в плані.

Визначаємо середню концентрацію завислих речовин у воді, що надходить на освітлювач по формулі:

$$C_{cp} = M + K D_k + 0,25 \text{ Ц} + B, \quad (5.19)$$

де  $M$  – концентрація завислих речовин у вихідній воді,  $\text{мг/л}$  (відповідно до завдання  $M = 740 \text{ мг/л}$ );

$K$  – перекладний коефіцієнт, прийнятий для очищеного  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$   $K=0,55$ ;

$D_k$  – доза коагулянту ( $\text{мг/л}$ ), приймаємо  $60 \text{ мг/л}$ ;

$\text{Ц}$  – кольоровість води, град. (відповідно до завдання  $\text{Ц} = 110$  град);

$B$  – кількість нерозчинних речовин ( $\text{мг/л}$ ), що вводяться з вапном для підлужування, визначаємо по формулі:

$$B = (1 - 0,4) \cdot D_{ш}, \quad (5.20)$$

де  $0,4$  вміст  $\text{CaO}$  у вапні по масі, приймаємо, що в розчин переходить  $40\%$

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

вапна;

$D_{ш}$  - доза підлужуючого реагенту, що визначається за формулою:

$$D_{ш} = \left( \frac{D_k}{l_k} - Щ_o + 1 \right) K, \quad (5.21)$$

де  $D_k$  - доза коагулянту, мг/л;

$l_k$  - еквівалентна вага безводного коагулянту, мг-екв/л, для  $Al_2(SO_4)_3$   $l_k = 57$ ;

$Щ_o$  - лужність води, мг-екв/л (задана умовою приклада  $Щ_o = 0,35$  мг-екв/л);  $K$  – коефіцієнт, рівний для вапна 28.

$$D_{ш} = \left( \frac{60}{57} - 0,35 + 1 \right) \cdot 28 = 47,6 \text{ мг/л}$$

$$B = (1 - 0,4) \cdot 47,6 = 28,56 \text{ мг/л}$$

$$C_{ср} = 740 + 0,55 \cdot 60 + 0,25 \cdot 110 + 28,56 = 829,06 \text{ мг/л}$$

Визначаємо площу зони освітлення ( $m^2$ ) за формулою [ ]:

$$F_{осв.} = \frac{K \cdot q}{3,6 \cdot V_{інá}}, \quad (5.22)$$

де  $F_{осв.}$  - площа зони освітлення,  $m^2$ ;

$q$  – розрахункова витрата води,  $m^3/год$ ,

$$q = 27000/24 = 1125 m^3/год;$$

$K$  – коефіцієнт розподілу води між зонами освітлення і відділення осаду ;

$V_{осв.}$  - швидкість висхідного потоку води в зоні освітлення, мм/с.

При концентрації завислих речовин  $C_{ср} = 829,06$  мг/л, швидкість висхідного потоку води в зоні освітлення  $V_{осв.} = 1$  мм/с, а коефіцієнт розподілу  $K = 0,7$ .

$$F_{осв.} = \frac{0,7 \cdot 1125}{3,6 \cdot 1} = 218 m^2.$$

Визначаємо площу зони відділення осаду ( $m^2$ ) за формулою:

$$F_{отд} = \frac{(1 - K)q}{3,6 \cdot \alpha \cdot V_{осв.}}, \quad (5.23)$$

					<b>PM.20.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

де  $F_{отд}$  - площа зони відділення осаду,  $m^2$ ;

$K$  - коефіцієнт розподілу води між зонами освітлення осаду, прийнятий по таблиці 8.1;

$q$  – розрахункова витрата води,  $m^3/год$ ;

$a$  - коефіцієнт зниження швидкості висхідного потоку води в зоні відділення осаду в осадощільнювачі в порівнянні зі швидкістю в зоні освітлення, приймається рівним  $a = 0,9$ ;

$V_{осв}$  - швидкість висхідного потоку води в зоні освітлення,  $V_{осв} = 1 \text{ мм/с}$ .

$$F_{отд} = \frac{(1-0,7) \cdot 1125}{3,6 \cdot 0,9 \cdot 1} = 104 \text{ м}^2$$

Визначаємо площу освітлювачів:

$$F = F_{осв} + F_{отд} = 218 + 104 = 322 \text{ м}^2.$$

Площа освітлювача складається з двох бічних коридорів і осадощільнювача (коридорного освітлювача).

Приймаємо по типовим стандартам освітлювач розміром  $6 \times 6 \text{ м}$  – 9 шт.

Площа кожного освітлювача буде  $6 \times 2 = 12 \text{ м}^2$ , а площа осадощільнювача  $F_{ос.у.} = 6 \times 2 = 12 \text{ м}^2$ . Сумарна площа зони освітлення  $F_{з.осв.} = 24 \times 9 = 216 \text{ м}^2$ . Площа зони ущільнення осаду  $F_{о.у.} = 12 \times 9 = 108 \text{ м}^2$ .

Водорозподільний дірчастий колектор, розміщений у нижній частині коридорів освітлювача розраховуємо на найбільшу витрату води:

$$q_{кол} = \frac{q}{2N}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (5.24)$$

де  $q_{кол}$  - витрата води через дірчастий колектор,  $m^3/год$ ;

$N$  - кількість освітлювачів (прийнято 8 шт.);

2 – кількість дірчастих колекторів в одному освітлювачі

$$q_{кол} = \frac{1125}{8 \cdot 2} = 70,3 \text{ м}^3 / \text{год} = 19,5 \text{ л/с}$$

Швидкість входу води в дірчастий колектор, розміщений у нижній частині коридорів, повинна бути в межах  $0,5-0,6 \text{ м/с}$ .

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр колектора прийнятий  $d_{\text{кол}} = 200\text{мм}$  при швидкості  $v_{\text{кол}} = 0,5\text{ м/с}$ .

Швидкість виходу води з отворів повинна бути  $v_o = 1,5 \times 2\text{ м/с}$ , приймаємо  $v_o = 1,8\text{ м/с}$ . Тоді площа отворів розподільчого колектора:

$$f_{om} = \frac{q_{\text{кол}}}{v_o} = \frac{0,0195}{1,8} \approx 0,01\text{ м}^2 \text{ або } 100\text{ см}^2,$$

де  $q_{\text{кол}}$  – витрата води через дірчастий колектор,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$$q_{\text{кол}} = 19,5\text{ л/год} \approx 0,020\text{ м}^3/\text{год};$$

Приймаємо діаметр отворів рівним  $15\text{ мм}$ , тоді площа одного отвору:

$$f^{1\text{отв}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,5^2}{4} = 1,8\text{ см}^2.$$

Кількість отворів у колекторі:

$$n_o = \frac{f_{om}}{f^{1\text{отв}}}, \quad (3.25)$$

$$n_o = 100/1,8 = 56\text{ отв.}$$

Отвори розміщуємо в два ряди в шаховому порядку по обидві сторони колектора спрямованими вниз під кутом  $45^\circ$  до горизонту.

Відношення суми площ всіх отворів у розподільному колекторі до площі його поперечного перерізу

$$n_o = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} : \frac{\pi \cdot d_{\text{кол}}^2}{4} = n_o \frac{d_o^2}{d_{\text{кол}}^2} = 56 \frac{2,25}{400} = 0,31, \quad (3.26)$$

де  $n_o$  - кількість отворів у колекторі  $n = 56$  шт;

$d_o$  - діаметр отворів у колекторі (прийняли  $d_o = 15\text{ мм} = 1,5\text{ см}$ );

$d_{\text{кол}}$  - діаметр колектора (прийняли  $d_{\text{кол}} = 200\text{ мм} = 20\text{ см}$ ).

Отримане співвідношення  $0,31$  знаходиться в припустимих межах ( $0,3-0,4$ ).

Водозбірні жолоби з затопленими отворами розміщені в зоні освітлення, у верхній частині освітлювача, вздовж бокових стінок коридорів.

Витрату води на кожен жолоб ( $\text{м}^3/\text{год}$ ) визначаємо за формулою :

$$q_{\text{ж}} = \frac{Kq_{\text{роз}}}{4N}, \quad (5.27)$$

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $K$  - коефіцієнт розподілу води між зонами освітлення і відділення осаду;

$K = 0,7$ ;  $q_{\text{роз}}$  - розрахункова витрата води, м<sup>3</sup>/год;

$N$  – кількість освітлювачів,  $N = 8$  шт; 4 – кількість водозбірних жолобів у відстійнику. Тоді витрата води:

$$q_{\text{ж}} = 0,7 \cdot 1125/4 \cdot 8 = 24,6 \text{ м}^3/\text{год} \approx 0,007 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Ширина жолоба прямокутного перетину визначаємо за формулою:

$$B_{\text{ж}} = 0,9 \cdot q_{\text{ж}}^{0,4}, \quad (5.28)$$

$$B_{\text{ж}} = 0,9 \cdot 0,007^{0,4} \approx 13 \text{ см}.$$

Затоплені отвори розміщуються в один ряд по внутрішній стінці жолоба на 7 см нижче верхнього краю.

Глибина жолоба на початку визначається по формулі:

$$h_{\text{поч}} = 7 + 1,5 \cdot B_{\text{ж}}/2, \quad (5.29)$$

$$h_{\text{поч}} = 7 + 1,5 \cdot 13/2 = 16,75 \text{ см} \approx 17 \text{ см}.$$

Глибина жолоба наприкінці визначається за формулою [ ]:

$$h_{\text{кін}} = 7 + 2,5 \cdot B_{\text{ж}}/2, \quad (5.30)$$

$$h_{\text{кін}} = 7 + 2,5 \cdot 13/2 = 20 \text{ см}$$

Площа отворів у стінці жолоба визначається за формулою:

$$\sum f_{\text{отв}} = \frac{q_{\text{ж}}}{\mu \sqrt{2q \cdot h}} = \frac{0,007}{0,65 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,05}} = 0,0109 \text{ м}^2 = 109 \text{ см}^2, \quad (5.31)$$

При діаметрі отвору 20 мм, площа отвору:

$$f_{\text{отв}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} = 3,14 \text{ см}^2.$$

Кількість отворів буде становити:

$$n = \frac{\sum f_{\text{отв}}}{f_{\text{отв}}} = \frac{109}{3,14} = 34,7 \approx 35 \text{ шт}, \quad (5.32)$$

Крок отворів:

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



$$l = \frac{L}{n} = \frac{6}{35} = 0,17\text{ м} = 17\text{ см}, \quad (5.33)$$

де L- довжина відстійника (власне і довжина жолоба) L = 6м;

n - кількість отворів – 35шт.

Визначимо витрату води (м<sup>3</sup>/год), що надходить в один осадощільнювач через осадоприймальні вікна за формулою:

$$q_{ок} = \frac{(1-K) \cdot q_{роз}}{2N}, \quad (5.34)$$

де q<sub>ок</sub> - кількість води, що надходить в один осадощільнювач через осадоприймальні вікна, м<sup>3</sup>/год;

K – коефіцієнт розподілу води між зонами освітлення і відділення осаду, прийнятий по табл. 8.1 [ ], K = 0,7;

q<sub>роз</sub> - розрахункова витрата води, м<sup>3</sup>/год;

N – кількість освітлювачів, N = 9 шт; 2 – двостороннє надходження води з осадом через осадоприймальні вікна

$$q_{ок} = \frac{(1-0,7) \cdot 1125}{2 \cdot 9} = 18,75\text{ м}^3 / \text{год}$$

Визначаємо площу (м<sup>2</sup>) осадоприймальних вікон з однієї сторони осадощільнювача по формулі [ ]:

$$f_{ок} = q_{ок} / V_{ок}, \quad (5.35)$$

де f<sub>ок</sub> - площа осадоприймальних вікон з одного боку, м<sup>2</sup>;

V<sub>ок</sub> - швидкість руху води в осадоприймальних вікнах, м/год, приймається 10-15 мм/с (36-54 м/год). Прийmemo V<sub>ок</sub> = 36м/год. Тоді

$$f_{ок} = \frac{18,75}{36} = 0,52\text{ м}^2$$

Прийmemo висоту вікон 200 мм (0,2 м), тоді загальна довжина вікон з кожної сторони осадощільнювача:

$$L_{ок} = \frac{f_{ок}}{h_{ок}} = \frac{0,52}{0,2} = 2,6\text{ м}, \quad (5.36)$$

T = 8год ;

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

$$\delta_{cp} = 25000 \text{ г/м}^3;$$

$N$  – розрахункове число освітлювачів,  $N = 9$

Влаштуємо з кожної сторони осадощільнювача по 5 горизонтальних вікон розміром 0,2x0,5м для прийому надлишкового осаду.

При довжині осадощільнювача 6м і 5 вікнах крок між ними складе 6: (5+1) = 1,0м. Відстань між двома сусідніми вікнами 1,0 - 0,5 = 0,5м.

Визначимо місткість зони нагромадження й ущільнення осаду по формулі:

$$W_{з.у.} = \frac{q \cdot (C_{cp} - m)}{\delta_{cp} \cdot N} \cdot T, \text{ м}^3, \quad (5.37)$$

де:  $q$  – розрахункова витрата води м<sup>3</sup>/год,  $q = 1125 \text{ м}^3/\text{год}$ ;

$C_{cp}$  - середня концентрація завислих речовин у воді, що надходить в освітлювачі,  $C_{cp} = 965,3 \text{ мг/л}$ ;

$m$  - кількість суспензії у воді, що виходить з освітлювача, мг/л (приймається в межах 8-12мг/л), приймаємо  $m = 10 \text{ мг/л}$ ;  $T$  – час ущільнення осаду (8-12год) приймаємо  $T = 8 \text{ год}$ ;

$C_{cp}$  - середня концентрація завислих речовин в осадощільнювачі, прийнята по табл.7.2 [ ], при шт.

$$W_{з.у.} = \frac{1125 \cdot (829,05 - 10)}{25000 \cdot 9} \cdot 8 = \frac{1125 \cdot 819,05 \cdot 8}{25000 \cdot 9} = 33 \text{ м}^3$$

Визначаємо кількість води, що витрачається при скиданні осаду (в %) за формулою:

$$P_o = \frac{K_p \cdot W_{з.у.}}{q \cdot T} \cdot 100 = \frac{1,3 \cdot 33}{1125 \cdot 8} \cdot 100 = 0,48 \%, \quad (5.38)$$

де  $K_p$  - коефіцієнт розведення осаду,  $K_p = 1,3$ ;

$q$  – розрахункова витрата води, м<sup>3</sup>/год;

$T$  – час роботи відстійника між чищеннями (год), приймаємо  $T = 8 \text{ год}$ . Це складає  $1125 \cdot 0,48/100 = 5,4 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Для відводу освітленої води з зони осадощільнювача приймаємо дірчасті труби. Дірчасті труби розміщуються так, щоб їх верхня утворююча лінія була

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

нижче рівня води в освітлювачі не менше ніж на 0,3 м і вище верха осадоприймальних вікон не менше, ніж на 1,5м.

Витрата води через кожну збірну дірчасту трубу визначається за формулою:

$$q_{зб} = \frac{(1-K) \cdot q_{роз} - q_n}{2}, \text{ м}^3/\text{Год}, \quad (5.39)$$

де  $K$  - коефіцієнт розподілу води,  $K = 0,7$ ;

$q_{роз}$  - розрахункова витрата води (в  $\text{м}^3/\text{Год}$ ) для одного освітлювача, визначається за формулою:

$$q_{роз} = \frac{q}{N} = \frac{1125}{9} = 125 \text{ м}^3 / \text{год}$$

де  $q = 1125 \text{ м}^3/\text{Год}$  – годинна витрата води;

$N = 9$  - число відстійників;

$q_n$  = кількість води, що витрачається при скиданні осаду,  $q_n = 5,43 \text{ м}^3/\text{Год}$ .

Тоді

$$q_{зб} = \frac{(1-0,7) \cdot 125 - 5,4}{2} = 16 \text{ м}^3 / \text{год}, \quad q_{зб} = 4,44 \text{ л/с.}$$

Приймаємо діаметр труби для відводу проясненої води з зони осадощільнювача  $d_{зб} = 200 \text{ мм} = 0,2 \text{ м}$ . Швидкість руху води в устя збірної труби ( $V_{зб}$ ) повинна бути не більш  $0,5 \text{ м/с}$ . Для розрахунку приймаємо  $V_{зб} = 0,3 \text{ м/с}$ .

Визначаємо сумарну площу отворів у збірній трубі ( $\text{м}^2$ ):

$$\sum f_o = q_{зб} / V_{зб}, \quad (5.40)$$

де  $q_{зб}$  - витрата води через кожну збірну дірчасту трубу,  $\text{м}^3/\text{Год}$ ;  $V_{зб}$  – швидкість руху води в устя збірної труби,  $V_{зб} = 0,3 \text{ м/с}$ .

$$\sum f_o = 16 / 0,3 \cdot 3600 = 0,0148 \text{ м}^2 = 148 \text{ см}^2.$$

Визначаємо кількість отворів у збірній трубі.

Діаметр отворів у збірній трубі згідно [ ] повинний бути 15-25мм.

Приймаємо для розрахунку  $d_o = 20 \text{ мм} = 2 \text{ см}$ .

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді площа одного отвору складає

$$f_{от} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} = 3,14 \text{ см}^2$$

Кількість отворів

$$n = \frac{\sum f_o}{f_{от}} = \frac{148}{3,14} = 47, \quad (5.41)$$

приймаємо 47 отворів із кроком  $6:25 = 0,13$  м, де 6 - довжина освітлювача в метрах.

Отвори слід розташовувати в один ряд по верхній утворюючій труби.

Визначаємо висоту освітлювача (м) до верхнього краю водозбірних жолобів

$$H_{осв} = \frac{B_{кор.-2B_{ж}}}{2tg \frac{\alpha}{2}} = \frac{2 - 0,013}{2tg \frac{\alpha}{2}} = \frac{1,987}{0,5359} = 3,7 \text{ м} \quad (5.42)$$

$$B_{ж} = 0,9 \cdot q_{ж}^{0,4} = 0,9 \cdot 0,007^{0,4} = 0,013 \text{ м.}$$

### 5.4.3 Розрахунок каркасно-засипного фільтру

Розрахувати фільтри для очистки води на підставі даних:

Продуктивність станції ( з урахуванням власних потреб), м<sup>3</sup>/доб – 27000;

Каламутність, мг/л – 740;

Кольоровість, град – 110.

Фільтри приймаємо швидкі, одношарові з піщаним завантаженням.

Визначаємо сумарну площу фільтрів по формулі:

$$F = \frac{Q}{m \cdot V_{р.н} - 3,6n \cdot Wt_1 - nt_2 V_{р.н}}, \quad (5.43)$$

де Q – розрахункова продуктивність станції, м<sup>3</sup>/добу;

m – тривалість роботи станції протягом доби, m = 24 год;

V<sub>р.н</sub> - розрахункова швидкість фільтрування, м/год, (приймаємо по табл.

6.4 [ ] V<sub>р.н.</sub> = 6 м/год);

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

$n$  – число промивань кожного фільтра за добу (приймається 2);

$W$  - інтенсивність промивання фільтра, л/(с·м<sup>2</sup>) приймаємо  $W = 12,5$  л/(с·м<sup>2</sup>);

$t_1$  - тривалість промивання, год,  $t_1 = 6$  хв. = 0,1ч;

$t_2$  - час простою в зв'язку з промиванням, год (для однопоточних фільтрів  $t_2 = 0,33$ год). Приймаємо типовий блок фільтра 4,5х6м площею 27 м<sup>2</sup>.

$$F = \frac{Q}{m \cdot V_{p.n.} - 3,6nWt_1 - nt_2V_{p.n.}} = \frac{27000}{24 \cdot 6 - 3,6 \cdot 2 \cdot 12,5 \cdot 0,1 - 2 \cdot 0,33 \cdot 6} = 213 \text{ м}^2$$

Кількість фільтрів визначаємо за формулою:

$$N = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{F} = \frac{1}{2} \cdot 14,6 = 7,3 \text{ шт}$$

Приймаємо кількість фільтрів 7 штук.

Розрахункова швидкість фільтрування при форсованому режимі визначається за формулою:

$$V_{p.ф} = V_{p.n.} \cdot \frac{N}{N - N_1}, \quad (5.44)$$

де  $V_{p.n.}$  - розрахункова швидкість фільтрування, м/год.;  $V_{p.n.} = 6$  м/год);

$N$ - кількість фільтрів;

$N_1$  - число фільтрів, які знаходяться у ремонті, приймаємо  $N_1 = 1$ шт.

$$V_{p.ф} = V_{p.n.} \cdot \frac{N}{N - N_1} = \frac{6 \cdot 7}{7 - 1} = 7 \text{ м/год}$$

Розрахунки показали, що  $V_{p.ф} = 6,7 \times 7,5$ .

Визначаємо склад завантаження фільтра. Висота фільтруючого шару піску прийнята 700мм з крупністю часток 0,5-1,25 мм. Еквівалентний діаметр зерен 0,7-0,8, а коефіцієнт неоднорідності  $K_n = 2 - 2,2$ . Загальна висота підтримуючих шарів гравію 500мм.

Розрахуємо розподільчу систему фільтра.

					<b>PM.20.01.ПЗ</b>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Визначимо кількість промивної води, необхідної для промивання одного фільтра:

$$q^1_{\text{пр}} = F^1 \cdot \omega = 27 \cdot 12,5 = 337,5 \text{ л/с}, \quad (5.45)$$

де  $q^1_{\text{пр}}$  - кількість промивної води для промивання одного фільтра, л/с;

$F^1$  - поверхня одного фільтра, м<sup>2</sup>;

$F^1 = 27 \text{ м}^2$ ;

$\omega$  - інтенсивність промивання фільтра, л/с·м<sup>2</sup> ( $\omega = 12,5 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$ ).

Діаметр колектора розподільчої системи визначаємо по швидкості входу промивної води (діаметр колектора дренажу). Згідно СНиП 2.04.02-84 швидкість руху води на початку колектора приймається 1-1,2 м/с. Для розрахунку приймемо швидкість руху води на початку колектора  $V_k = 1,15 \text{ м/с}$ , тоді площа перетину колектора (м<sup>2</sup>) визначається як:

$$F_k = q'_{\text{пр}} / V_k, \quad (3.46)$$

де  $F_k$  - площа перетину колектора, м<sup>2</sup>;

$q'_{\text{пр}}$  - кількість промивної води для промивання одного фільтра, л/с;

$V_k$  - швидкість руху води на початку колектора, м/с ( $V_k = 1,15 \text{ м/с}$ ).

$$F_k = \frac{0,3375}{1,15} = 0,293 \text{ м}^2.$$

Тоді внутрішній діаметр колектора:

$$D_k = \sqrt{\frac{4F}{3,14}} = \sqrt{\frac{1,172}{3,14}} = 0,6 \text{ м} = 600 \text{ мм}, \quad (5.47)$$

При товщині стінки 20мм, зовнішній діаметр колектора  $D_{k.n.} = 640 \text{ мм}$ .

Площа дна фільтра, що приходить на кожне відгалуження розподільної системи при відстані між ними  $m = 0,3 \text{ м}$  і зовнішньому діаметрі колектора 640 мм, складе:

$$f_{\text{отв}} = \frac{6 - 0,64}{2} \cdot 0,3 = 0,8 \text{ м}^2, \quad (5.48)$$

де  $f_{\text{отв}}$  - площа дна фільтра, що приходить на кожне відгалуження, м<sup>2</sup>;

6 – довжина колектора (прийнята по довжині фільтра), м;

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

0,64 – зовнішній діаметр колектора, м;

0,3 – відстань між відгалуженнями, м (прийнятий згідно СНиП);

2 - відгалуження, влаштовані на обох сторонах колектора.

Визначимо витрату промивної води, що надходить через одне відгалуження

$$q'_{\text{отв.}} = f_{\text{отв.}} \cdot \omega = 0,8 \cdot 12,5 = 10 \text{ л/с}, \quad (5.49)$$

де  $\omega$  - інтенсивність промивання фільтра в л/(с·м<sup>2</sup>),  $\omega = 12,5$  л/(с·м<sup>2</sup>).

Діаметр труб відгалужень приймаємо  $d_{\text{отв.}} = 100$  мм, тоді площа перетину труби відгалуження:

$$f_{\text{тр.отв.}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{отв.}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} = 0,0078 \text{ м}^2.$$

Визначаємо швидкість входу води у відгалуження:

$$V_{\text{тр.отв.}} = \frac{q'_{\text{отв.}}}{f_{\text{тр.отв.}}} = \frac{0,01}{0,0078} = 1,28 \text{ м/с}$$

Швидкість входу води у відгалуження дорівнює 1,28 м/с (що не перевищує рекомендованій – 1,8 м/с).

У нижній частині відгалужень під кутом 45° до вертикалі передбачаються отвори діаметром  $d = 10 \times 12$  мм.

Відношення площі всіх отворів у відгалуженнях розподільної системи  $\Sigma f_0$  до площі фільтра приймаємо рівним 0,25%.

При площі одного фільтра  $F = 27$  м<sup>2</sup> сумарна площа отворів складає:

$$\Sigma f_0 = \frac{0,25 \cdot 27}{100} = 0,0675 \text{ м}^2 \text{ або } 675 \text{ см}^2$$

Задаючись діаметром отворів у відгалуженні  $d = 12$  мм, визначаємо площу одного отвору:

$$f_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} = 1,13 \text{ см}^2$$

Визначаємо загальне число отворів у розподільчій системі кожного фільтра:

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

$$n_{от} = \frac{\sum f_o}{f_o} = \frac{675}{1,13} = 597 \text{ шт}$$

Визначаємо число відгалужень на фільтрі при відстані між осями відгалужень 0,3 м:

$$n'_{отв.} = \frac{4,5}{0,3} \cdot 2 = 30$$

Число отворів, що приходяться на одне відгалуження:

$$n''_{отв.} = \frac{597}{30} = 20 \text{ шт}$$

При довжині відгалужень  $I_{отв.} = (4,5 - 0,64) : 2 = 1,93$  м крок осі отворів:

$$I_o = I_{отв.} / n''_{отв.} = 1,93 / 20 = 0,09 \text{ м.}$$

Отвори розташовують у два ряди в шаховому порядку під кутом  $45^\circ$  до вертикальної осі труби.

Розраховуємо пристрої для збору і відводу води при промиванні. Збір води при промиванні фільтрів здійснюється за допомогою жолоба (див. рис. 6.1, поз. 3). Приймаємо три жолоби (відстань між жолобами не більш 2,2 м).

Витрата промивної води ( $m^3/c$ ), що приходиться на один жолоб, визначається за формулою:

$$q_{ж} = \frac{\omega \cdot c \cdot l}{1000}, \quad (5.50)$$

де  $q_{ж}$  - витрата води через один жолоб при промиванні,  $m^3/c$ ;

$c$  – відстань між осями жолобів, м (приймаємо  $c = 1,8$  м);

$l$  – довжина жолоба, м (приймаємо  $l = 6$  м);

$\omega$  - максимальна інтенсивність промивання,  $л/(с \cdot м^2)$ , приймаємо  $\omega = 12,5$   $л/(с \cdot м^2)$ .

$$q_{ж} = \frac{12,5 \cdot 1,8 \cdot 6}{1000} = \frac{135}{1000} = 0,135 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Визначаємо ширину жолобів (м) за формулою:

$$B = K \cdot \sqrt[5]{\frac{q_{жс}^2}{(1,57 + \alpha)^3}}, \quad (5.51)$$

					<b>PM.20.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.



де  $B$  - ширина жолоба, м;

$K$  – коефіцієнт (для жолобів п'ятикутного перетину  $K = 2,1$ , для жолобів напівкруглого перетину  $K = 2$ );

$\alpha$ - відношення висоти прямокутної частини жолоба до половини його ширини (приймається в межах 1-1,5);

Для розрахунку приймаємо жолоби напівкруглої форми, тоді  $\alpha$  приймаємо рівним 1,5;  $K = 2$ :

$$B = 2 \cdot \sqrt[5]{\frac{0,135^2}{(1,57 + 1,5)^3}} = 2 \cdot \sqrt[5]{\frac{0,018}{28,9}} = 2 \cdot \sqrt[5]{0,006} = 2 \cdot 0,23 = 0,46 \text{ м} = 46 \text{ см}$$

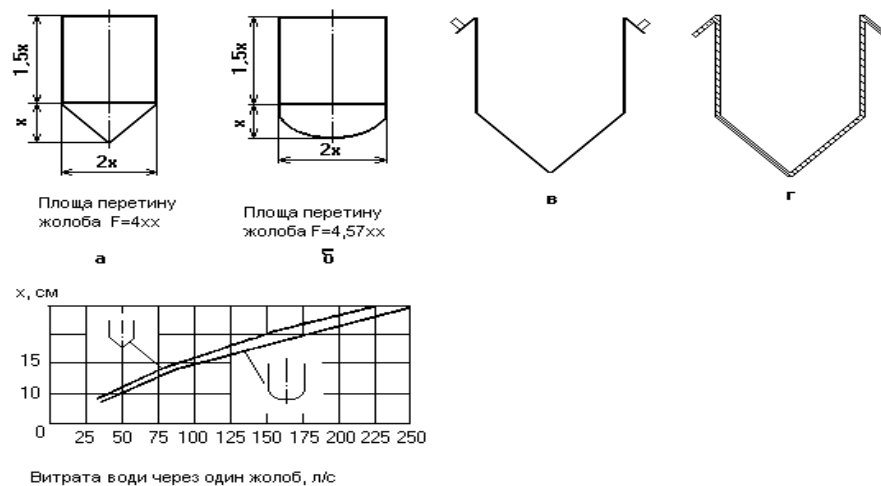


Рисунок 5.7 – Жолоби для відводу промивної води з фільтра  
а, б – перетин жолобів; в, г – форми захисних козирків; д – графік для визначення їх розмірів

Ширина жолоба  $B = 46$  см. При визначенні розмірів доцільно користатися графіками, приведеними на рис. 5.7д. Для подальших розрахунків приймаємо жолоб напівкруглої форми (рис. 5.7 б).

Визначивши по формулі ( $q_{ж} = \frac{\omega \cdot c \cdot l}{1000}$ , м<sup>3</sup>/с) витрату води через один жолоб при промиванні  $q_{ж} = 0,135$  м<sup>3</sup>/с відкладаємо по осі ординат знайдену витрату води, (поз.д), проводимо перпендикуляр до перетину з кривою для обраного зрізу жолоба на осі абсцис і знаходимо значення  $X$ , потім визначаємо шукані розміри жолоба, зазначені на рис. 5.7 б.

Визначимо  $X = 24$  см, тоді ширина жолоба  $B = 2 \cdot X = 2 \cdot 24 = 48$  см. Висота прямокутної частини жолоба  $1,5 \cdot X = 1,5 \cdot 24 = 36$  см. Висота напівкруглої частини жолоба  $X = 24$  см. Корисна висота жолоба  $H = 36 + 24 = 70$  см.

Визначаємо відсоток води, що витрачається на промивання фільтрів по формулі:

$$P_{np} = \frac{W_n \cdot N}{q \cdot T} \cdot 100\% , \quad (5.52)$$

де  $P_{np}$  - відсоток води, що витрачається на промивання фільтрів, %;  $W_n$  - витрата води на одне промивання, м<sup>3</sup>/год;  $N$  - кількість фільтрів;  $q$  - розрахункова витрата води, м<sup>3</sup>/год;  $T$  - тривалість роботи фільтрів між промиваннями, год.

$$P_{np} = \frac{337,5 \cdot 10 \cdot 3600}{1167 \cdot 12 \cdot 1000} \cdot 100 = 8,6\% \quad \text{або} \quad \frac{1167 \cdot 8,6}{100} = 100,3 \text{ м}^3$$

Витрата води на промивання 10 фільтрів складає 100,3 м<sup>3</sup>.

Визначимо втрати напору (м) в дренажних системах швидких фільтрів за формулою:

$$h = \xi \frac{V_k^2}{2g} + \frac{V_{б.о.}^2}{2g} , \text{ м} , \quad (5.53)$$

де  $\xi$  - коефіцієнт гідравлічного опору;

$V_k$  - швидкість руху води на початку розподільчого колектора, м/с ( $V_k = 0,8-1,2$  м/с);

$g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup> ( $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>);

$V_{б.о.}$  - швидкість води на початку відгалуження, м/с (можна приймати 1,8-2 м/с)

Для розрахунку приймаємо  $V_k = 1,19$  м/с;  $V_{б.о.} = 1,8$  м/с

$$\xi = \frac{2,2}{K_n^2} + 1 = \frac{2,2}{0,24^2} + 1 = 39,2 \text{ м}$$

де  $K_n$  – коефіцієнт перфорації,  $K_n = 0,24$ . Тоді:

$$h = 39,2 \frac{1,19^2}{2 \cdot 9,81} + \frac{1,8^2}{2 \cdot 9,81} = 2,98 \text{ м} .$$

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Визначаємо втрати (м) у фільтруючому шарі висотою  $H_{\phi} = 700$  мм за формулою:

$$h_{\phi} = (a + b\omega)H_{\phi}, \quad (5.54)$$

де  $a$  – приймається рівним 0,76;

$b = 0,017$  – для даної крупності зерен піску;

$\omega$  - інтенсивність промивання л/(схм<sup>2</sup>),  $\omega = 12,5$  л/(с·м<sup>2</sup>);

$H_{\phi} = 700$  мм = 0,7 м;

$$h_{\phi} = (0,76 + 0,017 \cdot 12,5) \cdot 0,7 = 0,68 \text{ м.}$$

Визначаємо втрати напору (м) в підтримуючих шарах за формулою:

$$H_{\text{пш}} = 0,022H_{\text{ж}} \cdot \omega, \quad (3.55)$$

де  $H_{\text{ж}} = 0,5$  м .

$$H_{\text{пш}} = 0,022 \cdot 0,5 \cdot 12,5 = 0,14 \text{ м.}$$

Втрати напору в трубопроводі, що підводить промивну воду до загального колектора розподільної системи (ухил  $i = 4,48$ ) при загальній довжині трубопроводу  $l = 100$  м, становлять:

$$h_{\text{тр}} = 0,00448 \cdot L = 0,00448 \cdot 100 = 0,448 \text{ м} \approx 0,45 \text{ м}$$

Втрати на місцеві опори (м) у фасонних частинах і арматурі становлять:

$$h_{\text{м}} = \frac{\sum \xi \cdot V^2}{2 \cdot g}, \quad (5.56)$$

В тому числі для коліна  $\xi = 0,984$ , для засувки  $\xi = 0,26$ , для входу в усмоктувальну трубу  $\xi = 0,5$ , для трійників  $\xi = 0,92$ . Тоді всі втрати на місцеві опори будуть становити:

$$\Sigma h_{\text{м}} = (2 \cdot 0,984 + 0,26 + 0,5 + 0,92) \cdot \frac{1,19^2}{2 \cdot 9,81} \approx 0,44 \text{ м}$$

Повна величина втрат напору (м) при промиванні фільтра становитиме:

$$\Sigma h = 2,98 + 0,68 + 0,14 + 0,45 + 0,44 = 4,69 \text{ м}$$

Повна величина втрат напору при промиванні фільтра складає 4,69м, що менше 7м, що допускаються СНиП.

									Арку
									ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					.

РМ.20.01.ПЗ

#### 5.4.4 Розрахунок обладнання для хлорування води

Розрахувати хлораторну для станції обробки води  $Q_{доб} = 27000 \text{ м}^3/\text{доб}$ .

Хлорування приймаємо хлором у два етапи.

Визначаємо годинну витрату хлору: для попереднього хлорування води доза хлору  $D_{1\text{хл}} = 5 \text{ мг/л}$

$$\frac{Q_{доб} \cdot D_{1\text{хл}}}{1000 \cdot 24} = \frac{27000 \cdot 5}{1000 \cdot 24} = 5,6 \text{ кг / год}$$

для вторинного хлорування доза хлору  $D_{11\text{хл}} = 1 \text{ мг/л}$

$$\frac{Q_{доб} \cdot D_{11\text{хл}}}{1000 \cdot 24} = \frac{27000 \cdot 1}{1000 \cdot 24} = 1,13 \text{ кг / год}$$

Загальна витрата хлору становить  $5,6 + 1,13 = 6,73 \text{ кг/год}$  або  $161,5 \text{ кг/добу}$ .

Приймаємо в хлораторній хлоратори ЛОНИИ-100: один продуктивністю  $10 \text{ кг/год}$  для первинного хлорування і один продуктивністю  $0,5-3 \text{ кг/год}$  – для вторинного хлорування. Всього встановлюємо 4 хлоратори (2 робочих і 2 резервних). Хлор-газ подається в хлораторну по хлоропроводу від складу хлору.

#### 5.5 Доочищення на катіонітових фільтрах, при використанні води у котлах

У разі значної твердості, з метою економії реагентів, доцільно використовувати доочистку. Враховуючи той факт, що використання катіонітових фільтрів бажане при твердості не більше  $15 \text{ мг-екв/л}$ , то його проводять після обробки вапном.

Основним методом підготовки води для промислових котелен є докотлове пом'якшення. Метод підготовки і схема водо підготовки обирається, виходячи з умов промислового об'єкту. Приймається до уваги потужність, параметри пару і тип котла, якість вихідної води, наявність персоналу.

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш розповсюджена схема водопідготовки у промислових котельнях, яка працює по методу Na-катіонування. Для більш глибокого пом'якшення води і збільшення межрегенераційного періоду приймається послідовне двоступеневе Na-катіонування.

Вихідна вода спочатку пропускається з нормальною швидкістю (15-20 м/ч) через фільтри 1-го ступеню, де вона піддається зм'якшенню до твердості 0,05-0,2 мг-екв/кг. Потім пом'якшену воду пропускають через фільтри 2-го ступеню з підвищеною швидкістю (30-50 м/ч), в котрій твердість попередньо пом'якшеної води знижується до 0,03-0,01 мг-екв/кг. Крім того, наявність фільтрів другого ступеню створює свого роду бар'єр, котрий запобігає проскоку солей твердості при різних похибках у роботі фільтрів 1-го ступеню. Тому часто фільтри 2-го ступеню називають бар'єрними фільтрами.

Na-катіонування води представлено на рисунках 5.8 та 5.9.

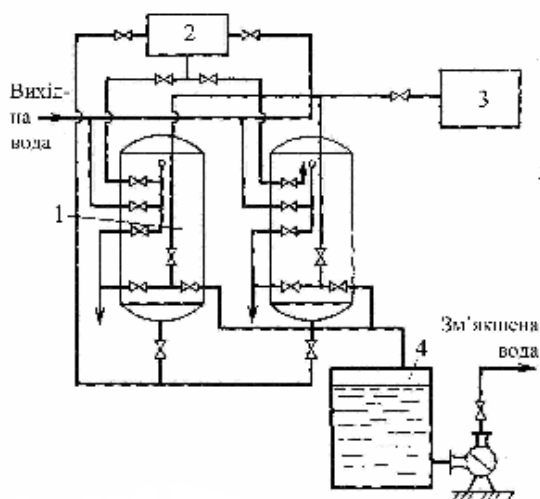


Рис. 5.8 Схема одноступінчатого Na-катіонування води

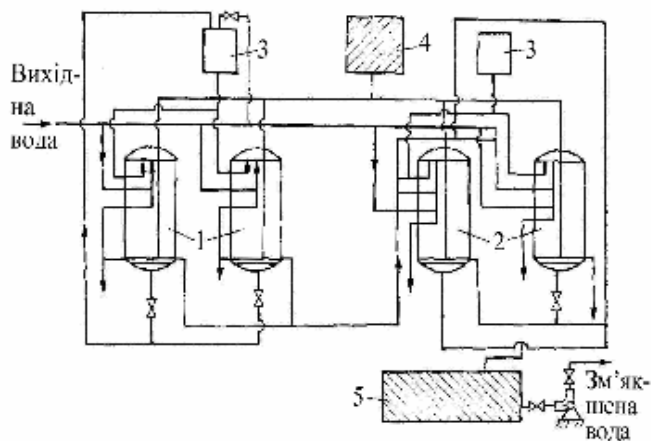


Рис. 5.9 Схема двоступінчатого Na-катіонування води

Основні стадії одноступінчатого Na-катіонування:

- 1 - Na-катіонітовий фільтр
- 2 – бак з розчином куховарської солі
- 3 – бак з частково зм'якшеною водою для розпушування катіоніту
- 4 – резервуар пом'якшеної води

Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

PM.20.01.ПЗ

Арку

ш

Основні стадії двоступінчатого Na-катіонування:

- 1 - Na-катіонітові фільтри першого ступеню
- 2 - Na-катіонітові фільтри другого ступеню
- 3 – баки з розчином солі
- 4 – бак з водою для розпушування
- 5 - резервуар позм'якшеної води

На даний момент існують комплексні установки пом'якшення води, що не потребують додаткового обслуговування, та не займають багато місця. Підходять для парових котлів, продуктивністю 10 т. Наприклад, ECOSOFT DFU GL — «DUPLEX».

Модель: DFU-2062GL

Продуктивність робоча/пікова, м<sup>3</sup>/годину - 12,0/12,0.

Об'єм загрузки фільтру - 300 л.

Необхідна монтажна зона (ширина x глибина x висота), м – 1,9 x 0,7 x 1,9.

Маса фільтру, кг - 600.

Непереривність роботи установки забезпечують два фільтри – один у робочому режимі, другий – в регенерації або резерві. При цьому перехід потоків води здійснюється за допомогою двох управляючих клапанів, що забезпечені електронним контролером і імпульсним лічильником води.

Електронний контролер забезпечує надійне управління роботою системи очистки води і економічні витрати солі і води при регенерації.

Комплектація пом'якшувача:

- автоматичний клапан управління по витраті води;
- корпус фільтра (2 шт);
- Na-катіоніт (іонообмінна смола);
- сольовий бак з регулюючим пристроєм наповнення.

Термін фільтруючого матеріалу до 7 років.

#### 5.6 Розрахунок установки для пом'якшення води

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

З метою економії витрат та необхідності використання додаткового обладнання, персоналу для його обслуговування та значних площ для його розміщення, пропонується використовувати комплексні установки пом'якшення води безпосередньо на котельнях. Для парових котлів продуктивністю 10 т/годину оптимально підходять установки моделі SF3072-CV, ECOSOFT DFU GL - «DUPLEX».

Розрахуємо фактичний ресурс системи пом'якшення води за формулою:

$$1.1 \quad R_1 = (R_0 \times 7) / T, \quad (5.57)$$

де  $R_1$  – фактичний ресурс системи, м<sup>3</sup>;

$R_0$  - ресурс системи при твердості 7 мг-екв/л (згідно закладеним нормам експлуатації установки), м<sup>3</sup>;

$T$  – твердість вихідної води, мг-екв/л, приймаємо 14 мг-екв/л.

$$R_1 = 84,7 \times 7 / 14 = 42,35 \text{ м}^3$$

При витраті води 10 м<sup>3</sup>/годину, на добу 5 регенерацій.

Витрати солі в перерахунку на 1 м<sup>3</sup> очищеної води, розраховуємо за формулою:

$$1.2 \quad M = T / 7,5, \quad (5.58)$$

де  $M$  – витрата солі на 1 м<sup>3</sup> очищеної води, кг;

$T$  – твердість вихідної води, мг-екв/л.

$$M = 14 / 7,5 = 1,8 \text{ кг}$$

На одну регенерацію катіоніту необхідно  $1,8 \times 10 = 18$  кг солі, на добу – 90 кг солі.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1 Охорона праці

6.1.1 Основні токсичні властивості, пожежо- та вибухонебезпечність речовин, що застосовано у лабораторії.

Всі використовувані і отримувані речовини є негорючими [36] (табл. 6.1).

Таблиця 6.1– Токсичності вживаних і отримуваних речовин

Найменування	Клас небезпеки	ПДКр.з (1) ПДКм.р (2) ПДКс.с.(3) ПДКв.(4) ПДКв.р.(5)	Характер дії на організм людини
Хлорид натрію	4	5(1)	Може викликати подразнення шкіри, слизових очей, верхніх дихальних шляхів
Соляна кислота	2	0,2 (2) 0,2 (3)	при високих концентраціях подразнює слизову оболонку дихальних шляхів, викликає кашель, сильне серцебиття; нешкідлива концентрація – 0,015 мг/л
Срібло азотнокисле	4	-	Може викликати подразнення шкіри, слизових очей, верхніх дихальних шляхів
Хромат калію	1	0,01 (1)	Може викликати подразнення шкіри, слизових очей, алергії, дерматити. Вражає печінку, нирки.
Трилон Б	2	4 (1)	Подразнення шкіри, слизових оболонок і дихальних шляхів.

					<b>PM.20.01.ПЗ</b>		
Змі	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Петренко				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Мохонько						
Консультант					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b> СНУ ім. В. Даля, ПЕО-19зм		
Н. Контр.							
Затверд.	Суворін						



### 6.1.2 Небезпечні і шкідливі чинники в лабораторії

При порушенні правил техніки безпеки в лабораторії можливі:

- електротравми;
- хімічні опіки;
- отруєння;
- термічні опіки.

Ураження електричним струмом в лабораторії можливе при дотику до частин устаткування, що знаходяться під напругою, через несправності або відсутність заземлення або занулення, при несправній, з порушеною ізоляцією електропроводці.

Хімічні опіки викликаються місцевою дією хімічно активних твердих, рідких або газоподібних речовин. Міра опіку залежить від концентрації речовини, його токсичності, тривалості дії, а також від чутливості шкіри. Найбільш сильні опіки викликають кислоти: азотна, сірчана, соляна та інші. Лужні опіки характеризуються глибиною пошкодження.

Більшість токсичних речовин здатна викликати отруєння (пари соляної і сірчаної кислот, закисне залізо). Розрізняють гострі і хронічні отруєння. Гострі отруєння виникають при раптовому потраплянні в організм значних кількостей хімічної речовини. Хронічне отруєння розвивається поступово в результаті тривалої дії малих кількостей токсичних речовин і характеризується стійкістю симптомів отруєння.

Термічні опіки можливі при роботі з газовими пальниками і електроплитками, дотику до електронагрівальних приладів, процесах, пов'язаних з нагріванням [37].

Всі використовувані і отримувані речовини є негорючими [38].

### 6.1.3 Основні вимоги до персоналу лабораторії

Персонал лабораторії має виконувати вимоги наступних інструкцій:

1. Правила безпечної роботи в лабораторії.
2. Інструкція по заходах безпеки при роботі з реактивами.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Інструкція по зберіганню і вживанню сильнодіючих отруйних речовин.

4. Інструкція з пожежної безпеки.

#### 6.1.4 Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів

##### 6.1.4.1 Вентиляція

Хімічна лабораторія забезпечена природною вентиляцією. У тих випадках, коли синтез супроводжується виділенням шкідливої пари, газів, пилу, передбачена штучна вентиляція.

Природна вентиляція значно дешевше штучної, оскільки великі об'єми повітря подаються в приміщення і видаляються з них без вживання вентиляторів і воздуховодів. Вентиляція здійснюється через витяжні канали, шахти, кватирки і фрамуги будівель.

Недолік природної вентиляції полягає в тому, що припливне повітря вводить в приміщення без попереднього очищення і підігрівання, а те, що видаляється не очищується від викидів і забруднює зовнішнє повітря. Крім того, ефективність аерації може істотно падати унаслідок підвищення температури зовнішнього повітря, особливо в безвітряну погоду.

При використанні механічної вентиляції на відміну від природної є можливість заздалегідь очищати, нагрівати або охолоджувати, зволожувати припливне повітря, а також очищати забруднене повітря, що викидається в атмосферу. Крім того, повітря можна подавати по воздуховодам в будь-яку зону приміщення або видаляти його з місць інтенсивного утворення шкідливих газів.

До недоліків механічної вентиляції слід віднести необхідність звукоізоляції, значну вартість споруди і експлуатації, а також велику енергоємність.

Вибираємо комбіновану систему вентиляції механічну і природну.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Передбачається припливно-витяжна вентиляція лабораторних приміщень з механічним побудженням. Хімічна лабораторія обладнується витяжними шафами [39].

Кратність повітрообміну в хімічній лабораторії має бути не менше 5.

Об'єм лабораторного приміщення рівний 384 м<sup>3</sup>.

Площа лабораторного приміщення рівна 96 м<sup>2</sup>.

Об'єм повітря, що відсисається, від кожної витяжної шафи визначається по формулі:

$$W_{ш} = F \cdot U \cdot 3600, \quad (6.1)$$

де F - площа робочого отвору для витяжної шафи довжиною 1 м, дорівнює 0,4 м<sup>2</sup>;

U- швидкість руху всмоктуваного в отвір повітря. Для речовин другого класу небезпеки з ГДК від 0,1 до 1 мг/м<sup>3</sup> – 0,5-0,7, риймаємо 0,7.

$$W_{ш} = 2 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 3600 = 2016 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Продуктивність вентилятора для витяжної шафи визначається по формулі:

$$L = W_{ш} \cdot K, \quad (6.2)$$

де K- коефіцієнт підсосу повітря через нещільність (1,15).

$$L = 2016 \cdot 1,15 = 2318,4 \text{ м}^3/\text{год}$$

Тип вентилятора вибираємо по [41, с.30]. Приймаємо відцентрований вентилятор типа В-Ц4-70 (1-го виконання). Продуктивність 2800 м<sup>3</sup>/год; номер вентилятора 4,0; тиск 45 мм вод. ст.; частота обертання 1500 об/хв; тип електродвигуна 4А71 В4; потужність 0,75 кВт.

#### 6.1.4.2 Опалення

У лабораторії передбачується система повітряного опалення від пунктів теплопостачання. В якості опалювальних пристроїв використовують радіатори. Витрату кількості тепла, необхідну для підігріву припливного вентиляційного повітря в зимовий період часу, можна визначити за формулою:

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		ш

$$Q = q \times F \times (1 + K), (Вт), \quad (6.3)$$

де:  $q$  – укрупнений показник максимальної витрати тепла на опалення 1 м<sup>2</sup> приміщення,  $q = 152 \text{ Вт/ м}^2$  ;

$F$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>,  $F = 96 \text{ м}^2$  ;

$K$  – коефіцієнт, що враховує витрати теплоти на опалення,  $K = 0,34$ .

$$Q = 152 \times 96 \times (1 + 0,34) = 19553,28 \text{ Вт}$$

Площа поверхні опалювальних пристроїв визначається за формулою:

$$H = Q / 506, \text{екм} , \quad (17)$$

де: екм – еквівалентний квадратний метр – це площа поверхні нагрівання опалювального пристрою, що віддає 506 Вт теплоти при різниці середньої температури теплоносія й температури повітря в приміщенні 64,5°C; 1екм = 0,82 м<sup>2</sup>

$$H = 19553,28 / 506 = 38,6 \text{екм} = 38,6 \text{ м}^2$$

По отриманим розрахункам здійснюємо підбір радіаторів. Отримуємо площу поверхні радіатору 38,6 м<sup>2</sup>. Обираємо радіатор марки М-90. Визначаємо необхідну кількість секцій радіатору  $38,6 / 0,2 = 193$  секції.

#### 6.1.4.3 Освітлення приміщень

Лабораторія в денний час освітлюється природним світлом. Освітлення здійснюється під час потрапляння світла через віконні отвори. Джерелом штучного світла служать лампи розжарювання. Роботи, що проводяться в лабораторних приміщеннях, відносяться до робіт високої точності (другий розряд) [40].

#### 6.1.4.4 Розрахунок природного освітлення

Природне освітлення здійснюється через світлові отвори в стінах будівель (бокове світло). Його розраховують з відношення площі світлових отворів до площі підлоги (світловий коефіцієнт). Для лабораторій світловий коефіцієнт приймається в межах 1:6-1:5 .

Необхідну площу світлових отворів визначаємо по формулі:

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

$$S_o = \frac{1}{6} S_n, \quad (6.4)$$

де  $S_n$ - площа підлоги, м<sup>2</sup> (96).

$$S_o = \frac{1}{6} \cdot 96 = 16 \text{ м}^2$$

Розмір світлового отвору 2х3 м.

Приймаємо 3 вікна (2х3).

#### 6.1.4.5 Розрахунок загального штучного освітлення

Число світильників, необхідне для освітлення лабораторії, визначаємо по формулі:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K \cdot Z}{F \cdot U}, \quad (6.5)$$

де  $E$ - мінімальна допустима освітленість робочих поверхонь визначена нормами, вказаними в[34, с.17] (150лк);

$S$  - освітлювана площа (96 м<sup>2</sup>);

$F$ - світловий потік однієї лампи по [34,с.17] (для ламп розжарювання, потужністю 200Вт і напругою в мережі 220В, світловий потік однієї лампи 2510 лм);

$K$ - коефіцієнт запасу, що приймається по нормах [41,с.19]. При малому виділенні забруднень – 1,3;

$Z$  - поправочний коефіцієнт, залежний від конструкції світильника, по [32,с.19] для світильника типа “Універсальний” приймаємо 0,82.

$U$ - коефіцієнт використання освітлювальної установки, залежний від типа світильника, коефіцієнта віддзеркалення стель і стін, показника, який визначається по формулі:

$$i = \frac{a \cdot b}{h(a + b)}, \quad (6.6)$$

де  $a$  і  $b$  - довжина і ширина приміщення, м;

$h$  - висота підвіски світильника від рівня робочого місця, м (2,5м)

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i = \frac{12 \cdot 8}{2,5 \cdot (12 + 8)} = 1,92$$

Приймаємо U по [22,с.19] рівних 0,46.

$$n = \frac{150 \cdot 96 \cdot 1,3 \cdot 0,82}{2510 \cdot 0,46} = 15 \text{ шт}$$

Потужність електроосвітлювальної установки визначаємо по формулі:

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 - 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \quad (6.7)$$

де n- розрахункова кількість ламп для освітлення (15);

W- потужність однієї лампи, Вт (200);

nW(0.1-0.2) - додаткова потужність для ламп місцевого освітлення, Вт

$$n = \frac{15 \cdot 200 + 0,1 \cdot 15 \cdot 200}{1000} = 3,3 \text{ кВт}$$

Приймаємо розміщення світильників в 3 ряди по 5 штук в кожному.

#### 6.1.5 Заходи боротьби з шумом та вібрацією

На сам перед для боротьби з шумом та вібрацією слід усунути або зменшити їх в джерела утворення, а потім вже застосовувати заходи зменшення шуму на шляху його розповсюдження.

У виробництві використовують такі заходи боротьби з шумом та вібрацією як: жорстке кріплення віброуючих деталей та вузлів; усунення надлишкових зазорів в супряженнях машин та механізмів; використання амортизуючих та віброізолюючих пружних матеріалів; застосування динамічних віброгасників; балансування рухомих та обертових деталей і механізмів; заповнення потенційно резонуючих порожнин демпфуючими матеріалами; зміна ударного устаткування безударним. Для захисту працівників використовують спеціальний одяг та шумоізолюючі навушники. Для запобігання розповсюдження шуму та вібрації встановлюють звукоізолюючі вікна; стіни, стелю та підлогу обшивають звукоізолюючими матеріалами; роблять стіни з повітряними прошарками для зменшення шуму.

#### 6.1.6 Заходи захисту від статичної електрики

Джерела, електрики, які можуть мати місце в лабораторіях, а саме:

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

- поява електростатичних зарядів на платах і приладах мікроелектронної техніки в процесі їхнього взаємного переміщення при монтажі схем, ремонті й налаштування апаратури;

- виникнення електричного потенціалу на незаземленому устаткуванні за рахунок електричної індукції при сильних грозових розрядах і недостатнього грозозахисту;

- електризація рідини при наливі, зливі та перекачуванні з незаземлених резервуарів, цистерн та інших ємностей;

- електризація рідини при її фільтруванні, розбризкуванні;

- можливість електризації газу через присутність в ньому твердих або рідких домішок;

- статична електрика, що накопичується на людині при носінні одягу з синтетичних матеріалів і шовку.

До заходів захисту від статичної електрики відносять:

- запобігання накопиченню зарядів на металевому устаткуванні (досягається заземленням всіх металевих частин, на яких можуть з'являтися заряди);

- послаблення генерації зарядів на твердих тілах і в рідинах (за рахунок збільшення їх поверхневої провідності шляхом підвищення відносної вологості повітря, хімічної обробки поверхні, зменшення швидкості переміщення заряджаючих матеріалів і т.д.);

- усунення вибухонебезпечної суміші горючих речовин з повітрям в місцях утворення і накопичення зарядів (за допомогою вентиляції або використання інертних газів);

- запобігання накопиченню зарядів на твердих і в рідких діелектриках (шляхом збільшення їх електропровідності за допомогою антистатичних присадок і т.п.);

- нейтралізація зарядів на поверхні твердих і рідких діелектриків в процесах їх виникнення або накопичення (шляхом іонізації навколишнього

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

повітря або шляхом виконання поверхонь зіткнення з матеріалами з різними діелектричними проникненнями).

Для відведення статичної електрики, що накопичується на людині, передбачають:

- облаштування електропровідної підлоги або заземлених зон, підмостків і робочих майданчиків, заземлення ручок дверей, поручнів драбин або рукояток приладів, машин і апаратів;

- забезпечення працюючих струмопровідним взуттям;

- заборона носіння одягу з синтетичних матеріалів і шовку, а також обручок і металевих браслетів і інші.

#### 6.1.7 Заходи електробезпеки

Хімічна лабораторія по ступеню ураження електричним струмом відноситься до класу «без підвищеної небезпеки».

Можливі причини ураження електричним струмом:

1. випадковий дотик до токоведучих частин, що знаходяться під напругою в результаті:

- помилкових дій при проведенні робіт;

- несправності захисних засобів;

2. появи напруги на металевих конструктивних частинах електроустаткування в результаті:

- пошкодження ізоляції токоведучих частин;

- замикання фази мережі на землю

- падіння дроту (що знаходиться під напругою) на конструктивні частини електроустаткування.

3. поява напруги на відключених токоведучих частинах в результаті:

- помилкового включення відключеної установки;

- замикання між відключеними і такими, що знаходяться під напругою токоведучими частинами.

					РМ.20.01.ПЗ	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



У лабораторіях для захисту людей від ураження електричним струмом застосовується ізоляція дротів, захисні заземлення, захисні засоби [41].

Розрахунок заземлюючого контура проводиться виходячи з умови, що загальний опір заземлюючого пристрою

$$R_{ззз} = \frac{R_з \cdot R_n}{R_n \cdot n \cdot Z_з + R_з \cdot Z_n} \leq 4 \text{ Ом}, \quad (6.8)$$

де  $R_з$ - опір заземлювача, Ом;

$R_n$  - опір смуги, що сполучає заземлювачі, Ом;

$n$  - кількість заземлювачів;

$Z_з, Z_n$ - коефіцієнти екранування відповідно заземлювача і сполучаючої смуги ( $Z_з=0,9$ ;  $Z_n=0,5$ ).

Опір заземлювача визначаємо по формулі:

$$R_з = \frac{\rho}{2\pi l} \cdot \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (6.9)$$

де  $\rho$  - питомий опір ґрунту (для чорнозему 10 Ом • м);

$l$  - довжина заземлювача (для стержнів приймаємо 5м);

$t$ - відстань від середини забитого в ґрунт заземлювача до рівня землі (необхідно враховувати, що відстань від верхнього кінця заземлювача до поверхні землі має бути не менше 0,5), м.

$$t = l/2 + t_1 = 5/2 + 0,5 = 3 \text{ м}$$

$d$ - діаметр заземлювача, м (для стержнів 0,02).

$$R_з = \frac{10}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \left( \ln \frac{2 \cdot 5}{0,02} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3 + 5}{4 \cdot 3 - 5} \right) = 2,12 \text{ Ом}$$

Опір смуги, що сполучає заземлювачі, визначаємо по формулі:

$$R_n = \frac{\rho}{2\pi L} \cdot \ln \frac{2L^2}{b \cdot t_1}, \quad (6.10)$$

де  $L$ - довжина смуги, що сполучає заземлювачі (при контурному заземленні вона приблизно дорівнює периметру виробничої будівлі), м (40м);

$b$  - ширина смуги, м (при прокладці усередині будівлі 0,03м);

$t_1$ - глибина заземлення від рівня землі, м (0,5м).

$$R_n = \frac{10}{2 \cdot 3,14 \cdot 40} \ln \frac{40 \cdot 40}{0,03 \cdot 0,5} = 0,49 \text{ Ом}$$

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідне число заземлювачів:

$$n = \frac{2R_z}{4Z_z}, \quad (6.11)$$

де  $4$  - допустимий опір;

$2$  - коефіцієнт сезонності.

$$n = \frac{2 \cdot 2,12}{4 \cdot 0,9} = 2$$

$$R_{ззз} = \frac{2,12 \cdot 0,49}{0,49 \cdot 2 \cdot 0,9 + 2,12 \cdot 0,5} = 0,53 \leq 4 \text{ Ом.}$$

### 6.1.8 Пожежна безпека

В цілях пожежної безпеки в лабораторії передбачені засоби пожежегасінні (пожежні рукави, крани, вогнегасники) і сповіщувачі.

Способи гасіння пожеж:

#### 1. Фізичний спосіб:

- охолодження (зрошування горючих речовин, перемішування шарів горючих рідин, евакуація речовин і матеріалів).

- розбавлення (об'ємне розбавлення окислювача інертними газами, парами води).

- ізоляція (відрив полум'я повітряною ударною хвилею, ізоляція поверхні горючих речовин шаром води, піни, евакуація горючих речовин).

#### 2. Хімічний спосіб:

- флегматизація (об'ємне розбавлення горючої пилегазо- і паро-повітряної системи флегматезуючими речовинами, зрошування поверхні горючих матеріалів флегматизуючими речовинами) [42].

Причиною пожежі в хімічній лабораторії може стати порушення правил безпечної роботи з використовуваними реактивами.

Джерелом загоряння можуть бути: відкритий вогонь (пальники, сірники), електронагрівальні прилади, електропроводи при коротких замиканнях.

Джерелом пожежі може стати концентрована сірчана кислота, унаслідок її високої окислювальної здатності.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						№
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

У лабораторії можуть легко спалахувати і бути джерелом пожежі папір, дерев'яні меблі [42].

Пожежа попереджається:

- дотриманням всіх норм і правил безпечного ведення робіт.
- дотриманням інструкцій по техніці безпеки.

Первинні прості засоби гасіння вогнищ загоряння – ручні вогнегасники – порошкові ОП-10, ящики з піском, щити з інвентарем, шерстяні або азбестові ковдри і ін.

## 6.2 Безпека у надзвичайних ситуаціях

### 6.2.1 Організаційна структура ЦО

Організаційна структура ЦО визначається характером використовуваної сировини, технологічним процесом, виглядом, чисельністю населення. На виробництві, відповідно до нормативних вимог, для забезпечення заходів щодо ЦО створений штаб і служби ЦО, що організують і проводять роботи, відповідно до інструкцій.

Відповідно до закону "Про цивільну оборону" на хімічних підприємствах для виконання спеціальних заходів щодо цивільної оборони рішенням начальника ЦО створюються служби і спеціалізовані формування (цивільні організації) цивільної оборони. Організаційна структура ЦО приведена на рисунку 6.2.

					РМ.20.01.ПЗ	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

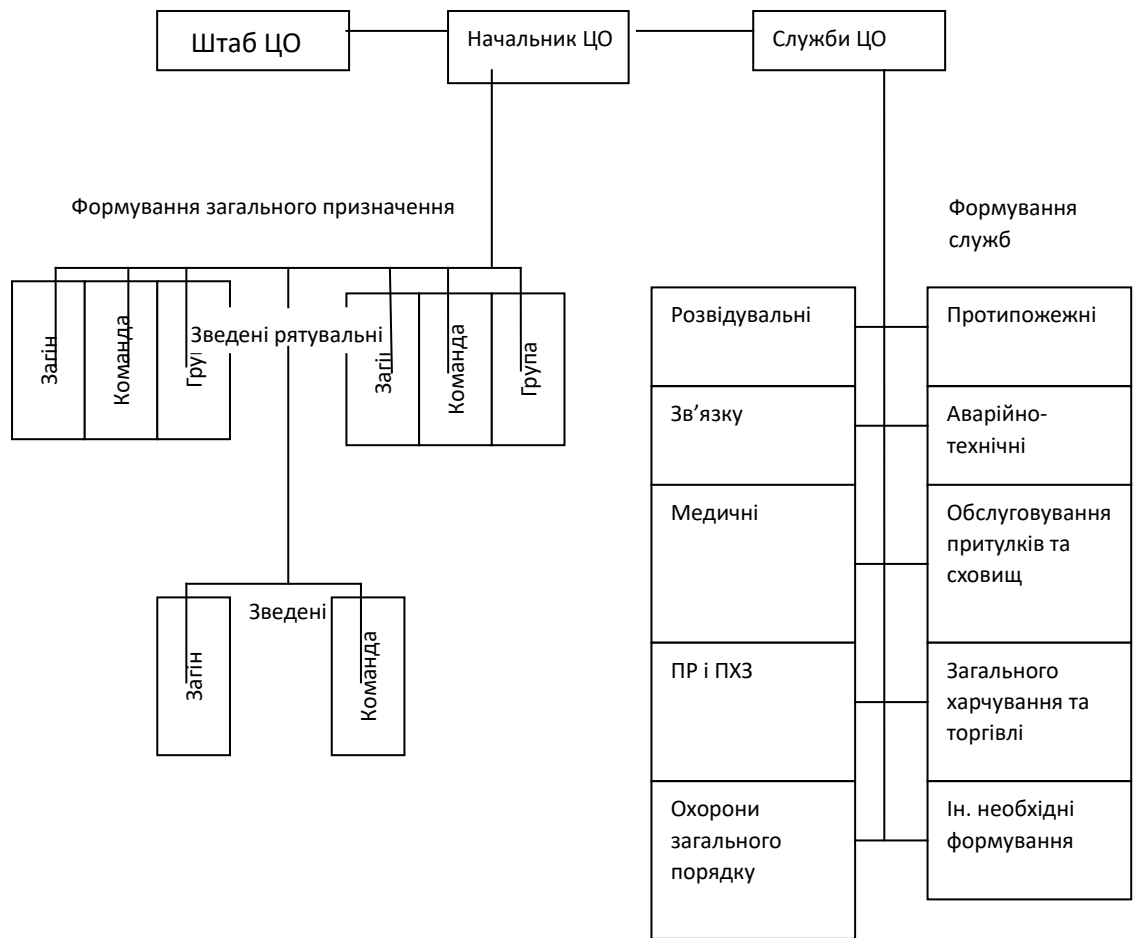


Рисунок 6.2 - Організаційна структура ЦО промислового об'єкту.

Спеціальні заходи ЦО включають: розвідку всіх видів, забезпечення зв'язку, сповіщення, забезпечення індивідуальними і колективними засобами захисту людей, надання медичної допомоги, локалізацію і гасіння пожеж, охорону громадського порядку, санітарну обробку людей, локалізацію і ліквідацію вогнищ хімічного зараження, дегазування, дезінфекцію місцевості, устаткування і т.д.

Повну відповідальність за організацію і стан ЦО, за постійну готовність її сил і засобів до проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновних робіт несе начальник ЦО об'єкту – керівник підприємства. Начальник ЦО об'єкту підкоряється відповідним посадовцям міністерства (відомства), до якого відноситься об'єкт, а також начальнику ЦО міста по місту розташування об'єкту. При начальнику ЦО об'єкту

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

створюється штаб ЦО – орган управління начальника цивільної оборони. Штаб ЦО здійснює заходи щодо захисту робочих, службовців і населення підвідомчих робочих селищ від надзвичайних ситуацій і забезпечує своєчасне сповіщення їх про загрозу.

Служба сповіщення і зв'язку зазвичай створюється на базі вузла зв'язку об'єкту. На службу покладається: організація своєчасного сповіщення керівного складу, робочі, службовці і населення міста про загрозу.

### 6.2.2 Основні техногенні небезпеки в лабораторії

До ЧС в лабораторії можна віднести пожежу.

Пожежа – це неконтрольоване горіння, що призводить до матеріального збитку і створює небезпеку для життя людей.

На виникнення і поширення пожеж впливають головним чином наступні чинники:

- вогнестійкість будівлі;
- пожежна небезпека робіт, що проводяться в хімічній лабораторії.

Вогнестійкість будівлі визначається займистістю його елементів і межами вогнестійкості основних конструкцій. Всі будівельні матеріали по займистості діляться на: що згорають, важкогорючі і такі, що не згорають.

Розрізняють п'ять ступенів вогнестійкості будівель: I, II, III, IV, V.

Будівля, в якій розташована лабораторія відноситься до другого ступеню вогнестійкості, тобто це будівля, в якій всі основні конструкції виконані з матеріалів, що не згорають.

Пожежна небезпека робіт, що проводяться в хімічній лабораторії визначається типом робіт, що проводяться, використовуваними приладами і реактивами.

Так, джерелом пожежі в лабораторії може стати концентрована сірчана кислота, унаслідок її високої окислювальної здатності; так само джерелом загоряння можуть бути: відкритий вогонь (пальники, сірники), електронагрівальні прилади.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

До заходів попередження пожежі потрібно віднести: дотримання всіх норм і прищепив безпечного ведення робіт і дотримання інструкцій по техніці безпеки.

### 6.2.3 Розрахунок основних небезпек природоохоронного об'єкту

6.2.3.1 Прогнозування наслідків виливу небезпечних хімічних речовин при аваріях на природоохоронному об'єкті

Хімічне зараження місцевості та приземного повітря може виникнути при промислових аваріях, катастрофах, пожежах, стихійних лихах - за рахунок руйнування технологічних складів, трубопроводів, ємностей, технологічних ліній. У результаті великі кількості сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) можуть потрапити в навколишнє середовище, атмосферу, ґрунт, різноманітні об'єкти, що може спричинити масові отруєння.

На станції водопідготовки до масових отруєнь може привести розгерметизація ємностей, що містять хлор.

Максимальна кількість хлору, що зберігається на проектуваному виробництві – 5,5 т. Найгірша ситуація виникне при суцільній хмарності, швидкості вітру 2 м/сек, температурі +20 °С та необвалованій ємності. Перші будинки житлового району знаходиться на відстані 3 км від об'єкту. Визначимо глибину та площу зони зараження при розгерметизації ємності та час підходу забрудненого повітря до житлового району.

Знаходимо ступінь вертикальної стійкості атмосфери - в день при суцільній хмарності та швидкості вітру 2 м/сек ступінь вертикальної стійкості буде ізотермія.

Визначаємо еквівалентну кількість хлору у первинній хмарі за формулою:

$$Q_1 = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0, \quad (6.12)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, який залежить від умов зберігання СДОР, для стиснених газів  $K_1 = 0,18$ ;

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

$K_3$  – коефіцієнт дорівнює відношенню порогу токсичної дози хлору до порогу токсичної дози іншої СДОР ;

$K_5$  – коефіцієнт стійкості повітря і має значення: для інверсії – 1; для конвекції – 0,08; для ізотермії – 0,23;

$K_7$  – коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря, для стиснених газів  $K_7 = 1$ ;

$Q_0$  – кількість викинутої при аварії СДОР, т.

$$Q_1 = 0,18 \cdot 1,0 \cdot 0,23 \cdot 1,5,5 = 0,227 \text{ т}$$

Визначаємо час випаровування хлору за формулою:

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_2 \cdot K_7}, \quad (6.13)$$

$$T = \frac{0,05 \cdot 1,095}{0,052 \cdot 1,33 \cdot 0,5} = 1,58200$$

Визначаємо еквівалентну кількість хлору у вторинній хмарі за формулою:

$$Q = (1 - K_1) \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_2 \cdot \frac{Q_0}{h \cdot d}, \quad (6.14)$$

$$Q = (1 - 0,18) \cdot 1 \cdot 1,33 \cdot 0,23 \cdot 1,44 \cdot 1 \cdot 0,052 \cdot 5,5 / 1,553 \cdot 0,5 = 0,132 \text{ т}$$

$$K_6 = T^{0,8}, \quad (6.15)$$

$$K_6 = 1,58^{0,8} = 1,44,$$

За допомогою інтерполяції знаходимо глибину зараження первинною хмарою при швидкості вітру 2 м/сек.

$$\Gamma_1 = 1,75 \text{ км (за інтерполяцією) (при 0,1т – 0,84км, при 0,5т – 1,92км)}$$

Аналогічно знаходимо глибину зараження вторинною хмарою.

$$\Gamma_2 = 4,54 \text{ км. (при 1т- 2,84км, при 3т – 5,35км)}$$

Знаходимо повну глибину зони зараження за формулою:

$$\Gamma = \Gamma_1 + 0,5 \cdot \Gamma_2, \quad (6.16)$$

$$\Gamma = 1,75 + 0,5 \cdot 4,54 = 4,02$$

Визначаємо площу зони можливого зараження за формулою:

$$S = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi, \quad (6.17)$$

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

$$S = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 4,02^2 \cdot 90 = 12,68, \text{ км}^2$$

Визначаємо площу фактичного зараження за формулою при повному випаровуванні:

$$S_{\phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot t^{0,2}, \quad (6.18)$$

$$S_{\phi} = 0,133 \cdot 4,02^2 \cdot 1,58^{0,2} = 2,355 \text{ км}^2$$

Визначаємо час підходу зараженого повітря від об'єкта до житлового району формулою:

$$t = X/V, \quad (6.19)$$

$$t = 3/12 = 0.25 \text{ год (15 хвилин)}$$

Таким чином площа хімічного зараження складе 3,39 км<sup>2</sup>. У зоні зараження опиняться територія станції водоочищення, промислова зона, частково житловий район. Заражене повітря підійде до житлового району через 15 хвилин. Час повного випаровування – 1,58 год. У зоні зараження опиняться до 2 тис. осіб (робітники підприємства та населення).

#### 6.2.3.2 Оцінка дії вибухових зон

Хлор не горючий, але при контакті із скипідаром, ефіром, воднем, пилом металів і трихлористим азотом може вибухати.

Вибухонебезпечна концентрація в суміші з воднем знаходиться в межах 95.5 – 110.5 г/м<sup>3</sup> згідно нормативної документації в рідкому хлорі допускається вміст трихлористого азоту (NCl<sub>3</sub>) до 0.005%. Трихлористий азот – масляниста яскраво-жовта рідина з різким запахом. NCl<sub>3</sub> – вибухова речовина, що осідає при випарі рідкого хлору в трубопроводах, випарнику, проміжному балоні. Вибух відбувається при нагріванні, струсі, ударі, освітленні прямими сонячними променями. При максимальній кількості хлору, що зберігається на проєктованому виробництві – Q = 5,5 т, та відстані 350 м.

Визначаємо радіус зони детонаційної хвилі (зони I) за формулою:

$$r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q}, \quad (6.20)$$

де Q – кількість, т.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.



Отже,

$$r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{5,5} = 17,5 \cdot 1,76 = 30,8 \text{ (м)}.$$

Обчислюємо радіус зони дії продуктів вибуху за формулою:

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1, \quad (6.21)$$

$$r_2 = 1,7 \cdot 30,8 = 52,36 \text{ м}$$

Якщо порівняти відстань від центра вибуху до цеху (350 м) із знайденими радіусами зони I (30,8 м) і зони II (52,36 м), то можна зробити висновок, що цех знаходиться за межами цих зон, тобто в зоні повітряної ударної хвилі (зоні III). Тепер знаходимо надлишковий тиск на відстані 350 м.

По-перше, визначаємо відносну величину  $\psi$ :

$$\psi = 0,24 \cdot r_3 / r_2, \quad (6.22)$$

$$\psi = 0,24 \cdot 350 / 52,36 = 1,60$$

Тому що  $\psi < 2$ , то

$$\Delta P_3 = \frac{700}{3 \cdot (\sqrt{1 + 29,8\psi^3} - 1)}, \quad (6.23)$$

$$\Delta P_3 = 21,11 \text{ кПа}$$

У даному випадку ступінь руйнування середній. Середні руйнування — це руйнування переважно другорядних елементів будівель і споруд (покрівлі, вікон, дверей і перегородок), виникнення тріщин у стінах. Підвальні приміщення зберігаються, перекриття залишаються. Люди уражаються частіше уламками конструкцій. Збитки становлять 10—30 % вартості основних виробничих фондів (балансової вартості будівель). При середньому ремонті відновлюються техніка, транспорт та промислове обладнання. Будівлям необхідний капітальний ремонт.

Визначаємо інтенсивність теплового потоку на відстані 350 м.

$$T = 1 - 0,058 \cdot I_n \cdot R_3, \quad (6.24)$$

$$T = 1 - 0,058 \cdot 0,015 \cdot 350 = 0,6955$$

$$F = \frac{R_2^2 \cdot R_3}{\sqrt{(R_2^2 + R_3^2)^3}}, \quad (6.25)$$

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

$$F = \frac{52.36^2 \cdot 350}{\sqrt{(52.36^2 + 350^2)^3}} = 0.217$$

1. Обчислимо тривалість існування вогняної кулі:

$$t_{\text{св}} = 4,5 \sqrt[3]{VQ}, \quad (6.26)$$

$$t_{\text{св}} = 4.5 \sqrt[3]{5,5} = 7.92 \text{ с}$$

2. Визначимо значення теплового імпульсу на відстані 880м:

$$U_t = I \cdot t_{\text{св}}, \quad (6.27)$$

$$U_t = 43,07 \cdot 7,92 = 341,114 \text{ кДж} / \text{м}^2$$

3. Визначимо вражаючу дію вибуху.

У даному випадку ступінь руйнування середній - можливе число загиблих людей.

$$N = 3 \cdot P \cdot Q^{0.666}, \quad (6.28)$$

$N = 3 \cdot 1.8 \cdot 5,5^{0.666} = 16$  осіб - люди в масивних промислових будинках отримають опіки середнього ступеню.

6.2.4 Засоби та заходи щодо забезпечення підвищення стійкості об'єкту у надзвичайних ситуаціях

Під стійкістю роботи об'єкта розуміють його здатність в умовах надзвичайної ситуації випускати продукцію в запланованому об'ємі й номенклатурі, а при одержанні середніх руйнувань або порушенні зв'язків по кооперації й поставкам відновляти виробництво в мінімальний термін.

Під стійкістю роботи об'єктів, які не створюють матеріальні цінності, розуміють їхню здатність виконувати свої функції в умовах надзвичайних ситуацій.

На стійкість роботи об'єкта в умовах надзвичайної ситуації впливають наступні фактори:

- надійність захисту робітників та службовців;
- здатність інженерно - технічного комплексу об'єкта протистояти деякою

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

мірою вражаючим факторам аварій, катастроф, стихійних лих і сучасних видів зброї;

- захищеність об'єкта від вторинних вражаючих факторів;
- надійність системи забезпечення об'єкта всім необхідним для виробництва;
- безперервність керування виробництвом і цивільною обороною;
- підготовленість об'єкта до ведення рятувальних й інших невідкладних робіт і робіт щодо порушеного виробництва.

Захист робочих і службовців досягається чотирма основними способами:

- укриття людей у захисних спорудженнях;
- проведення евакуаційних заходів;
- медичний і біологічний захист.

Надійно захистити виробничий персонал об'єкта можливо тільки при комплексному використанні всіх основних способів захисту.

Захист виробничих фондів складається в підвищенні протидії будинків, споруджень і конструкцій об'єкта вражаючим факторам й захисту технологічного встаткування, систем і комунікацій, а також засобів, що формують основу виробничого процесу [43].

#### 6.2.5 Засоби індивідуального захисту

Індивідуальними засобами захисту при роботі в лабораторії є: халати, фартухи або фартухи з полівінілхлориду або поліетилену, гумові рукавички, окуляри, рушник, мило.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

## 7 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

7.1 Розрахунок еколого - економічного збитку від скидання шахтних вод у поверхневі джерела без попередньої очистки

При розробці проектів очисних споруд необхідно проводити техніко-економічні розрахунки з метою вибору найвигіднішого варіанту. По кожному з них визначається будівельна вартість і експлуатаційні витрати.

В деяких випадках використання очищених шахтних вод може виявитися неекономічним в порівнянні з скиданням їх у водоймище і використання початкової води з джерела. Проте при цьому слід ураховувати не тільки вартість оборотної води, але і інші чинники, зокрема санітарно-технічний, який у всіх випадках підтверджує, що обмеження скидання шахтних вод у водоймище надійно гарантує охорону їх від забруднення.

Концентрації хімічних речовин, присутніх у воді в результаті промислового, сільськогосподарського і побутового забруднень, не повинні перевищувати ГДК для води водоймищ господарсько - питного і культурно-побутового водокористування по органолептичним і санітарно-токсикологічним ознакам, а також норми радіаційної безпеки.

Метою даного розрахунку є обґрунтування проекту станції очистки шахтних вод.

Всі підрахунки проводимо виходячи із обсягу шахтних вод :

- 9855,0 тис. м<sup>3</sup>/рік;

- 27000 м<sup>3</sup>/добу.

Еколого-економічний збиток від скидання підприємством забруднюючих домішок у водоймище визначається за формулою:

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>			
<i>Змі</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Петренко</i>			<b>ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мохонько</i>						
<i>Консультан</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін</i>						
						<i>СНУ ім. В.Даля, ПЕО-19ЗМ</i>		

$$V_{\text{вод}} = U_{\text{нит}} \cdot \sigma \cdot M, \quad (7.1)$$

де:  $U_{\text{нит}}$  - орієнтований питомий збиток від скиду в водоймища забруднюючих речовин, 144грн./умовн.т.

$\sigma$  - показник відносної небезпеки забруднення водоймищ, для річки Сіверський Донець  $\sigma = 3,79$ .

Приведена маса забруднюючих речовин в річному об'ємі стічних вод може бути визначена в умовних тоннах за формулою:

$$M = \sum A_i \cdot m_i, \quad (7.2)$$

де  $A_i$  - показник відносної небезпеки агресивності  $i$ -го виду домішок визначається за формулою:

$$A_i = 1 / \text{ГДК}_{\text{р.х}}, \quad (7.3)$$

$m_i$  - маса домішок  $i$ -го виду, що поступають у водоймища, визначається за формулою:

$$m_i = \sum q_i \times Q, \quad (7.4)$$

Таким чином, маса забруднюючої речовини залежить від об'єму річного скиду стічних вод  $Q$  та концентрації  $i$ -ої речовини в стічних водах  $q_i$ .

Визначаємо масу домішок  $i$ -го вигляду, що поступають у водоймище за формулою (7.4)

$$m_{\text{зависл. р.}} = 200 \times 9,8 = 1960 \text{ т/рік}$$

$$m_{\text{тв.заг.}} = 35 \times 9,8 = 343 \text{ т/рік}$$

$$m_{\text{лужн.}} = 17,5 \times 9,8 = 171,5 \text{ т/рік}$$

Визначаємо показник відносної агресивності  $A_i$  за формулою (7.3).

$$A_{\text{зависл. р.}} = 1/20 = 0,05 \text{ ум.т/т}$$

$$A_{\text{тв.заг.}} = 1/0,005 = 200 \text{ ум. т/т}$$

$$A_{\text{лужн.}} = 1/1 = 1 \text{ ум.т/т}$$

$$M_{\text{зависл. р.}} = 0,05 \times 1960 = 98 \text{ ум. т/рік}$$

$$M_{\text{тв.заг.}} = 200 \times 343 = 68600 \text{ ум. т/рік}$$

$$M_{\text{лужн.}} = 1 \times 171,5 = 171,5 \text{ ум. т/рік}$$

Кількісні та якісні характеристики приведені в табл.7.1

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Таблиця 7.1 – Початкові дані для розрахунку

№ п/п	Найменування показників	ГДКр/г	Маса забруднюючих речовин у воді до природоохоронного заходу			
			$A_i$	$q_i$ , мг/л	$m_i$ , т/рік	$M_i$ , ум.т/рік
1	Твердість загальна, мг-екв/дм <sup>3</sup>	0,005	200	35	343	68600
2	Лужність, мг-екв/ дм <sup>3</sup>	1,0	1,0	17,5	171,5	171,5
3	Завислі речовини	20	0,05	200	1960	98
$\Sigma M_i$ , т/рік						68869,5

Еколого-економічний збиток від скидання підприємством забруднюючих домішок у водоймище до проведення природоохоронного заходу визначається за формулою:

$$Y_1 = 144 \times 3,79 \times 68869,5 = 37586,218 \text{ тис. грн.}$$

Таким чином, кожного року в шахтній воді, яка скидається в поверхневі джерела, знаходиться 68869,5 ум.тонн забруднюючих речовин і цим наноситься збиток 37586,218 тис.грн/рік.

## 7.2 Розрахунок еколого-економічного збитку після проведення очищення води

Необхідно визначити величину еколого-економічного збитку при використанні очищеної води.

Розрахунки, щодо визначення еколого-економічного збитку після проведення природоохоронного заходу визначається за формулами аналогічними, які використані в розрахунках за п. 7.1. аналогічним залишається і алгоритм розрахунку.

Результати розрахунку приведені в табл. 7.2.

					<b>РМ.20.01.ПЗ</b>	Арку № .
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.2 - Характеристика води після підготовки

№ п/п	Найменування показників	ГДКр/г	Маса забруднюючих речовин у воді після природоохоронного заходу			
			$A_i$	$q_i$ , мг/л	$m_i$ , т/рік	$M_i$ , ум.т/рік
1	Твердість загальна, мг-екв/дм <sup>3</sup>	0,005	200	0,2	6	392
2	Лужність, мг-екв/ дм <sup>3</sup>	1,0	1,0	0,6	1,96	5,88
3	Завислі речовини	20	0,05	12	117,6	5,88
$\Sigma M_i$ , т/рік						403,76

Еколого-економічний збиток після проведення природоохоронного заходу визначається за формулою:

$$U_{\text{вод2}} = 144 \times 3,79 \times 403,76 = 220,356 \text{ тис.грн.}$$

Таким чином, використана вода після підготовки буде мати в собі 403,76 ум.тонн забруднюючих речовин і цим наносити збитки 220,356 тис.грн/рік.

### 7.3 Економічна оцінка ефективності природоохоронного заходу

З метою визначення до упровадження розробленого водозахисного природоохоронного заходу необхідно розрахувати еколого-економічні показники цього заходу.

Економічний ефект від упровадження розробленого природоохоронного заходу визначається шляхом зіставлення витрат з отриманим економічним результатом:

$$R = P - Z_p, \text{ тис.грн/рік,} \quad (7.5)$$

де  $P$  – економічний результат, тис.грн/рік;

$Z_p$  – приведені витрати, тис.грн/рік;

Економічний результат визначається за формулою:

$$P = \Delta U + D, \text{ тис.грн/рік,} \quad (7.6)$$

де  $\Delta U$  – величина відверненого економічному збитку від забруднення водоймища, тис.грн/рік.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

Д - разовий приріст доходу від поліпшення результатів виробничої діяльності підприємства після проведення природоохоронного заходу, який розраховується за формулою:

$$Д = g \times z, \text{ тис.грн/рік}, \quad (7.7)$$

де g - кількість товарної продукції.

В даному випадку приросту від доповнюючої діяльності підприємство немає.

Відвернений еколого-економічний збиток від скидання підприємством забруднюючих домішок у водоймище визначається за формулою:

$$\Delta Y = Y_1 - Y_2, \quad (7.8)$$

$$\Delta Y = 37586,218 - 220,356 = 37356,862 \text{ тис.грн/рік}.$$

Таким чином, кожного року після підготовки шахтних вод вона буде мати на 68465,74 умовних т/рік менше забруднюючих речовин, і не наносити збитки на 37356,862 тис.грн.

Приведені витрати  $Z_n$  рівні сумі поточних витрат і капітальних вкладень, приведених до однакової розмірності у відповідність з нормативним коефіцієнтом ефективності  $E_n$ :

$$Z_n = C + E_n \times K, \text{ тис.грн/рік}, \quad (7.9)$$

де C – поточні витрати на експлуатацію очисних споруд, тис.грн/рік.

Згідно попередньої калькуляції  $C = 750,0$  тис.грн.

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності ( $E_n = 0,15$ );

K – капітальні вкладення, тис.грн/рік ( $K = 3700$  тис.грн/рік);

$$Z_n = 750000 + 0,15 \cdot 1700000 = 1305000 \text{ грн/рік} = 1305 \text{ тис.грн}$$

Економічний результат:

$$P = \Delta Y + Д = 37356,862 \text{ тис.грн/рік} + 0 = 37356,862 \text{ тис.грн/рік}.$$

Таким чином економічний ефект рівний:

$$R = P = \Delta Y = 37356,862 \text{ тис.грн/рік}.$$

Загальна економічна ефективність капітальних вкладень проводиться за формулою:

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



$$E = (P - C) / K, \text{ тис.грн/рік,} \quad (7.10)$$

де  $P$  – економічний результат, тис.грн/рік;

$C$  – поточні витрати на експлуатацію очисних споруд, тис.грн/рік;

$K$  – капітальні вкладення, тис.грн/рік.

$$E = (37356,862 - 350) / 3700 = 9,893 \text{ тис.грн/рік,}$$

Результати розрахунків також зведені в табл. 7.3.

Таблиця 7.3 – Еколого-економічні показники

Найменування показника	Умовні позначення	Кількісне значення
1 Продуктивність споруд: - добова, м <sup>3</sup> ; - річна, тис. м <sup>3</sup>	Q	9855 27000
2 Еколого-економічний збиток, тис. грн. / рік	$Y_1$	37586,218
3 Еколого-економічний збиток після природоохоронного заходу, тис. грн./ рік	$Y_2$	220,356
4 Відвернений еколого-економічний збиток, тис. грн. / рік	$\Delta Y = Y_1 - Y_2$	37356,862
5 Експлуатаційні витрати, тис. грн. / рік	C	750
6 Капітальні вкладення, тис. грн. / рік	K	3700
7 Економічний результат, тис. грн. / рік	$P = \Delta Y$	37356,862
8 Приведені витрати, тис. грн. / рік при $E_n=0,15$	$Z_n = C + E_n \cdot K$	1305
9 Екологічні витрати $Z_e$ , тис. грн.: - до проведення заходу: - після проведення заходу:	$Z_{e1} = Y_1 + Z_n$ $Z_{e2} = Y_2 + Z_n$	38891,218 1525,356
10 Чистий економічний прибуток, тис. грн.	$E_q = Z_1 - Z_2$	37365,862
11 Загальна економічна ефективність капітальних вкладень	$E_k = \frac{P - C}{K}$	9,893
12 Термін окупності вкладень, рік	$T_{ок} = Z_n / P$	0,034

Із таблиці 7.3 видно, що при капітальних вкладеннях 750 тис. грн/рік і експлуатаційних витратах 3700 тис. грн/рік, та при відверненому еколого-економічному збитку 37356,862 тис.грн/рік, приведені витрати складуть 1305000 грн/рік, тоді екологічні витрати до проведення заходу будуть складати 38891,218 тис.грн, а після проведення 1525,356 тис.грн. Звідси чистий економічний прибуток складе 37365,862 тис.грн, а загальна економічна ефективність капітальних вкладень буде становити 9,893. Таким чином проведення природоохоронних заходів буде ефективним.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

## ВИСНОВКИ

Мета магістерської роботи – розробка схеми очищення шахтних вод Лисичанського вугільного басейну на прикладі шахти «Привольнянська» з метою їх використання для потреб енергетики та зменшення негативного впливу на водні об'єкти регіону. Вода, що використовується в якості теплоносія, повинна забезпечити відсутність на поверхні нагріву експлуатаційних відкладень, а також запобігати всім типам корозії металевого котельного, пароконденсатного і живильного устаткування.

Аналітичний огляд літературних джерел свідчить, що у регіонах з високою концентрацією вугледобувних підприємств спостерігається суттєве порушення стану компонентів навколишнього природного середовища. Особливо гостро ця проблема відчутна у Донбасі, де спостерігаються зміни техногенного навантаження в бік збільшення.

В ході проведених досліджень був вивчений склад стічних вод шахти з різних горизонтів. Результати аналізів показали, що води різних горизонтів відрізняються. Вміст мінеральних домішок коливається від 0,29 до 2,53 г/л по сухому залишку; вміст солей твердості – від 24 до 35 мг-екв/л. Найбільшою мінералізацією та твердістю характеризуються води горизонтів 740 та 146.

Встановлено, що використання шахтної води горизонтів 740,146 для живлення котлів можливо тільки після їх додаткового пом'якшування на катіоніті КУ-2-8 в натрієвій формі з регенерацією 8%-вим розчином хлористого натрію. З метою відновлення змінної ємності катіоніту його слід періодично регенерувати 5%-вим розчином соляної кислоти.

Перед подачею води на фільтри її слід очищати від завислих речовин.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>			
<i>Змі</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Петренко</i>			<i>ВИСНОВКИ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мохонько</i>						
<i>Консультант</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін</i>						
						<i>СНУ ім. В.Даля, ПЕО-19ЗМ</i>		

Методом іонітного пом'якшування була отримана шахтна вода з наступними показниками: рН – 6,8; твердість – 0.7 мг-екв/л; сухий залишок – 0,1 г/л; прожарений залишок – 0,09 г/л; хлориди — 0,06 г/л; сульфати – 0,01 г/л; завислі речовини — відсутні.

На підставі досліджень запропонована технологічна схема очистки шахтних вод, що включає освітлення – видалення грубодисперсних домішок, фільтрацію на каркасно-засипних фільтрах з додаванням коагулянтів, попереднє пом'якшення вапнуванням, знезараження, глибоке пом'якшення на катіонітових фільтрах.

Реалізація такої схеми очищення дозволить підготувати шахтну воду для повторного використання на технічні потреби шахти. Це дає можливість зменшити економічні витрати, пов'язані з придбанням води господарсько-питного призначення у виробничих управліннях водопровідно-каналізаційних господарств. Крім того, вживання очищення дозволить поліпшити екологічну ситуацію, що склалася в результаті скидання значної кількості високомінералізованих шахтних вод у водні об'єкти.

Відвернений еколого-економічний збиток складає 37356,862 тис.грн/рік.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						.
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

## АНОТАЦІЯ

Визначено склад та фізико-хімічні властивості шахтних вод та розглянуто їх вплив на водні об'єкти. Проведено дослідження по підготовці шахтних вод з метою їх використання для потреб енергетики методом іонообмінного пом'якшення з попереднім вапнуванням. Розроблена технологічна схема очистки шахтних вод, яка дозволяє отримати воду відповідної якості. Еколого-економічний ефект становить 37365,862 тис. грн. на рік.

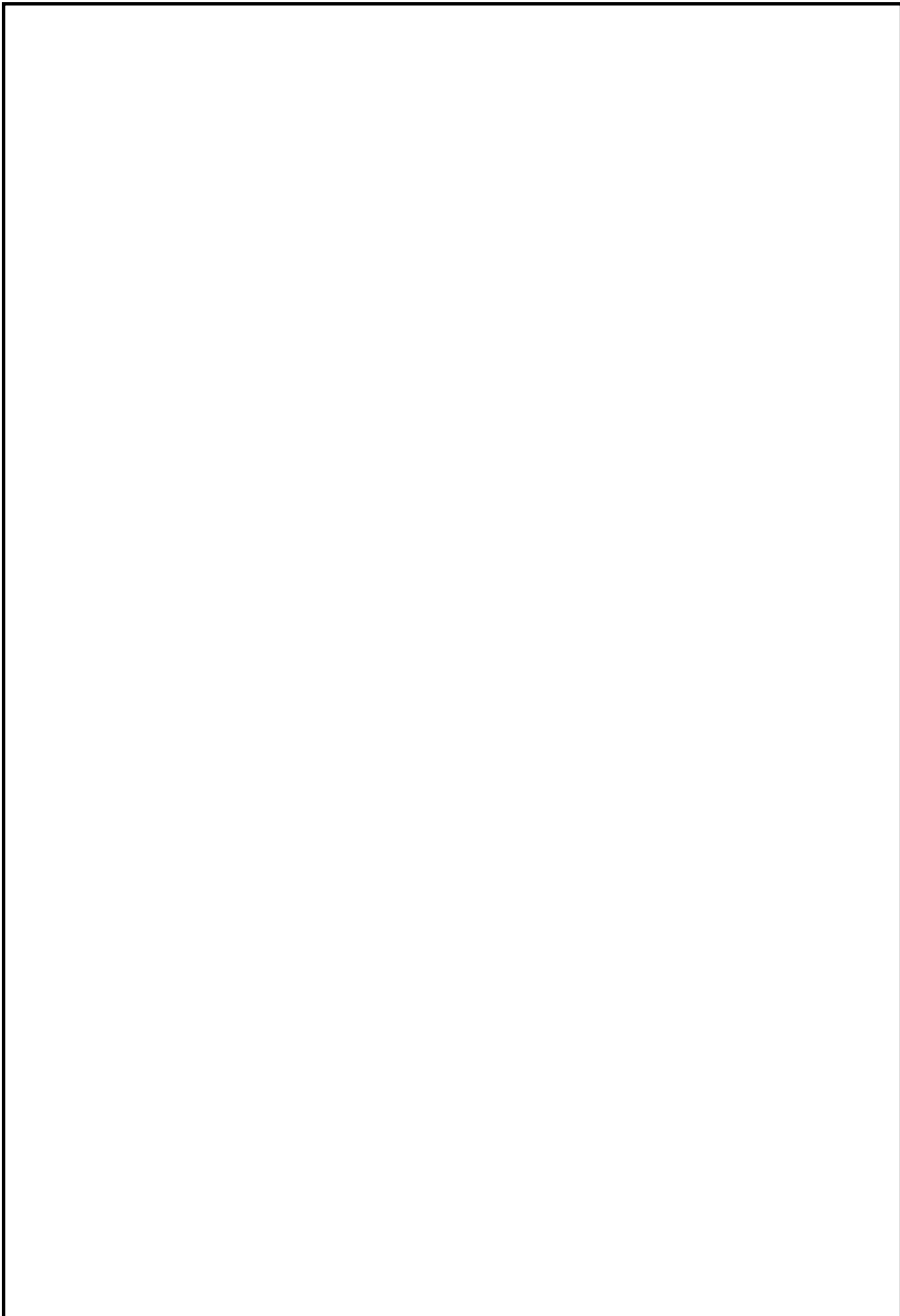
## АННОТАЦИЯ

Определен состав и физико-химические свойства шахтных вод и рассмотрено их влияние на водные объекты. Проведены исследования по подготовке шахтной воды методом ионообменного умягчения, с предварительным известкованием и физико-химической очистке. Разработана технологическая схема очистки шахтных вод, которая позволяет получить воду соответствующего качества. Эколого-экономический эффект составляет 37365,862 тыс. грн. в год.

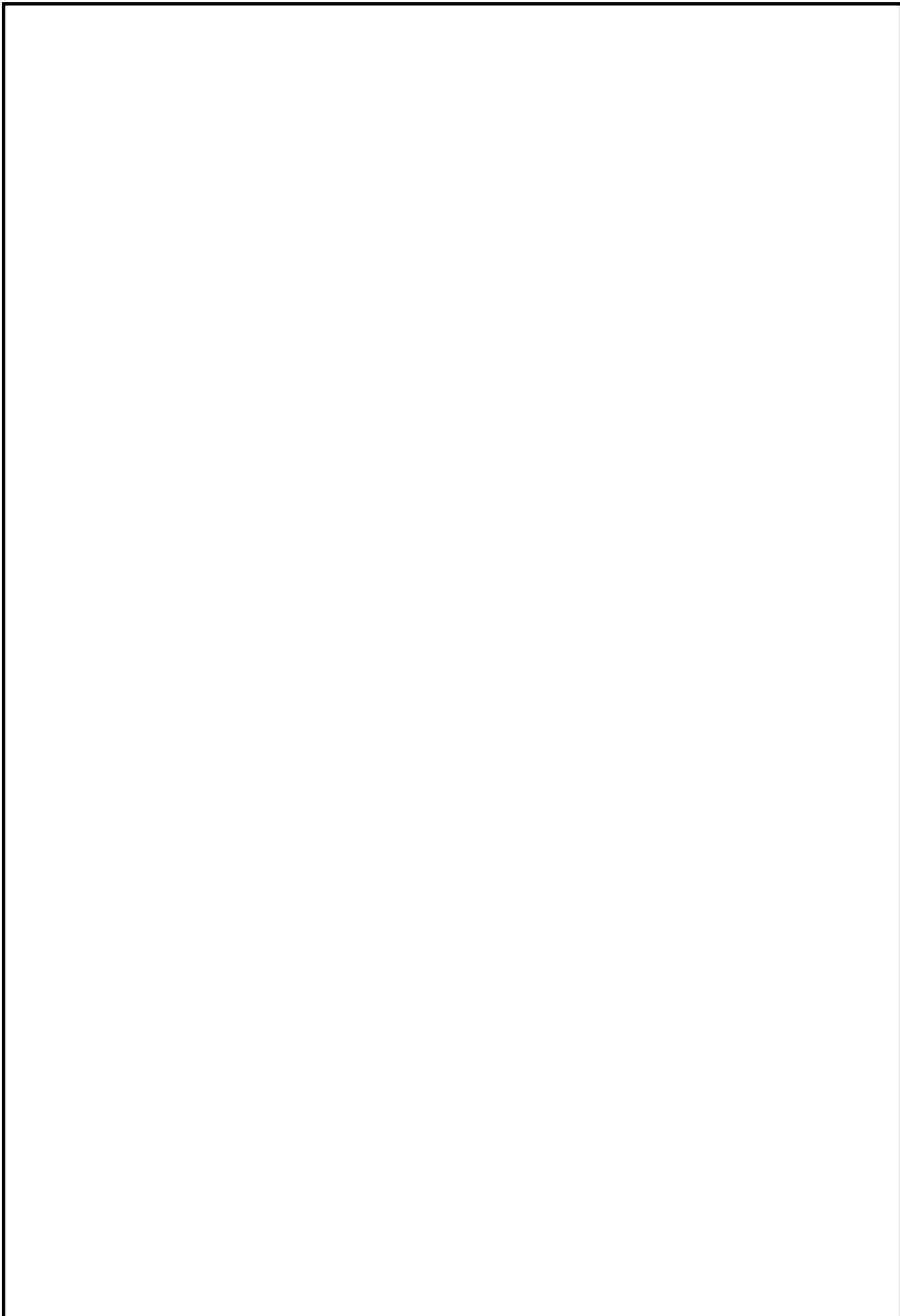
## ABSTRACT

The composition and physicochemical properties of mine waters are determined and their influence on water bodies is considered. Studies of ion-exchange softening of mine waters was carried out. The technological scheme of the water has been developed. It allows to get water of appropriate quality. Ecological and economic effects are 37365862 UAH in a year.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>			
<i>Змі</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>АНОТАЦІЯ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Петренко</i>							
<i>Перевір.</i>	<i>Мохонько</i>							
<i>Консультант</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Суворін</i>				<i>СНУ ім. В.Даля, ПЕО-19ЗМ</i>			



					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
<i>Змін.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		.



					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
<i>Змін.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Річний звіт про стан навколишнього природного середовища в Луганській області у 2014 році. Під редакцією Кошеля В.М. – Донецьк: ВАТ “УкрНТЕК”, - 2004. – 124 ст.
2. Мосинец В.Н., Грязнов М.В. Горные работы и окружающая среда. - М.:Недра, 1978 - 239с.
3. Меркулов В.А. Охрана природы на угольных шахтах. - М.; Недра, 1981 - 189с.
4. Селезнев С.Н., Буевский Н.М. Очистка шахтных вод и рекультивация земель и угольных предприятий Украины. - Уголь Украины, 1985, № 4 с.40-42.
5. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. - К.: Наукова думка, 1983-528с.
6. Монгай И.Л., Текидиди К.Д., Николадзе Г.И. Очистка шахтных вод. - М.:Недра, 1978-335с.
7. Панин В.Н. Котельные установки малой и средней мощности М.:Строиздат, 1975-378 с.
8. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. - М.: Химия, 1988-112с.
9. Унифицированные методы анализа воды, под ред. Ю.Ю. Лурье, М.: Химия, 1973 г.
10. Федорова Л.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001.-288 с.: ил.
11. Абрамов И.Н. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1974. - 476с.
12. Тугай А.М., Терновцев В.О.,Тугай Я.А. Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання: Навчальний посібник.-К.:КНУБА,2001.-256 с.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>			
<i>Змі</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Петренко</i>			<b>ЛІТЕРАТУРА</b>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мохонько</i>						
<i>Консультан</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Суворін</i>						
						<i>СНУ ім. В.Даля, ПЕО-193м</i>		

13. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А. та ін.. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод.-К.:ЛІБРА,2000.-552с.
14. Кульський Л.А., Гороновський І.Т. и др. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды (в 2-х частях). - К.: Наукова думка 1989, ч.2 - 520с.
15. ДСанПіН 2.2.4.400-10 „Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною”.
16. Щадов В.М., Агапов А.Е., Научно-технические разработки по охране водных ресурсов и очистке сточных вод в угольной промышленности: Обзор. – М., 2003. – 116 с.
17. Зайденварг В.Е., Навитний А.М., Семикобыла Я.Г.: Научные основы комплексного экологического мониторинга района закрываемых шахт.– М.: Росинформуголь, 2002.– 226 с.
18. Горшков В.А. Очистка и использование сточных вод угольной промышленности. - М.: Недра, 1981 - 169 с.
19. Монгайт И.А., Текиниди К.Д., Николадзе Г.И. Очистка шахтных вод. М.: Недра, 1978 - 173 с.
20. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов /Д.В. Дорохов, В.И. Сивохин, И.С. Костюк и др. Под общ. ред. Д.В. Дорохова. - Донецк: ДонГТУ, 1997 - 344 с.
21. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: Учебник для вузов. - М.: ЮНИТИ, 1998 - 455 с.
22. Москвитин А.С. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений - М.: Недра, 1979 - 430 с.
23. Патент США № 3262877, кл. C02 B1/22, 1966.
24. Патент СРСР № 857015 від 25.08.81.
25. Патент США № 3619427, кл. 210-58, 16.11.71.
26. Авторське свідоцтво СРСР № 307070 кл. С 02В 5/00. 10.04.69.
27. Патент Японії № 48-15796. кл. 13 (7) В 10. 12.04.73.
28. Патент СРСР № 712395 від 30.01.80.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.



29. Патент № 1257060 кл. С 02 F від 15.09.86.
30. Авторське свідоцтво СРСР № 632655. кл. С02 В 3/04, 1977.
31. Патент СРСР № 856998, від 25.08.81
32. Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) доцільності подальшої роботи ВП «Шахта «Привольнянська» ПАТ «Лисичанськвугілля» по відпрацюванню запасів вугілля.
33. Яковлев Е. А. Методология оценки экологического состояния подземных вод / Е. А. Яковлев, Н. А. Юркова, В. А. Сляднев // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2001. – № 3. – С. 56–59.
34. И.В. Удалов. Уидрохимическая характеристика поверхностных и грунтовых вод Лисичанского и Алмазно-Марьевского геолого-промышленных районов Северо-Восточного Донбасса. - Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Геологія. Географія», 2014. Вип. № 15. – С. 2-11.
35. ДНАОП 0.00-1.08-94 Правила будови і безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів (зі змінами та доповненнями) Затверджено Наказ Держнаглядохоронпраці від 26.05.94 № 51. Київ, 1998. – 172 с.
36. СНиП 2.04.02. - 84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения - М.: Стройиздат, 1985 - 131 с.
37. Громогласов А.А. Водоподготовка: процессы и аппараты: учебн. пособие для вузов М.: Энергоатомиздат, 1990. — 272 с.
38. Вредные вещества в промышленности: Справочник/под ред. Н.В. Лазарева.- М.: Химия. Ленинградское отделение, т.II, 1695.-620 с.
39. Макаров Г.В. Охрана труда в химической промышленности. - М.: Химия, 1989.-496 с.
40. Методические рекомендации к выполнению раздела “Охрана труда и окружающей среды” / Сост. Горбас Л. Ф., Цебренько В. Н. – Рубежное: РФ ВНУ, 2001 – 30с.
41. Захаров Л. Н. Техника безопасности в химических лабораториях. - М.: Химия, 1985. – 184с.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						ш
Змін.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		.

42. Депутат О. П., Коваленко И. В. Гражданская оборона. – Л.: Афиша, 2000. – 336с.

43. Демиденко Г. П., Кузьменко Е. П. и др. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения. Справочник. – К.: Высшая школа, 1989. – 287с.

					<i>PM.20.01.ПЗ</i>	Арку
						.
<i>Змін.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		