

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Машинобудування, електричної інженерії та хімічних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету)
Хімічні технології та хімічне машинобудування
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Збиковський Є.І.
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2023р.

Випускна кваліфікаційна робота

_____ магістр _____
(освітній ступінь)

на тему Розробка методів очищення шахтних вод м. Покровська

Виконав: студент II курсу, групи ХТМ-22а
(шифр групи)

спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ Варюхін І.Р. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Керівник _____ доц. каф. ХТХМ к.т.н., доц. факультету Каулін В.Ю _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

*Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.*

Студент _____
(підпис)

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет Машинобудування, електричної інженерії та хімічних технологій

Кафедра Хімічні технології та хімічне машинобудування

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 161 «Хімічні технології та інженерія»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Збиковський Є.І. / _____ /

“ ” _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Варюхін Іван Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка методів очищення шахтних вод м. Покровська
керівник роботи доц. каф. ХТХМ к.т.н., доц. факультету Каулін В.Ю.

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

затверджені наказом від “ 22.09. 2023 ” року №477

2. Строк подання студентом роботи 11 грудня 2023 року

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно

розробити) Вступ, 1 Історія, 2 Характеристики шахтних вод та їх

забруднення 3 Методи очищення шахтних вод до технічних стандартів, 4

Методи очищення шахтних вод до питних стандартів, 5 Розробка технології

очищення шахтних вод, висновок, посилання.

4. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Каулін В.Ю.		
6	Сімонова Ю.І.		
нормконтроль	Швець І.І.		

5. Дата видачі завдання 4 серпня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Літературний огляд</i>	<i>Серпень 2023</i>	
2	<i>Теоретичне обґрунтування проекту</i>	<i>Вересень 2023</i>	
3	<i>Розробка розділу технології очищення води</i>	<i>Жовтень 2023</i>	
4	<i>Схематичне та апаратне оформлення</i>	<i>Листопад 2023</i>	
5	<i>Технологічні розрахунки</i>	<i>Листопад 2023</i>	
6	<i>Написання кваліфікаційної роботи</i>	<i>Грудень 2023</i>	

Студент

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Варюхін І.Р.

_____ (прізвище та ініціали)

Каулін В.Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота - "Розробка методів очищення шахтних вод м. Покровська" - Державний вищий навчальний заклад Донецький національний технічний університет м. Луцьк, 2023 . Автор роботи - Варюхін І.Р.

Об'єктом дослідження були шахтні води м. Покровська.

Мета роботи - розробка ефективних методів очищення цих вод для можливого використання в технічних і за відповідних умов, питних стандартах.

У цієї роботі детально розглянуто поняття шахтної води, її види та властивості. Проаналізовано хімічний склад води, наведено наявні методи її очищення відповідно до питних і технічних стандартів. На підставі отриманих даних було розроблено метод поетапного очищення шахтних вод. У роботі представлено принципову та технологічну схеми плану етапів очищення, розрахунки та вибір необхідного обладнання і пристроїв для реалізації запропонованого способу очищення. Отримані результати магістерської роботи визначають можливість впровадження нового методу очищення шахтних вод, сприяючи покращенню якості води для різноманітних технічних та життєвих потреб.

Розглянуті питання по охороні праці що до електробезпеки.

ШАХТНІ ВОДИ, МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ, ПИТНІ СТАНДАРТИ,
ПОЕТАПНЕ ОЧИЩЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ЯКІСТЬ ВОДИ.

ABSTRACT

Master's thesis - "Development of methods for the treatment of mine water in Pokrovsk" - State Higher Educational Institution Donetsk National Technical University, Donetsk. Luts'k, 2023. The author of the work is Varyukhin I.R.

The object of research was mine water of Pokrovsk. The purpose of the work is to develop effective methods of purification of these waters for possible use in technical and, under appropriate conditions, drinking standards.

This paper describes in detail the concept of mine water, its types and properties. The chemical composition of water is analysed, and existing methods of its treatment in accordance with drinking and technical standards are presented. Based on the data obtained, a method for the phased treatment of mine water was developed. The paper presents the schematic and flow diagrams of the purification plan, calculations and selection of the necessary equipment and devices to implement the proposed purification method. The results of the master's thesis determine the possibility of introducing a new method of mine water treatment, contributing to the improvement of water quality for various technical and vital needs.

The issues of labor protection in terms of electrical safety are considered.

MINE WATER, PURIFICATION METHODS, DRINKING WATER STANDARDS, PHASED PURIFICATION, TECHNOLOGICAL SCHEME, WATER QUALITY.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ВОДООЧИЩЕННЯ.....	9
2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ШАХТНИХ ВОД ТА ЇХ ЗАБРУДНЕННЯ.....	22
2.1 Класифікація шахтних вод за походженням і хімічним складом.....	23
2.2 Фізичні та хімічні властивості шахтних вод.....	27
2.3 Джерела забруднення шахтних вод.....	38
2.4 Вплив забруднення шахтних вод на навколишнє середовище.....	31
3 МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД ДО ТЕХНІЧНИХ СТАНДАРТІВ.....	37
3.1 Фізико-хімічні методи очищення	38
3.2 Біологічні методи очищення.....	41
3.3 Технології ультрафільтрації.....	45
4 МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД ДО ПИТНИХ СТАНДАРТІВ	47
4.1 Озонування, ультрафіолетова обробка, зворотній осмос.....	47
4.2 Використання хімічних коагулянтів та фільтрації.....	52
4.3 Комбіновані методи очищення води.....	55
5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД	57
5.1 Аналіз шахтної води м.Покровськ.....	57
5.2 Вибір оптимального методу очищення шахтних вод.....	61
5.3 Апаратне оформлення процесу.....	67
5.4 Розрахунки обладнання.....	71
ВИСНОВОК.....	81
ПОСИЛАННЯ.....	82
6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	83

ВСТУП

Тема цієї дипломної роботи спрямована на аналіз забруднення шахтних вод, а також на розробку та дослідження методів їх очищення з метою досягнення технічних і питних стандартів. У світлі зростаючої екологічної свідомості та суворих нормативних вимог до якості водних ресурсів, ця проблема стає найбільш актуальною і важливою.

Об'єктом дослідження в цій роботі є шахтні води їх властивості хімічний склад і функції.

Забруднення шахтних вод може відбуватися через різні джерела, включаючи стоки промислових підприємств, сільське господарство та міську інфраструктуру. Це забруднення може містити важкі метали, хімічні речовини, нафтопродукти та інші небезпечні речовини, які загрожують екосистемам та здоров'ю людини.

Важливість цього дослідження полягає в необхідності розробки ефективних методів очищення шахтних вод, які дозволять перетворити забруднені водні ресурси на безпечні для використання відповідно до нормативних вимог. Це також може сприяти зниженню негативного впливу на природу та забезпеченню сталого розвитку регіонів, що залежать від шахтних вод як важливого джерела водопостачання.

Ця робота також спрямована на виявлення перспективних напрямків використання очищених шахтних вод, таких як водопостачання міст, підтримання екосистем водних басейнів та промислові потреби. Використання очищених водних ресурсів може стати важливим кроком у зменшенні тиску на природні водні джерела.

Зробивши висновок, дослідження забруднення шахтних вод та розробка методів їх очищення до технічних і питних стандартів представляють собою актуальну і важливу проблему сучасності. Це дослідження має

потенціал внести важливий внесок у екологічну безпеку, сталі розвиток та забезпечення доступу до чистих водних ресурсів для майбутніх поколінь.

1 ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ВОДООЧИЩЕННЯ

Історія розвитку водопідготовки

Історія розвитку водопідготовки налічує сотні років еволюції технологій та підходів до подолання забруднення води. Від простих методів до сучасних технологій цей процес став важливою складовою збереження водних екосистем і забезпечення безпеки питної води для людства. Нижче наведені деякі ключові віхи в історії водопідготовки в різних частинах світу: стародавні цивілізації розробили примітивні методи очищення води. Наприклад, у Стародавньому Римі використовували відстоювання води для осадження бруду, що дозволяло покращити якість води. У середньовіччі перші форми фільтрації, такі як піщані фільтри та глиняні горщики, використовувалися для зменшення вмісту бруду в питній воді.

З появою промисловості зросло забруднення води викидами фабрик і заводів. Пошук більш ефективних методів очищення води став особливо важливим. Кінець 19 - початок 20 століття у цей період з'являються перші великомасштабні водоочисні споруди, що включають різні види фільтрації та аерації. Ці рішення були спрямовані насамперед на вирішення проблем водопостачання великих міст. Поширення біологічних методів у 20 столітті почали розвиватися біологічні методи очищення води, зокрема активний мул та біологічна фільтрація. Ці підходи базувалися на використанні мікроорганізмів для розкладання забруднень.

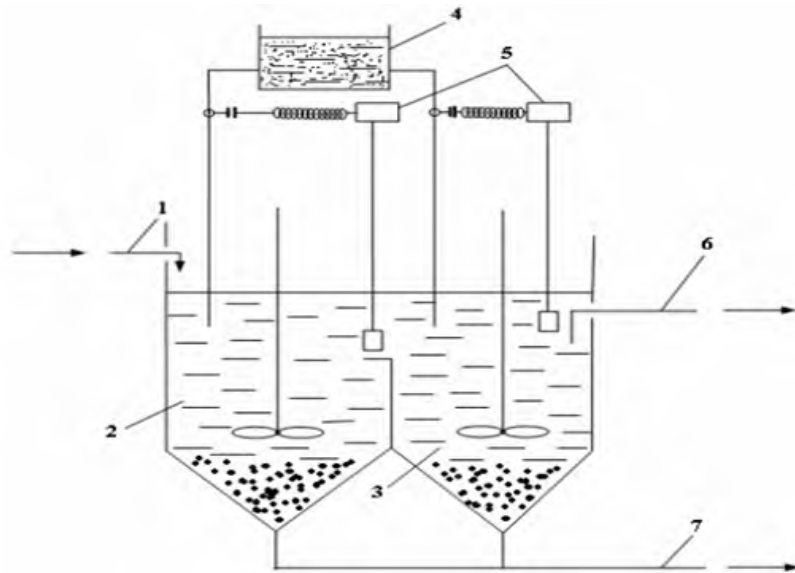
Друга половина 20-го століття розвиток мембранних технологій, хімічних методів очищення та вдосконалених очисних систем допоміг досягти вищої ефективності та якості водопідготовки. Іншим важливим кроком стало впровадження методів очищення води від скидів відходів та небезпечних хімічних сполук.

Історія відкриття методів очистки вод

Нейтралізація

Перші спроби нейтралізації у давнину для нейтралізації кислих водних розчинів у системах водопостачання використовували природні матеріали, такі як вапняк. Розвиток лабораторних методів 19-го століття, вчені почали розробляти методи визначення кислотності та лужності води. Це дало початок науковому підходу до нейтралізації.

Наприкінці 19 - на початку 20 століття вапняк і мармур використовували для нейтралізації кислих водних розчинів, особливо в промисловості та системах водопостачання. З часом вчені розробили більш специфічні методи нейтралізації з використанням хімічних речовин (рисунк 1), які швидко реагують з кислими або лужними розчинами, щоб виправити їхній рівень рН. У другій половині 20-го століття з'явилися автоматизовані системи нейтралізації, які визначають і коригують рН води.



1-подача з осередника; 2,3 – відділення камери нейтралізації; 4 – бак з розчином нейтралізуючого реагенту; 5 – рН -метри; 6 – подача на освітлення; 7 – видалення осаду

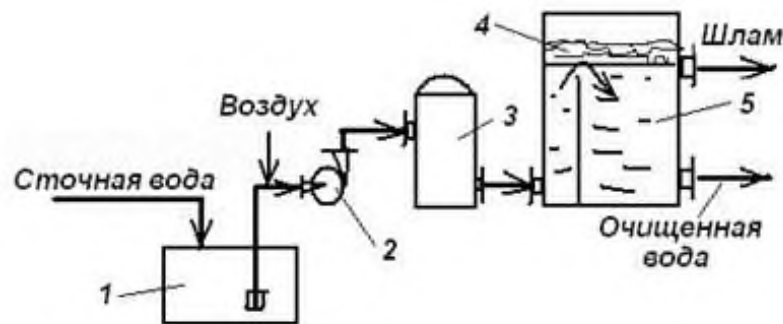
Рисунок 1 – Камера нейтралізації з двоступеневим введенням реагентів

Буферні розчини - це розчини, які можуть підтримувати стабільний рівень рН. Вони стали важливими компонентами в процесах нейтралізації.

Сьогодні нейтралізація води може включати використання різноманітних хімічних речовин і технологій, в тому числі використання солей, вапняку, натрію та інших речовин.

Флотація

Вперше флотацію почали використовувати для видобутку корисних копалин, особливо для розділення сульфідних мінералів, ще в 19 столітті. У другій половині 19 століття метод флотації почали застосовувати і в інших галузях промисловості, зокрема в очищенні стічних вод та водопостачанні. Принцип дії флотацій (Рисунок 2).



1 – резервуар стічної води; 2 – насос; 3 – напірний резервуар; 4 – шламоприймач; 5 – флотаційна камера;

Рисунок 2 – Схема напірної флотації

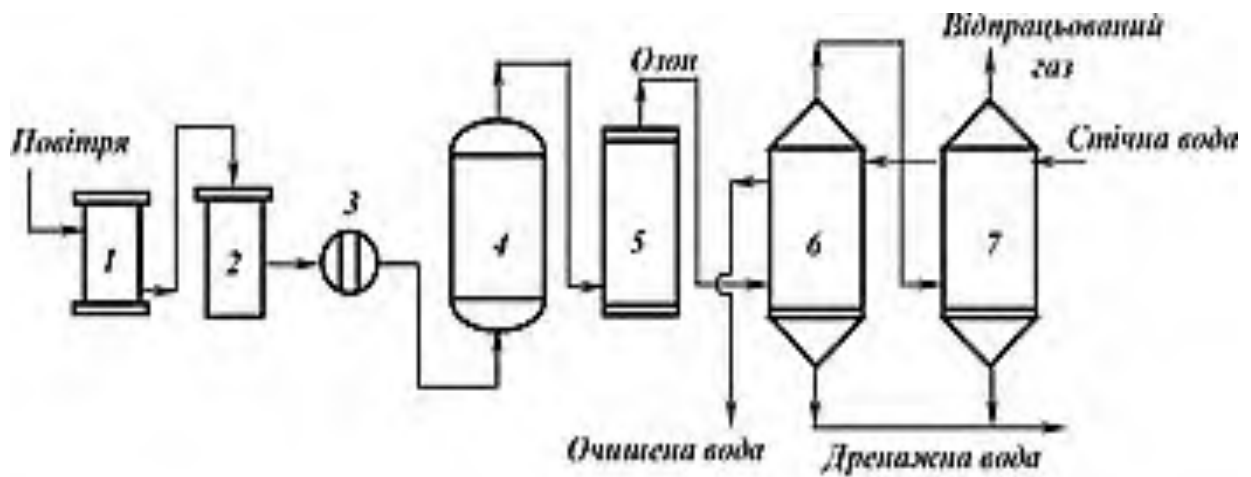
У 20 столітті вчені розробили теоретичні підходи до флотації, які допомогли краще зрозуміти фізичні процеси, що відбуваються при цьому методі. У другій половині 20 століття метод флотації став широко використовуватися для очищення стічних вод у промисловості та на комунальних підприємствах.

Сучасні методи флотації включають використання різних реагентів, обладнання та автоматизованих систем для досягнення більшої ефективності

та видалення забруднень. В останні десятиліття флотація стає все більш популярною для очищення водопостачання від твердих частинок, органічних речовин та інших забруднень.

Окислення

Процес окислення (Рисунок 3) є важливим методом очищення води, етапи його розвитку. У середині 19 століття деякі вчені намагалися використовувати хлор для дезінфекції питної води. Перші спроби були неоднозначними і не завжди успішними. Відкриття хлору як дезінфікуючого засобу у 1854 році доктор Ян Роландсон виявив, що використання хлору в питній воді допомагає запобігти поширенню холери. Це відкриття проклало шлях для подальшого використання хлору як дезінфікуючого засобу. Широке застосування хлору після відкриття Роландсона використання хлору для дезінфекції питної води стало все більш поширеним, особливо під час великих епідемій.



1 – теплообмінник; 2 – вологовіддільник; 3- повстинний фільтр; 4-осушувальна камера; 5- озонатор; 6 – основний реактор; 7- попередній реактор.

Рисунок 3 – Схема озонаторного пристрою

Розвиток хлорування наприкінці 19-го і на початку 20-го століть методи додавання хлору до води були вдосконалені, що дозволило проводити ефективну дезінфекцію в мінімальних дозах. Відкриття інших окислювачів з часом вчені виявили, що інші окислювачі, такі як бром і перекис водню, також можуть бути ефективними для дезінфекції води.

Розвиток передових технологій з розвитком хімічних та інженерних знань були розроблені більш ефективні методи дозування окислювачів для досягнення оптимальних результатів дезінфекції. Використання водного кисню у другій половині 20-го століття було запроваджено використання водного кисню (кисню) як окислювача для видалення заліза, марганцю та інших речовин з води.

Сьогодні окислення є ключовим етапом у багатьох процесах очищення води, включаючи дезінфекцію, видалення заліза, органічних речовин та інших забруднень.[1]

Адсорбція

Вже в давнину люди використовували природні матеріали, такі як пісок, вугілля та глина, для очищення води від забруднень (Рисунок 4).

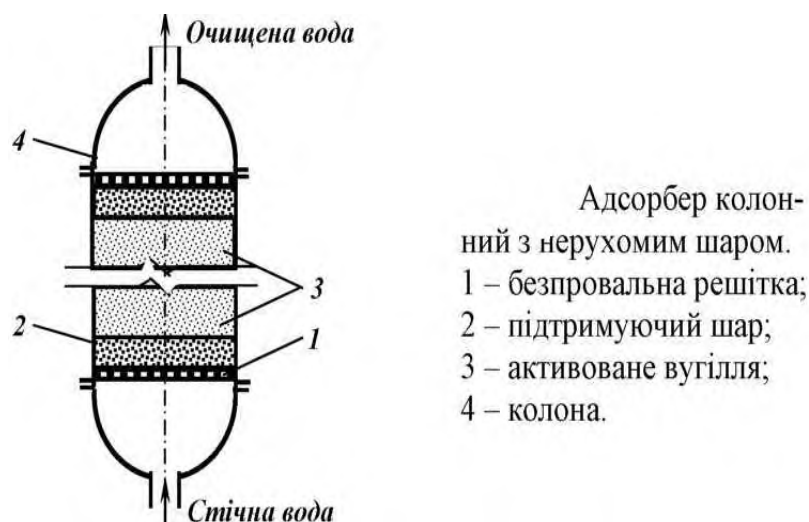


Рисунок 4 – Схема адсорбції

У 19 столітті метод адсорбції став більш науково обґрунтованим, і вчені відкрили деякі матеріали, які були більш ефективними в адсорбції забруднень. Наприкінці 19-го та на початку 20-го століть активоване вугілля широко використовувалося як адсорбент для видалення органічних речовин та хімічних сполук з води. У другій половині 20 століття вчені розробили багато інших адсорбентів, таких як смоли, гелі, мінеральні матеріали та інші, які були більш специфічними та ефективними для різних типів забруднень.

Сучасні методи адсорбції включають використання високоефективних адсорбентів, передового обладнання та технологій, які дозволяють підвищити ефективність очищення. В останні десятиліття адсорбція все частіше використовується для очищення води, а також стічних вод у промисловості та на комунальних підприємствах.

Метод редукції

Цей метод очищення води, включає в себе використання хімічних реакцій для видалення окислених забруднень та важких металів.

Використання активованого вугілля ще в середньовіччі вчені помітили, що активоване вугілля може впливати на якість води. Воно має здатність зв'язувати та видаляти забруднення, які можуть окислюватися. Наприкінці 19 століття було виявлено, що активоване вугілля може взаємодіяти з окисленими забруднювачами за допомогою процесу, який називається хемосорбцією. У 20 столітті активоване вугілля широко використовувалося для очищення питної води в містах, а також для видалення хлору, органічних речовин та інших забруднювачів.

З часом вчені розробили нові відновлювальні матеріали, які були більш ефективними та специфічними у видаленні певних забруднювачів, таких як важкі метали.

Сучасні дослідження використовують наноматеріали та іонообмінні смоли для ефективного зменшення вмісту важких металів та інших

забруднювачів у воді. Біологічні методи відновлення також розробляються, включаючи використання мікроорганізмів для видалення окислених забруднювачів.

Електрохімічне очищення

Це метод очищення води, який використовує процеси електролізу для розкладання забруднень(Рисунок 5). Історія електрохімічного очищення почалася з розвитком електрохімії як галузі науки.

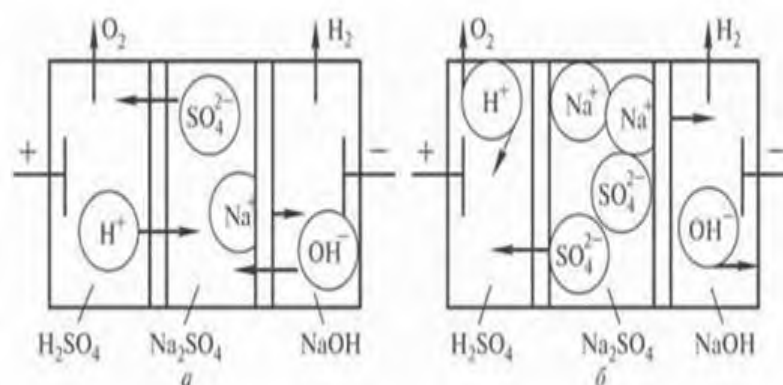


Рисунок 5 – Дія електрохімічного очищення

У 1800 році італійський вчений Алессандро Вольта відкрив явище електролізу, експериментуючи з гальванічними елементами. Він виявив, що під впливом електричного струму речовини розкладаються на складові частини. Це відкриття відіграло важливу роль у розвитку електрохімії як науки.

Пізніше в 19 столітті вчені проводили дослідження з використанням електрохімії для очищення води. Наприклад, у 1834 році Майкл Фарадей провів експерименти з очищення води від бактерій за допомогою електролізу. Його робота поклала початок дослідженням електрохімічного очищення води.

Згодом, у другій половині 20 століття, були розроблені більш ефективні та досконалі методи електрохімічного очищення води, включаючи електроліз у розчинних солях, електрофлотацію, електроосмос та інші процеси. Були проведені значні дослідження з метою вдосконалення процесів очищення, підвищення ефективності та зменшення енергетичних витрат.

Мембранна фільтрація

Цей метод очищення, який використовує полімерні або керамічні мембрани для розділення речовин за розміром частинок (Рисунок 6). Історія мембранної фільтрації пов'язана з розвитком матеріалознавства та процесів розділення.

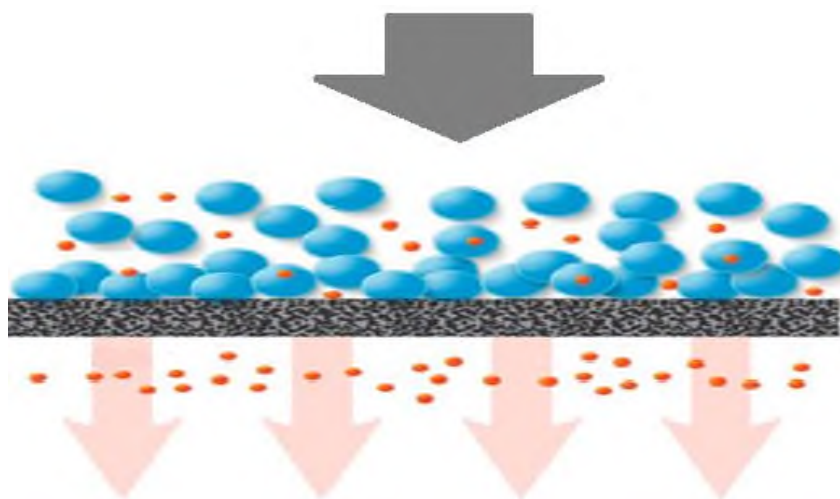


Рисунок 6 – Принцип дії мембранних фільтрів

У 1748 році французький вчений Жан-Антуан Ноле помітив, що шкіра птаха має здатність пропускати рідину, але затримувати частинки. Це був перший приклад використання мембрани для фільтрації.

Протягом 19-го і початку 20-го століть було зроблено кілька важливих відкриттів у галузі мембранної фільтрації. Наприклад, у 1864 році Шарль-Адольф Трувійон розробив першу мембрану з діафрагмового шкірозамінника,

яку використовували для фільтрування речовин. У 1901 році Еміль Аббе запатентував першу керамічну мембрану для фільтрації рідини.

Однак справжній прорив у мембранній фільтрації стався у другій половині 20-го століття. У 1959 році Сідні Лузі зробив важливе відкриття, запровадивши теорію ротаційного потоку в процесі прискореної фільтрації. Це дозволило вдосконалити мембранні модулі та системи фільтрації.

Згодом, у 1960-1970-х роках, були розроблені нові мембранні матеріали, такі як полімери, поліаміди, поліетилен, поліпропілен та інші, що значно підвищило ефективність і стабільність мембранної фільтрації.

Сучасна мембранна фільтрація продовжує розвиватися, включаючи використання наноматеріалів, менших мембранних прокладок, вдосконалення методів виробництва мембран та нові застосування у водопостачанні, водопідготовці, фармацевтиці, харчовій промисловості та інших галузях.

Фотокаталітичне очищення

Цей метод є результатом досліджень у галузі фотокаталізу, що вивчає реакції за участю світла та каталізаторів (Рисунок 7). Історія фотокаталітичного очищення почалася з відкриття фотокаталізу як явища.

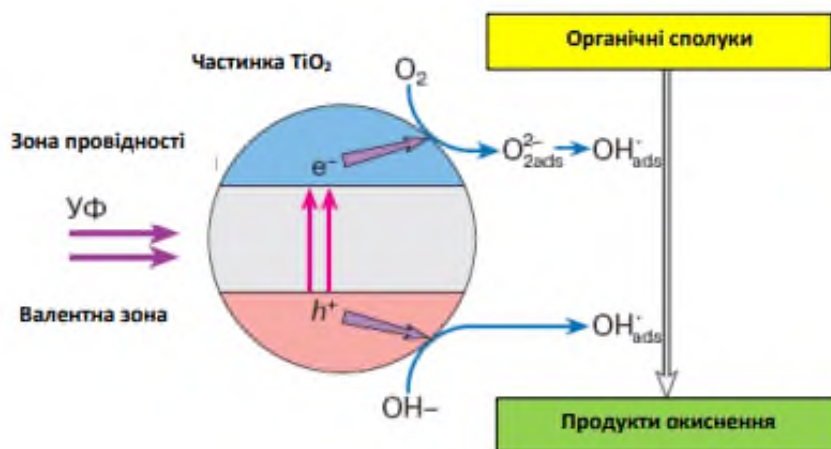


Рисунок 7 – Принцип дії фотокаталізу

У 1972 році французький вчений Арно Цвейс відкрив фотокаталіз як явище, коли спостерігав за розкладанням забруднюючих речовин на поверхні певних матеріалів за участю сонячного світла. Він помітив, що під впливом світла та за наявності певних каталізаторів відбуваються фотохімічні реакції, які сприяють розкладанню органічних забруднювачів.

Згодом, у 1972 році, Х. Катаяма та А. Фуджісіма з Токійського університету в Японії відкрили, що діоксид титану (TiO_2) є потужним фотокаталізатором, здатним ефективно розкладати різні органічні забруднювачі в присутності світла. Ці відкриття заклали основу для розвитку фотокаталітичної обробки як методу очищення води та повітря. Згодом було проведено багато досліджень, спрямованих на вдосконалення фотокаталітичних процесів і матеріалів, розширення спектру їх дії та підвищення ефективності очищення.

Сучасні дослідження в галузі фотокаталітичного очищення включають розробку нових каталізаторів, використання видимого світла для активації фотокаталізаторів, оптимізацію умов реакції та вдосконалення систем очищення.

Сонокаталіз

Процес, в якому ультразвукові хвилі використовуються для підвищення ефективності каталітичних реакцій (Рисунок 8). Історія сонокаталізу пов'язана з розвитком ультразвукової технології та каталізу.

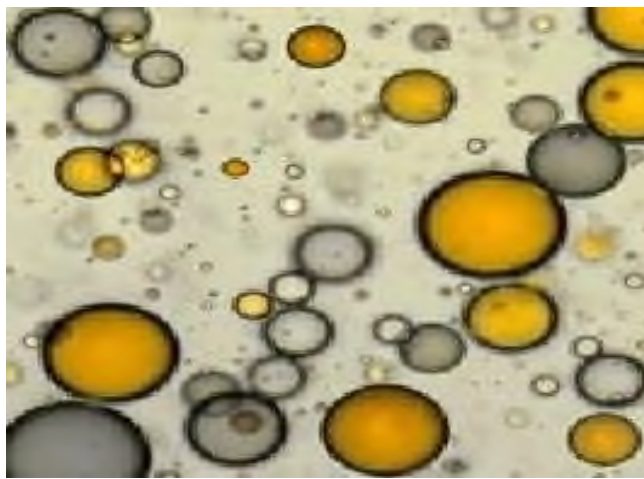


Рисунок 8 – реактивність реагентів на межі фаз

Використання ультразвуку для покращення каталітичних процесів почалося в 1950-х і 1960-х роках. У цей період було помічено, що ультразвукові хвилі можуть стимулювати каталітичні реакції і збільшувати їх швидкість. Ультразвук використовувався як зовнішній фактор для активації каталізаторів і забезпечення більш інтенсивної взаємодії між реагентами. Однак справжній прорив у сонокаталізі стався у 1980-1990-х роках, коли були проведені дослідження, спрямовані на детальне вивчення впливу ультразвуку на каталітичні процеси. Вчені виявили, що ультразвук може прискорити кінетику реакції, покращити дисперсність каталізаторів, забезпечити інтенсивну поверхню масообміну та покращити масопередачу. У 1990-х і 2000-х роках були розроблені нові методи і апаратура для сонокаталізу, в тому числі ультразвукові реактори зі спеціальною конструкцією для забезпечення ефективного перемішування і розподілу ультразвукових хвиль. Дослідники також активно вивчають механізми сонокаталізу та шукають нові каталітичні матеріали і системи для різних застосувань.

Сьогодні сонокаталіз використовується для різних каталітичних реакцій, включаючи очищення води, синтез органічних сполук, виробництво

водню тощо. Він має великий потенціал для підвищення ефективності та стійкості каталітичних процесів у багатьох галузях науки і промисловості.

Наноматеріали для очищення води

Використання наноматеріалів для очищення води є досить новим напрямком досліджень і розробок(Рисунок 9). Історія використання наноматеріалів у цьому контексті бере свій початок у другій половині 20-го століття з розвитком та дослідженнями вчених у галузі нанотехнологій та матеріалознавства.

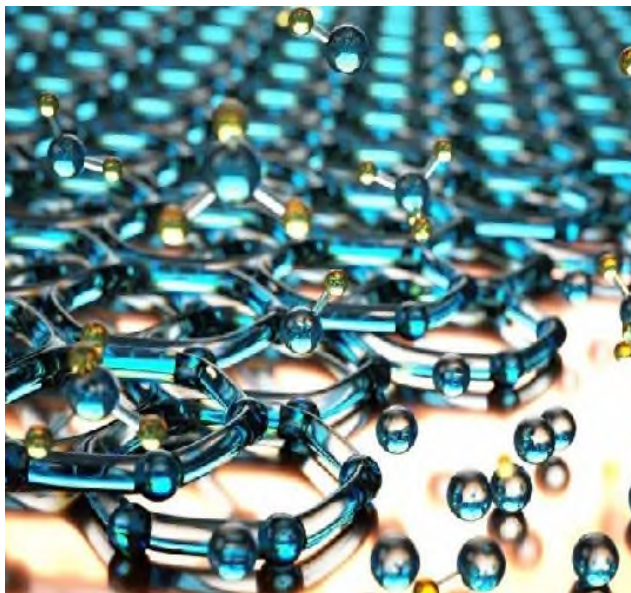


Рисунок 9 – Візуалізація наноматеріалу

У 1990-х роках дослідники почали вивчати можливості використання наноматеріалів для очищення води від різних забруднень. Особливу увагу було приділено таким наночастинкам, як наночастинки оксидів металів (наприклад, діоксид титану, оксид заліза), наночастинки вуглецю (наприклад, вуглецеві нанотрубки), наночастинки срібла та інші. Відкриття ефективності наноматеріалів у видаленні різних типів забруднень та розробка нових методів синтезу і модифікації наночастинок відбувалися поетапно. Вчені вивчали

взаємодію наночастинок з речовинами у воді, механізми адсорбції, окислення та відновлення, а також ефективність їх використання в різних очисних системах.

В результаті цих досліджень були розроблені нові методи синтезу наночастинок із заданими властивостями, включаючи розмір, форму та властивості поверхні. Також були вивчені можливості наноматеріалів для фотокаталізу, окислення органічних речовин, ультрафільтрації та інших процесів очищення води. Сьогодні використання наноматеріалів для очищення води продовжує розвиватися, і дослідники шукають нові методи і матеріали, які можуть бути більш ефективними і стійкими у видаленні різних типів забруднень.[1]

2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ШАХТНИХ ВОД ТА ЇХ ЗАБРУДНЕННЯ

Шахтні води - це вода, яка накопичується або утворюється в шахтних виробках, тунелях і підземних гірничих просторах унаслідок діяльності з видобутку корисних копалин, таких як вугілля, руди або нафта. Вони являють собою один з основних аспектів гірничодобувної промисловості і можуть бути як поверхневими, так і підземними. Шахтні води можуть мати різні характеристики, включно зі складом, ступенем забруднення і потоками, і можуть вимагати відповідного управління і контролю для забезпечення безпеки та ефективності видобутку. Ці води потрапляють у шахти і тунелі, що використовуються для видобутку, а також можуть проникати в різні тріщини і пори в гірських породах.

Незамінний компонент у гірничодобувній промисловості, яка являє собою величезний і складний комплекс інженерних та екологічних завдань. Управління та контроль за шахтними водами відіграють важливу роль у забезпеченні безпечного та сталого видобутку корисних копалин, а також у мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище і здоров'я людей. Наукові та технологічні розробки в галузі управління шахтними водами допомагають розв'язувати складні інженерні завдання і сприяють поліпшенню умов роботи в гірничодобувній промисловості. Вони негативно впливають на гірничодобувне обладнання і технології та погіршують якість видобутих корисних копалин. Вона може бути забруднена механічними, хімічними та бактеріальними домішками, а в глибоких шахтах - ще й високомінералізована. Середня температура шахтної води на глибині 1000 метрів становить 30°C. На поверхні шахтні води очищаються перед скиданням у дренажну систему та водойми.

Найкисліші та сильно мінералізовані шахтні води утворюються на верхніх горизонтах і гірничих виробках на території першої від поверхні гідрохімічної зони. Найкисліші шахтні води утворюються в антрацитних шахтах до глибин 250-300 м, за малих кутів падіння порід і вмісту у вугіллі загальної сірки понад 2,5%, за великої довжини виробок і значної площі виробленого простору. На глибших горизонтах (300-400 м) генеруються сульфатно-хлоридні натрієві або натрієво-кальцієві води. На глибині понад 400 м утворюються хлоридно-сульфатні води. Таким чином, у шахтних водах із глибиною зменшується вміст SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} і збільшується вміст K^+ , Na^+ , Cl^- , HCO_3^- . Але на одних і тих самих глибинах шахтні, порівняно з підземними водами, містять більшу кількість сульфатів кальцію і магнію. За підземного способу розроблення вугільних родовищ, унаслідок порушення стійкості гірських порід, підземні води дренуються в гірничі виробки та вироблений простір очисних вибоїв.

Формування хімічного складу шахтних вод відбувається внаслідок контакту вод із породою і визначається:

- тривалістю перебування води в гірському масиві,
- швидкістю руху вод у контакт з породами.

2.1 Класифікація шахтних вод за походженням і хімічним складом

За складом і хімічними властивостями виділяють води (таблиця 1), які не містять значних забруднень або шкідливих речовин і мають відносно високу якість.

Таблиця 1 - Класифікація забруднень води[2]

Клас якості води	Ступінь забруднення	Індекс сапробності S, (по Патле і Букку)	Загальна кількість бактерій, 10^6 клітин/мл	Число сапрофітних бактерій, 10^6 клітин/мл	БПК ₅ , мг/л	ІЗВ	Найменування зони
1	дуже чиста	<0,5	<0,5	<0,5	<1	<0,2	Ксеносапробна
2	чиста	0,5-1,5	0,5-1,0	0,5-5,0	1-2,5	0,2-1,0	Олігосапробна
3	помірно забруднена	1,5-2,5	1,0-3,1	5,1-10,0	2,5-5	1,0-2,0	а-мезосапробна
4	забруднена	2,51-3,5	3,1-5,0	10,0-50,0	5-10	2,0-4,0	β-мезосапробна
5	грязна	3.5-4,0	5,0-10,0	50.0-100.0	10-50	4,0-6,0	Полісапробна
6	дуже грязна	>4,0	>10,0	>100.0	50-400	6,0-10,0	Ізосапробна

Вони можуть утворюватися в різних частинах шахт і гірничих виробок і можуть бути як поверхневими, так і ґрунтовими. Чисті шахтні води можуть бути надзвичайно цінними, особливо в умовах промислової діяльності та забезпечення водопостачання для населення.

Забруднені шахтні води - це води, що містять різноманітні забруднювачі, шкідливі речовини та токсичні сполуки, які утворилися внаслідок впливу промисловості, видобутку корисних копалин або інших людських діяльностей. Забруднені шахтні води можуть виникати як через природні процеси (наприклад, природні мінеральні води), так і через антропогенні джерела забруднення.

За походженням бувають:

Поверхневі стічні води – що стікаються поверхнею землі і потрапляють у шахти та тунелі. Вони утворюються внаслідок дощів, сніготанення, розплавлених снігів або інших атмосферних опадів, які потрапляють у землю і проникають у шахтні виробки. Поверхневі стічні води можуть також містити води, що стікають з навколишніх територій або земельних ділянок, на яких проводять шахтні роботи або видобувають вугілля та інші корисні копалини.

Забруднення поверхневі стічні води можуть містити різні забруднювачі, як-от тверді частинки, бруд, органічні речовини, нафтопродукти, хімічні сполуки та інші забруднення з навколишнього середовища. Забруднення може виникати через промислову діяльність, автомобільний рух, сільське господарство та інші джерела.

Грунтові води - які знаходяться в гідрогеологічному просторі гірських масивів, у порах і тріщинах гірських порід. Ці води утворюються з атмосферних опадів або води, що стікає поверхнею землі, яка проникає в ґрунт і заповнює пори та порожнечі гірських порід. Грунтові шахтні води можуть бути як поверхневими (знаходяться близько до поверхні землі), так і підземними (знаходяться на більш глибоких рівнях).

Забруднення : якість ґрунтових шахтних вод зазвичай хороша, оскільки вони проходять через шари гірських порід, які фільтрують, що допомагає видалити деякі забруднення.

Конденсат - це особливий вид шахтних вод, який утворюється внаслідок конденсації водяної пари на стінах і стелі шахти або гірничих виробок. Конденсат виникає через різницю температур повітря в шахті та навколишньої гірської породи.

Забруднення конденсат шахтних вод зазвичай є чистою водою і не містить значних забруднень, оскільки в ньому відсутні інші забруднення, які можуть бути присутніми в інших типах шахтних вод.

Вода дегазації - це води, які утворюються внаслідок дегазації вугільних пластів під час видобутку вугілля. Вугілля містить значну кількість метану (головного компонента природного газу), який міститься в порах і тріщинах вугільних пластів. У процесі видобутку вугілля, коли шахтарі видобувають вугілля із землі, метан, що містився в порах, вивільняється і виділяється. Шахтні води дегазації містять метан, який є головною складовою природного газу. Вода також може містити різні розчинені мінерали та інші хімічні сполуки залежно від характеристик вугільних пластів, колишнє середовище.

Шахтні води за переважним аніоном можна класифікувати на три класи:

- Карбонатно-гідрокарбонатний;
- Сульфатний;
- Хлоридний.

Кожен клас за катіоном ділиться на три групи:

- кальцієву;
- магнієву;
- натрієву.

Своєю чергою кожна група за превалюючим забруднювачем поділяється на чотири типи. Шахтні води містять від 3 г/дм³ і більше механічних домішок (вугілля і нехайая порода, інертний пил, продукти розпаду деревини). Вони вирізняються значною мінералізацією (до 30 г/дм³ і більше) та істотною бактеріальною забрудненістю. Кислі шахтні води крім низьких значень рН (близько 2-4) характеризуються ще високим вмістом сполук заліза (до 2 г/дм³).

Шахтні води, що впливають із виробленого простору і погашених гірничих виробок, містять незначні кількості завислих речовин (не більше 10 мг/дм³) і нафтопродуктів (до 0,1 мг/дм³), а тому могли б бути віднесені до категорії умовно чистих. Але високий солевміст не дає змоги їх так класифікувати.

Шахтна вода зазвичай не має запаху (за винятком тих випадків, коли в ній є розчинений метан або сірководень), вирізняється різноманітністю забарвлення

і постійністю температури в межах 6-25 °С, а також значною жорсткістю (до 38 мг-екв/дм³). Шахтним водам властива корозійна активність. Частіше трапляються води із сульфатною агресивністю, рідше - кислотною. Шахтні води є ресурсом для меліорації, технічного та господарсько-питного водопостачання підприємств гірничої промисловості. Використання шахтних вод доцільне для більшості підприємств гірничо-видобувної промисловості.

Використання очищених шахтних вод для пилопригнічення, господарсько-питного та технічного водопостачання шахт і збагачувальних фабрик, зрошення сільськогосподарських угідь, розведення риби тощо одночасно розв'язує проблему запобігання забрудненню водою.[2]

2.2 Фізичні та хімічні властивості шахтних вод

Фізичні та хімічні властивості шахтної води важливі для її використання та очищення. До фізичних властивостей шахтної води належать:

- колір і прозорість шахтної води може мати різний колір - від прозорого до темного, залежно від ступеня забруднення рудою або іншими матеріалами;
- температура шахтної води може варіюватися від низьких температур у глибоких шахтах до більш високих температур на поверхні;
- солоність шахтної вода може бути солоною або слабосолоною залежно від кількості розчинених мінералів;
- Реакція шахтної води може бути кислою, лужною або нейтральною, що впливає на її хімічні властивості та здатність вступати в реакцію з іншими речовинами.

Хімічні властивості шахтної води включають:

- розчинені тверді речовини, шахтна вода може містити різні розчинені мінеральні речовини, такі як солі, сульфати, хлориди та інші сполуки;

- забруднювальні речовини, шахтна вода може містити такі забруднювальні речовини, як метали (наприклад, залізо, марганець, свинець), органічні сполуки (нафта, смоли), токсичні хімічні речовини (наприклад, хлор, аміак) і багато інших;
- кислотність або лужність, реакція шахтної води (рН) може бути важливою хімічною властивістю, оскільки вона може впливати на розчинність різних сполук і реакцію води з мінералами;
- біологічні компоненти, шахтні води можуть також містити біологічні компоненти, такі як бактерії та водні організми, які можуть впливати на хімічні процеси та якість води.

Знання цих фізичних і хімічних властивостей допомагає визначити оптимальні методи обробки та управління шахтними водами для зниження їхнього впливу на навколишнє середовище і забезпечення їхньої безпеки для здоров'я людини та екосистем.

2.3 Джерела забруднення шахтних вод

Забруднення шахтних вод може відбуватися різними шляхами, причому це може бути наслідком як природних процесів, так і діяльності людини. Гірничодобувна діяльність: Одним з основних джерел забруднення шахтних вод є гірничі роботи. У процесі видобутку руди або вугілля вода може забруднюватися металами, що входять до складу руди, а також специфічними хімічними речовинами, використовуваними в гірничодобувній промисловості.

Складні хімічні речовини: шахтні води можуть містити різні хімічні речовини, такі як солі, сульфати, хлориди та інші розчинені мінерали. Це може призвести до підвищення солоності. Органічне забруднення: Поблизу шахт часто розташовуються промислові підприємства або місцеві жителі, які можуть скидати в шахтні води органічні забруднення, такі як нафта, смоли,

відходи та інші органічні речовини. Викиди CO_2 : під час видобутку вугілля може виділятися велика кількість вуглекислого газу (CO_2). Це може призвести до кислотної взаємодії між водою і CO_2 , внаслідок чого підвищується кислотність шахтних вод (кислі шахтні води). Мікробіологічне забруднення у шахтах можуть створюватися умови для росту бактерій та інших мікроорганізмів, які можуть спричиняти біологічне забруднення шахтних вод.

Специфічні забруднювальні речовини: залежно від типу видобутку і розташування шахти вода може містити і специфічні забруднювачі, такі як радіоактивні елементи або токсичні хімічні сполуки. Наведемо характерний для Донбасу хімічний склад шахтних вод (табл 2).

Стічні води низки шахт містять деякі мікроелементи (мідь, нікель, титан, цинк, стронцій тощо) у концентраціях, що іноді перевищують допустимі рівні. У шахтних водах також можуть бути присутніми марганець, залізо та інші компоненти, характерні для складу підстильних порід. У низці випадків шахтні води містять й інші забруднювальні речовини: ароматичні вуглеводні, миш'як, РЗЕ, селен, сурму. Стічні води деяких шахт містять від 0,002 до 0,045 мг/літр фенолів, в окремих випадках концентрація досягає 0,8 мг/літр, що утворюються в результаті пірогенного розкладання вугілля. Окислюваність вод коливається від 2 до 50 мг/л. У шахтних водах може міститися 0,5 - 5 мг/л аміаку, 0,01 - 1,5 мг/л азотної кислоти і 0,4 - 50 мг/л азотистої кислоти.

Таблиця 2 - Характерний склад шахтних вод[3]

Найменування показників	Вміст, мг/л
Завислі речовини	19,8
БСК повне	3,1
Сухий залишок	1509
Сульфати	656,0
Хлориди	75,0
Азот амонійний	0,06
Нітрити	0,006
Нітрати	0,38
Фосфати	2,5
Нафтопродукти	0,008
Фенол	0,1
Залізо загальне.	0,29
Кобальт	0,023
Марганець	0,009
Цинк	0,049
Мідь	0,007
Хром(6)	0,004
Нікель	0,036
Кадмій	0,001
Ртуть	0,001
Свинець	0,053
ХПК	3,32

2.4 Вплив забруднення шахтних вод на навколишнє середовище

Шахтні води мають вкрай негативний вплив на навколишнє середовище. В результаті взаємодії в гірничих виробках зі зруйнованими пустими породами, мінералами тощо на шляху до водозборів шахтні води досягають високої мінералізації. У них накопичуються солі важких металів, найчастіше токсичні елементи, бактерії, завислі речовини і багато іншого, що змінює якість навколишнього середовища.

Донецько-Макіївський вугільний район розташований у Донецькій області. У районі інтенсивно розвиваються вугільна, металургійна, машинобудівна, коксохімічна та інші галузі важкої промисловості. Для Донецько-Макіївського району, як і для більшої частини Донбасу, вугільна промисловість є одним з основних забруднювачів навколишнього середовища. На території району розташовано близько 20 діючих шахт, які негативно впливають на навколишнє середовище. У зв'язку з цим геохімічне вивчення не тільки вугілля, але й шахтних вод у регіоні видається найбільш актуальним. Ця проблема має два аспекти. По-перше, це аналіз вмісту елементів у компонентах геологічного середовища в концентраціях, що становлять загрозу для здоров'я людини. А по-друге, раціональне використання природних ресурсів, одним з напрямків якого є супутній видобуток цінних компонентів.

Оскільки скидання шахтних вод, що містять хімічні елементи в концентраціях, які перевищують гранично допустимі, становить потенційну небезпеку для навколишнього середовища, необхідно підібрати метод очищення. Вихідними даними для дослідження стали результати хімічного та спектрального напівкількісного аналізів шахтних вод шахт Донецько-Макіївського району (Таблиця 3).

Таблиця 3 - Значення хімічного складу шахтних вод на різних інтервалах глибин шахт Донецько-Макіївського району[3]

Шахта	Інтервали глибин, м	Мінералізація,	K+Na, мг/л	Ca, мг/л	Mg, мг/л	Cl, мг/л	SO ₄ , мг/л	pH
ім. Бажанова	300-500	2221	738	105	79	327	808	7,8
	500-700	3461	1145	65	52	880	769	7,9
	700-900	4896	1760	71	38	1976	618	7,8
	900-1100	6138	1904	181	152	2716	1009	7,7
ім.Калініна	250-450	3056	861	78	85	378	1180	8,3
	450-650	3309	1053	58	68	531	1071	8,7
	650-850	4719	1313	94	92	741	1879	8,2
	850-1050	4862	1719	42	53	1688	877	8,2
Жовтнева	700-850	4300	1038	133	129	840	1827	7,8
	850-1000	4419	1201	113	104	1342	1345	8,2
	1000-1150	5542	1827	81	86	1858	1253	7,9
ім.Скочинського	1000-1100	4138	1076	117	145	935	1456	8
	1100-1200	7586	2750	37	56	3495	673	8
	1200-1300	5648	1720	117	144	1931	1199	8
Трудовська	400-700	3314	654	346	254	887	1981	8,1
	700-1000	4980	1112	133	69	740	1785	6,9

Якщо проаналізувати цю таблицю, то можна відзначити, що значення мінералізації мають тенденцію до збільшення з глибиною, максимальне значення припадає на інтервал 1100-1200 м на Скочинському родовищі і становить 7586 г/л. А мінімальне значення припадає на глибини 300-500 м на родовищі ім. Бажанова і становить 2221 г/л. Інші показники змінюються по-різному: максимальне значення іонів, що знаходиться в діапазоні глибин 900-1100 м на Бажановській і дорівнює 1904 мг/л, в той час як мінімальне значення знаходиться в діапазоні 400-700 м на Трудовській. Трудовська і дорівнює 654 мг/л. Максимальне значення іонів Ca простежується в інтервалі 400-700 м на схилі г. Трудовська. Трудовська і становить 346 мг/л, мінімальне значення знаходиться на інтервалі 1100-1200 м на руднику "Скочинський" і дорівнює 37 мг/л. Максимальне значення іонів Mg знаходиться в інтервалі 400-700 м на

шахті "Трудівська". Трудівська і становить 254 мг/л, мінімальне значення знаходиться в інтервалі глибин 700-900 м біля шлюзу Бажановська і становить 38 мг/л. Максимальне значення іонів хлору спостерігається в інтервалі 1100-1200 м на Скочинському шлюзі і становить 3495 мг/л, мінімальне значення припадає на глибини 300-500 м на Бажановському шлюзі і становить 327 мг/л. Максимальне значення вмісту іонів простежується в інтервалі 400-700 м на схилі балки Трудовська. Трудівська і становить 1981 м, мінімальне значення знаходиться на інтервалі 700-900 м на Бажановському шлюзі і дорівнює 618 мг/л.

У структурному відношенні описувана територія приурочена до крайньої південно-західної частини Кальміусько-Торецької западини Донецького басейну. Поверхневі води представлені балковими водотоками, які формуються частково підземними та шахтними водами. Це гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатні,магнієво-кальцієво-натрієві слаболужні, дуже жорсткі води. Шахтні води переважно кальцієво-натрієвого сульфатно-хлоридного складу, слабоагресивні за вмістом сульфатів по відношенню до бетону і помірно агресивні по відношенню до сталевих конструкцій.

Під час підземного видобутку вугільних родовищ води, умовно чисті, не збираються, і вони змішуються із забрудненими шахтними водами, після чого ці водопотоки відводяться в гірничих роботах, що призводить до забруднення водостоків та водосховищ, підтоплення гірничих робіт, погіршення умов їх обслуговування та впливає на стан шахтного транспорту. Забруднюється літосфера і підземні водні горизонти. Шахтні води, що проникають у вододайнні горизонти через зони техногенного зсуву гірських порід (під час експлуатації шахт), провали над виходами вугільних пластів, скиби шахт - потенційні джерела забруднення підземних вод.

Згідно з даними біотестування, шахтні води чинять токсичний вплив на розвиток мікроводоростей, що проявляється зменшенням приросту біомаси на 20-42%.

Шахтні та кар'єрні води не відповідають вимогам з охорони поверхневих вод за чотирма критеріями:

а) висока мінералізація (понад 1 г/л - усі шахти, до 3 г/л - 60% шахт і понад 3 г/л - 40% шахт), що призводить до річкового відводу приблизно 2 млн тонн мінеральних солей щорічно;

б) забрудненість свіжовиділеними речовинами (90-100 мг/л), що призводить до заболочування водних об'єктів;

в) бактеріальне забруднення. Шахтні води мають бактеріальне забруднення з колі-титром від 11 до 0,004;

г) збільшений вміст важких металів (їхній вміст перевищує максимально допустимі концентрації від 1,5 до 15 разів).

Обсяги шахтних вод, що відводяться в річки та водосховища шахт, можна порівняти за обсягом із природним стоком малих річок, і вони чинять значний негативний вплив на водний баланс цих річок. У загальному обсязі забруднених стоків, що відводяться в гірничій галузі, супутні води становлять 575,7 мільйона м³ або 79,2% (з них 2008 року було скинуто приблизно 168 мільйонів м³ без очищення і недостатньо очищеними - 407,7 мільйона м³), тоді як комунально-побутові та виробничі води з поверхневого комплексу становлять 150,9 мільйонів м³ або 20,8% (без очищення - 22,8 мільйона м³ і недостатньо очищеними - 128,1 мільйона м³).

З цього об'єму супутні води становлять до 148,7 млн. куб.м. Обсяг відновлювальних вод становить від 622,7 до 873,8 млн м³. Із 302 підприємств галузі 26,2% від загального обсягу або 190,8 млн м³ припадає на 101 підприємство, яке не має очисних споруд. У середньому для видобутку 1

тонни вугілля необхідно використати $2,01 \text{ м}^3$ води, потрібно виводити $4,22 \text{ м}^3$ стічних вод (включно із забрудненими $2,75 \text{ млн м}^3$), в атмосферу викидаються до $3,1 \text{ кг}$ шкідливих речовин, утворюються тверді відходи в кількості $3,07 \text{ м}^3$. Масштаб впливу на природу можна уявити. У разі закриття свердловин, все одно потрібно вирішувати проблему очищення шахтних вод. Незалежно від методу закриття, проблема шахтних вод залишається через постійну кількість відведення та виведення солей у водні об'єкти. Виникла необхідність очищення та використання шахтних вод для технологічних потреб вугільних підприємств, оскільки є дефіцит питної води.

Одним із перспективних напрямів використання шахтних вод є їх використання для водопостачання котельних шахт, збагачувальних фабрик та інших підприємств. Оскільки шахтні води, як правило, забруднені, їх не можна використовувати без попередньої обробки води. Вони мають бути пом'якшені та відсолені.

Вплив на природне середовище:

- забруднені шахтні води, які потрапляють у річки, озера або ставки, можуть призвести до серйозного забруднення водойм. Це може призвести до загибелі водних організмів і порушення біологічного балансу в екосистемах;
- шахтні води, які просочуються через ґрунт, можуть забруднювати ґрунтовий шар і впливати на рослинний світ і врожайність;
- забруднені шахтні води можуть потрапити в підземні води, забруднюючи джерела питної води та впливаючи на здоров'я населення.

Наслідки для людини та екосистем:

- забруднені шахтні води можуть містити токсичні речовини, що можуть бути небезпечними для здоров'я людини під час вживання

забрудненої води або через харчові продукти, які виростили на забрудненому ґрунті;

- забруднення шахтних вод може негативно впливати на розмаїття водних і наземних видів, спричиняючи вимирання деяких організмів і зміни в екосистемах;
- забруднення шахтними водами може мати соціальні наслідки, зокрема призводити до втрати здоров'я серед населення, зниження якості життя та втрати робочих місць у гірничопромислових регіонах.

Забруднення шахтними водами має серйозний вплив на природне середовище та здоров'я людини. Розуміння цього впливу та наслідків є важливим для розроблення ефективних стратегій контролю та очищення забруднених шахтних вод з метою зменшення негативного впливу цього забруднення на природу та суспільство. [3]

3 МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД ДО ТЕХНІЧНИХ СТАНДАРТІВ

Шахтні води, що утворюються в процесі видобутку корисних копалин, містять забруднювальні речовини, які необхідно видаляти для дотримання технічних та екологічних норм. Очищення шахтних вод є важливим завданням гірничо-металургійної промисловості та забезпечення екологічної безпеки. Існує кілька методів очищення шахтних вод, кожен з яких спрямований на видалення певних забруднювальних речовин і досягнення встановлених стандартів якості води. Нижче будуть розглянуті, описані та пояснені основні методи очищення шахтних вод.

Фізико-хімічні методи очищення

У цьому методі для видалення забруднень із шахтних вод використовуються фізичні та хімічні процеси. До таких процесів належать коагуляція, флокуляція, осадження, фільтрація та іонний обмін.

Біологічні методи використовують діяльність мікроорганізмів і рослин для розкладання органічних забруднень у воді. До них належать установки з активним мулом, ставки-стабілізатори, а також очисні споруди зі спеціальними біологічними фільтрами. Мембранні технології засновані на використанні мембран для фільтрації та очищення води. До них належать зворотний осмос, ультрафільтрація і мікрофільтрація.

В адсорбційних методах для поглинання забруднювальних речовин у воді використовують спеціальні адсорбенти. Найпоширенішими з них є активоване вугілля та різні сорбенти. Ці методи ефективні для видалення забруднювальних речовин і поліпшення якості шахтної води до відповідності встановленим технічним стандартам. Далі більш детально буде розглянуто кожен метод і його застосування в контексті водопідготовки.

3.1 Фізико-хімічні методи очищення

Стічні води - це води, які були використані для господарсько-побутових, промислових і цілей і отримала забруднення, які змінили її хімічний склад та фізичні властивості. Стічні води поділяються на побутові, промислові та атмосферні. Вони відрізняються один від одного походженням, складом, біологічною активністю і а отже, і методами очищення. Побутові стічні води утворюються в результаті практичної діяльності та повсякденного життя людей. Це змінює фізичні та хімічні властивості води, а також її бактеріальне забруднення.

Фізичні методи - це вилучення і знешкодження шкідливих домішок шляхом зміни агрегатного стану води, впливу на стоки ультразвуком, ультрафіолетовими променями, екстрагентами.

Хімічні методи - очищення води використовують реагенти для зміни хімічного складу забруднювальних речовин або форми їхньої присутності в стічних. Розглянемо декілька фізико-хімічних методів очищення для приклада

Залежно від характеру процесів, що використовуються для очищення стічних вод, розрізняють методи механічного, фізико-хімічного та біологічного повного або часткового очищення. Великі маси осаду, які утворюються під час і складають до 1% суміші стічних вод, повинні бути знешкоджувати, дезінфікувати, зневоднювати, сушити та утилізувати. У зв'язку з підвищенням вимог до якості очищених стічних вод, повне біологічне очищення може бути доповнене спорудами доочищення. Перед скиданням у водойму стічні води підлягають знезараженню з метою знищення патогенних мікроорганізмів.

Флотація - ефективний і широко розповсюджений метод очищення стічних вод, заснований на фізико-хімічних принципах(Рисунок 10). Цей метод використовується для видалення різних забруднень, таких як тверді частинки, органічні сполуки та інші речовини, які можуть бути присутніми в стічних водах.

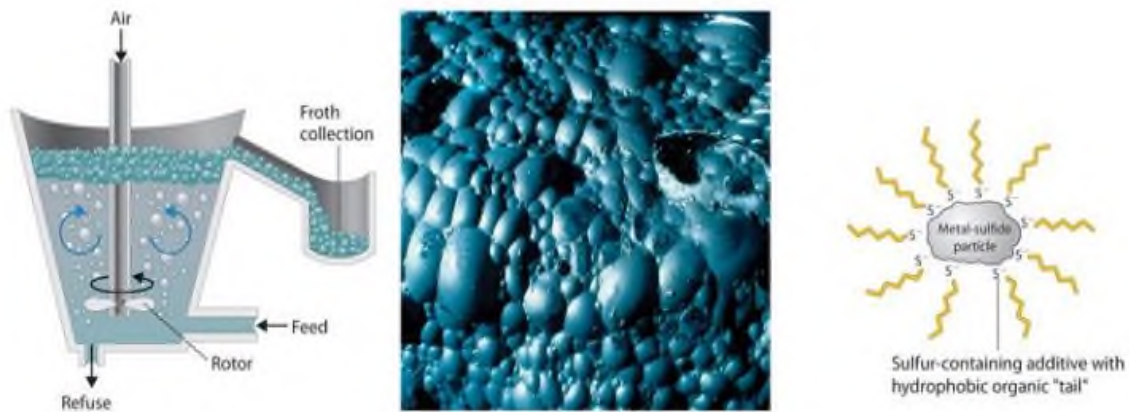


Рисунок 10 – Процес флотації

Флотація відбувається в спеціальних апаратах, які називаються флотаційними установками або флотаторами. Спочатку стічні води готуються шляхом додавання коагулянтів і флокулянтів. Коагулянти сприяють коагуляції мікроскопічних частинок у більші скупчення, а флокулянти - утворенню флокул, що полегшує їхнє відділення від розчину. Потім за допомогою спеціальних пристроїв у воду вводиться повітря у вигляді мініатюрних бульбашок. Ці бульбашки мають здатність приєднувати до себе забруднення і флокули, що знаходяться у воді. Флокули піднімаються на поверхню води, утворюючи піну.

Після цього піна відокремлюється від чистої води за допомогою спеціальних систем або пристроїв. Утворену піну, що містить забруднення, очищують і утилізують, а воду, що пройшла процес флотації, спрямовують на наступні етапи очищення або її можна використати в інших цілях.

Флотація широко використовується в різних галузях промисловості, таких як гірничо-металургійна, хімічна, нафтова, паперова тощо. Цей метод дає змогу очищати стічні води від різних забруднень до технічного рівня чистоти, відповідно до встановлених стандартів та екологічних вимог.

Осадження - один з основних фізико-хімічних методів очищення стічних вод. Його суть полягає у відокремленні твердих частинок і деяких забруднень від рідини шляхом їхнього осадження внаслідок гравітаційних процесів(Рисунок 11).

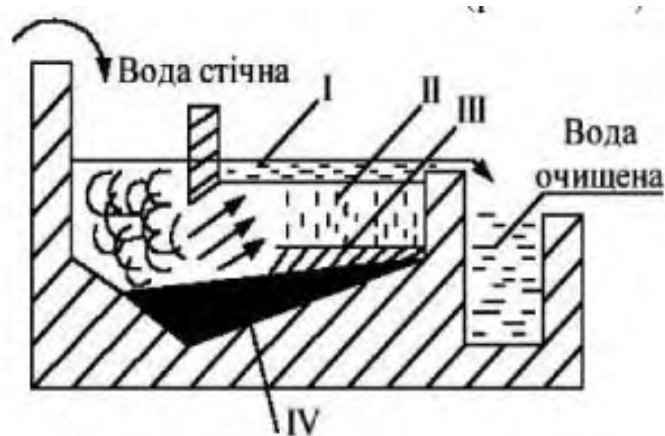


Рисунок 11 – Осадження

Стічні води готуються до відстоювання шляхом додавання коагулянтів. Це сприяє утворенню флокул - великих частинок, що злипаються між собою.

Після флокуляції розчинені частинки і флоки, що утворилися, осідають на дно спеціальних резервуарів, які називаються відстійниками або відстійниками.

Утворений осад відокремлюється від чистої води. Він може бути видалений з води для подальшої обробки або утилізації.

Осадження є важливим етапом очищення стічних вод на великій кількості підприємств і виробництв, включно з міськими очисними спорудами, промисловими підприємствами, сільськогосподарськими організаціями тощо. Цей метод є надійним та ефективним для видалення з

води твердих частинок і забруднень, що дає змогу досягти технічного рівня чистоти води, встановленого відповідними нормами та стандартами.

Переваги методу:

- осадження ефективно видаляє зі стічних вод тверді частинки та деякі органічні речовини;
- цей метод має просту конструкцію і надійний у використанні;
- осад, що утворюється після відстоювання, може бути використаний для виробництва добрив або зеленого гною.

Недоліки методу:

- осадження неефективне для видалення розчинених органічних речовин і деяких хімічних забруднень;
- для досягнення оптимальної ефективності потрібні великі приміщення, що може бути обмеженням для деяких місць і підприємств. [4]

3.2 Біологічні методи очищення

Біологічне очищення води - важливі і ефективні методи очищення стічних вод, заснований на використанні живих мікроорганізмів для розкладання органічних і деяких неорганічних забруднень у воді (Рисунок 12). Ці методи є екологічно чистими і природними, оскільки для очищення води від забруднень використовуються біологічні процеси. Існують два типи біологічної очистки:

Аеробні методи використовують кисень для біорозкладання органічних забруднень у воді. У цих методах мікроорганізми, яким для життєдіяльності необхідний кисень, розкладають органічні речовини та інші забруднення. Анаеробні методи застосовуються за відсутності кисню. У таких

умовах мікроорганізми розкладають органічні речовини без використання кисню. Це дає змогу очищати стічні води та видаляти забруднювальні речовини без використання кисню.

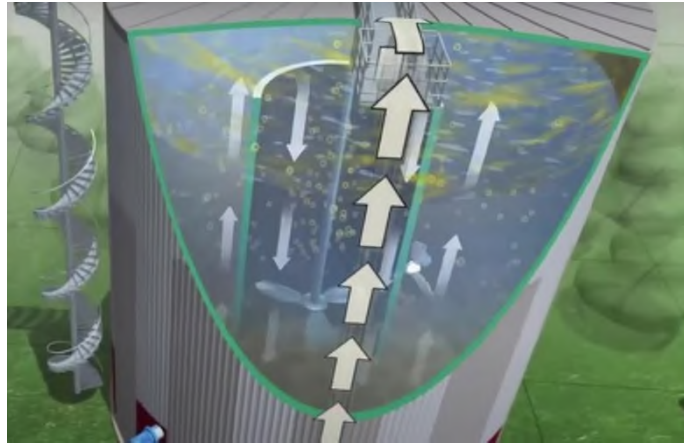


Рисунок 12 – Аеробний реактор для очищення води

Біосорбція - ефективний та інноваційний метод очищення стічних вод, що використовує природні та живі організми для видалення з води забруднюючих і токсичних речовин. Цей метод ґрунтується на здатності деяких біологічних компонентів (бактерій, грибів, водоростей тощо) поглинати й утримувати на своїй поверхні забруднювальні речовини. Суть методу: біосорбція включає дві основні форми: активну і пасивну.

Під час активної біосорбції живі мікроорганізми або їхні живі клітини активно взаємодіють із забруднювальними речовинами у воді, затримуючи їх на своїй поверхні. Мікроорганізми або їхні клітини поглинають забруднювальні речовини, що призводить до їх нейтралізації або утримання на поверхні біосорбенту.

Під час пасивної біосорбції використовують біологічні матеріали, що мають властивість адсорбувати забруднювальні речовини на своїй поверхні без активної взаємодії. Забруднювальні речовини прикріплюються до поверхні матеріалу без участі живих організмів, що призводить до їхнього утримання і видалення з води.

Біосорбція використовується в найрізноманітніших галузях і виробництвах, включно з міськими очисними спорудами, промисловими підприємствами, сільським господарством тощо. Цей метод використовується для видалення різних забруднень, зокрема важких металів, органічних сполук, барвників, нафти та інших токсичних речовин.

Переваги методу:

- біосорбція є високоефективним методом видалення з води широкого спектра забруднювальних речовин;
- використання природних і поновлюваних матеріалів знижує витрати і робить цей метод більш стійким.

Недоліки методу:

- для ефективності деяких типів біосорбентів можуть знадобитися особливі умови;
- деякі складні забруднювальні речовини можуть бути важкоутримуваними або адсорбованими.

Біосорбція є перспективним і ефективним методом очищення стічних вод, що сприяє збереженню довкілля та отриманню високоякісної води для різних потреб (Рисунок 13). Цей метод є важливим елементом сталого розвитку та збереження природних ресурсів. Біореактори для очищення води - це спеціальне обладнання, що використовує біологічні процеси для очищення стічних вод і видалення забруднювальних речовин. Ці процеси відбуваються в спеціальних резервуарах або реакторах, де забруднена вода взаємодіє з живими мікроорганізмами, що розкладають органічні речовини та інші забруднення.



Рисунок 13 – Анаеробний реактор

У цьому резервуарі органічні речовини активно розкладаються мікроорганізмами в присутності кисню. У результаті цього процесу органічні забруднення перетворюються на нешкідливі сполуки, а у воді відновлюється кисень. У цьому типі резервуара мікроорганізми розкладають органічні речовини за відсутності кисню. У процесі утворюються біогаз і осад, а також розкладаються забруднювальні речовини.

У цьому випадку мікроорганізми прикріплюються до поверхні матеріалу (наприклад, піску, гравію) і розкладають забруднювальні речовини. Біореактори для очищення води використовуються на міських і промислових очисних спорудах для очищення стічних вод перед їхнім скиданням у навколишнє середовище. Цей метод дає змогу видаляти органічні та неорганічні забруднення, знижуючи вплив на екосистеми і забезпечуючи дотримання екологічних норм.

Переваги методу:

- біореактори високоефективні під час видалення забруднень і очищення води від різних речовин;
- використання біологічних процесів дає змогу знизити вплив на навколишнє середовище і забезпечити стійкість екосистем.

Недоліки методу:

- ефективність роботи біореакторів може залежати від температури, рН та інших параметрів води.
- обслуговування та експлуатація біореакторів можуть бути дорогими і вимагають спеціалізованого технічного обслуговування. [4]

3.3 Технології ультрафільтрації

Ультрафільтрація - це технологія очищення води, в якій використовують мембрани для видалення з води бактерій, вірусів, макромолекулярних сполук і твердих частинок. В ультрафільтрації для фільтрації води використовують мембрани з дрібними порами (Рисунок 14).

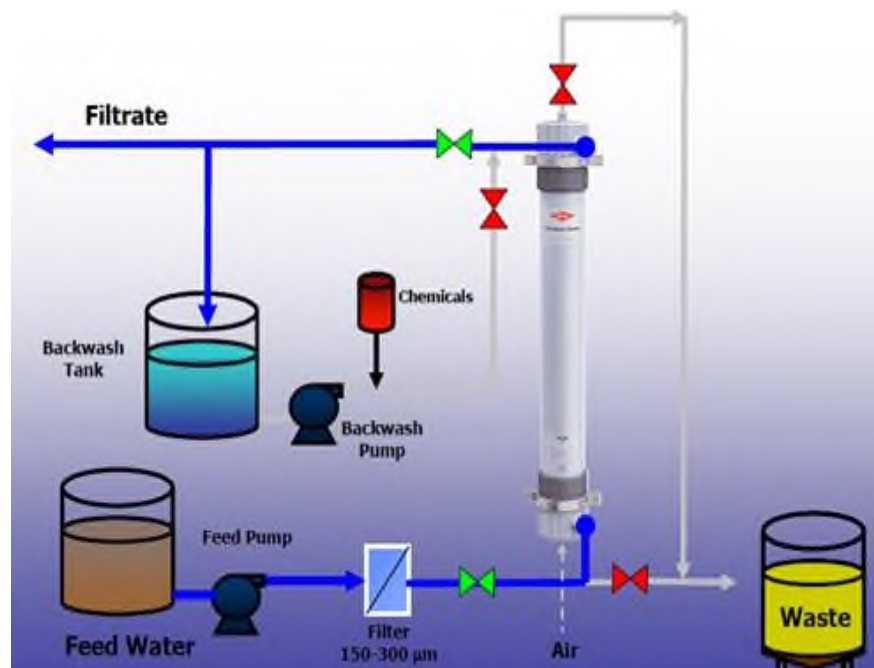


Рисунок 14 – Принцип ультрафільтрації

Такі мембрани пропускають воду і розчинені солі, але затримують бактерії, віруси і великі молекули.

Забруднена вода проходить через мембрани з мікроскопічними порами. Мембрани затримують бактерії, віруси та інші великі забруднення, пропускаючи тільки воду і розчинені солі. Ультрафільтрація використовується для очищення питної води, очищення стічних вод, очищення води в басейнах і акваріумах, а також для підвищення якості води в промислових процесах.

Переваги методу:

- ультрафільтрація видаляє з води бактерії та віруси;
- системи ультрафільтрації можуть бути компактними і простими в установці.

Недоліки методу:

- ультрафільтрація не видаляє розчинені солі та деякі дрібні органічні речовини;
- мембрани потребують регулярного очищення та обслуговування для підтримки ефективності. [4]

4 МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД ДО ПИТНИХ СТАНДАРТИВ

Водопостачання та забезпечення населення чистою питною водою є одним з ключових завдань сучасного суспільства. Особливу проблему становить шахтна вода, яка може містити різні забруднювачі. Щоб забезпечити безпечну і корисну для здоров'я воду для споживання, необхідно застосовувати ефективні методи очищення.

Методи очищення шахтних вод включають механічну фільтрацію, хімічну обробку, дезінфекцію, осадження частинок і видалення забруднювачів. Ці методи можуть використовуватися окремо або в комбінації, залежно від якості та складу вихідної води.

4.1 Озонування, ультрафіолетова обробка, зворотній осмос

Озонування - це метод очищення води, який використовує озон (O_3) для видалення забруднень і мікроорганізмів (Рисунок 15). Озон є потужним окислювачем і може ефективно руйнувати органічні та неорганічні забруднювачі у воді

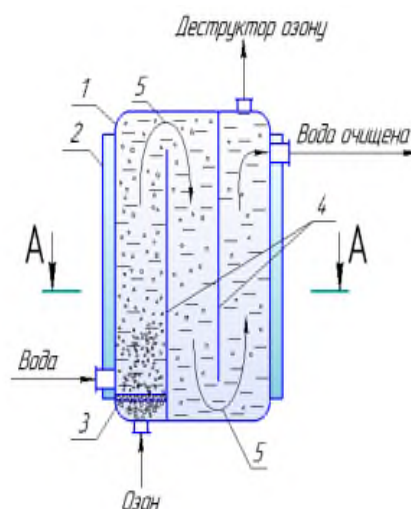


Рисунок 15 – принцип озонування

Озон виробляється шляхом розрядження суміші повітря або кисню. При цьому утворюється газ озон, який потім впорскується у воду для очищення. Озон взаємодіє з органічними та неорганічними забруднювачами у воді, розриваючи їхні молекулярні зв'язки і перетворюючи на менш небезпечні сполуки або осаджуючи їх у вигляді частинок. Озон також має антисептичні властивості і може вбивати бактерії та віруси у воді.

Переваги озонування:

- озон є одним з найпотужніших окислювачів, здатних знищувати широкий спектр забруднювачів;
- озонування зазвичай відбувається швидко, що скорочує час, необхідний для обробки води;
- після обробки озон швидко розкладається, не залишаючи у воді ніяких залишків або вторинних забруднювачів;
- озон ефективно знищує бактерії та віруси;

Недоліки озонування:

- озон може бути неефективним у видаленні деяких органічних забруднювачів, таких як нітрати та деякі хлорорганічні сполуки;
- виробництво озону вимагає енергії та дорогого обладнання;
- у деяких випадках озонування може потребувати додаткових етапів очищення для видалення залишків і поліпшення якості води. Озон є отруйним газом, і його використання вимагає суворих заходів безпеки при поводженні з ним та обслуговуванні обладнання.

Для досягнення питних стандартів при використанні озонування можуть знадобитися додаткові етапи обробки, такі як фільтрація, дезінфекція ультрафіолетовим світлом або додавання хімічних коагулянтів для видалення

залишків озону і забруднюючих речовин. Ефективність обробки озоном залежить від складу і якості вихідної води і може вимагати налаштування процесу відповідно до конкретних умов. Важливо підкреслити, що озонування є потужним методом очищення води, але його ефективність залежить від правильного налаштування та комплексного підходу до очищення води на основі конкретних параметрів і потреб.

Ультрафіолетове (УФ) очищення - це метод очищення води, який використовує ультрафіолетове випромінювання для знищення мікроорганізмів і вірусів у воді (Рисунок 16).

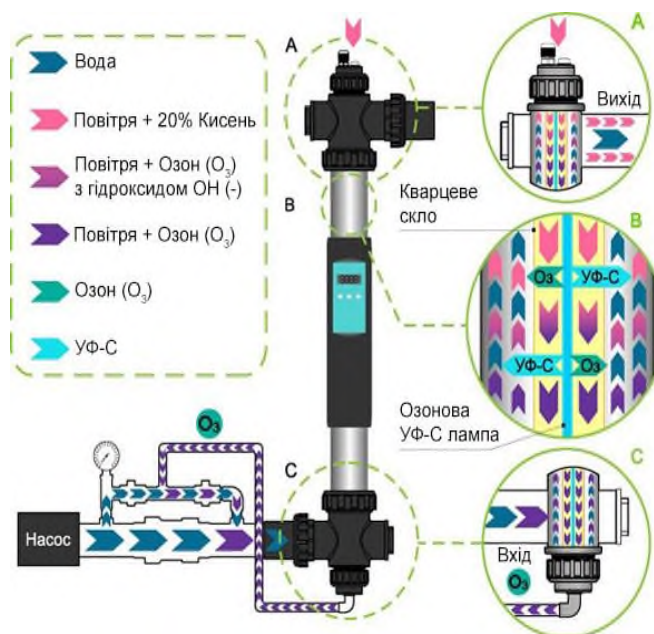


Рисунок 16 – Уф очищення

В процесі ультрафіолетової обробки вода проходить через ультрафіолетову камеру, де вона опромінюється ультрафіолетом з певною довжиною хвилі.

Ультрафіолетове випромінювання пошкоджує генетичний матеріал мікроорганізмів, таких як бактерії, віруси та найпростіші, що робить їх нездатними до розмноження і призводить до загибелі. УФ-обробка не вимагає додавання хімічних речовин і не залишає жодних слідів у воді.

Переваги УФ-обробки:

- ультрафіолетове випромінювання надійно знищує бактерії, віруси та інші патогени;
- цей метод не залишає хімічних залишків, що робить воду безпечною для пиття та екологічно чистою;
- уф-обладнання потребує мінімального обслуговування і не потребує постійного додавання хімікатів.

Недоліки УФ-обробки:

- уф-обробка не видаляє органічні та неорганічні забруднення у воді, такі як хімічні речовини, метали та тверді частинки. Для видалення таких забруднень може знадобитися попередня обробка;
- уф-обробка ефективна лише в чистій і прозорій воді, оскільки каламутність і помутніння можуть ускладнити проникнення УФ-світла у воду;
- ультрафіолетове опромінення обмежене УФ-камерою, тому вода може бути забруднена мікроорганізмами після проходження через УФ-поле.

Для очищення шахтної води до питних стандартів за допомогою УФ-обробки необхідно забезпечити попередню фільтрацію для видалення механічних домішок і поліпшення прозорості води. Потім вода проходить через ультрафіолетову камеру, де знищуються мікроорганізми. Важливо правильно розрахувати дозу ультрафіолетового випромінювання і забезпечити рівномірне опромінення води.

Ультрафіолетову обробку часто використовують у поєднанні з іншими методами очищення води, такими як фільтрація та дезінфекція, щоб забезпечити повну відповідність питним стандартам і гарантувати, що вода безпечна для споживання.

Зворотний осмос - це ефективна і широко поширена технологія очищення води, заснована на фізичному явищі пропускання розчину через напівпроникну мембрану для видалення забруднень(Рисунок 16). Цей процес забезпечує видалення з води бактерій, вірусів, токсинів, солей, твердих частинок та інших забруднень.



Рисунок 17 – Технологія зворотнього осмосу

У зворотному осмосі використовується напівпроникна мембрана, яка пропускає молекули води, але блокує інші речовини на молекулярному рівні. На забруднену воду подається тиск, що змушує її проходити через мембрану, видаляючи забруднювальні речовини і концентруючи їх у відході.

Забруднена вода подається під тиском і проходить через мембрану. Мембрана відокремлює розчинені солі, забруднювальні речовини та мікроорганізми. Очищена вода збирається, а забруднювальні речовини скидаються у вигляді відходів. Зворотний осмос використовується для очищення питної води, води для промисловості, а також для очищення морської води та інших джерел води з високою концентрацією солей.

Переваги методу:

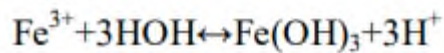
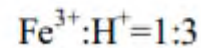
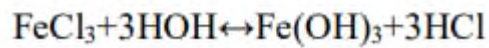
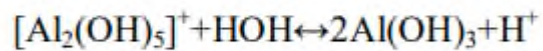
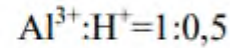
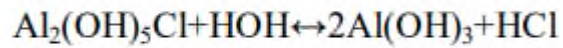
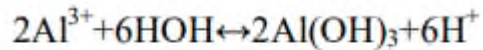
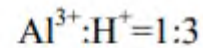
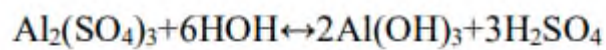
- видаляє практично всі забруднення, включно з солями, бактеріями та вірусами.
- менше використання хімікатів порівняно з іншими методами очищення.

Недоліки методу:

- процес зворотного осмосу вимагає великої кількості води, оскільки через мембрану пройде тільки частина, а решта стане відходами.
- для того щоб процес був ефективним, необхідна наявність тиску.[5]

4.2 Використання хімічних коагулянтів та фільтрації

Коагуляція використовується для очищення природних і промислових стічних вод переважно від забруднюючих речовин, що знаходяться в колоїдному завислому стані. Суть її полягає в тому, що у воду додають речовини - коагулянти. Найпоширенішими є солі алюмінію і солі заліза, а також їх суміші, але можуть використовуватися і солі інших багатозарядних катіонів - магнію, титану. Коагулянти - це солі сильних кислот і слабких основ. Вони гідролізуються з утворенням солей, гідроксидів, які мають розвинену поверхню і які сорбують на ній різні домішки. У цьому процесі частинки укрупнюються (коагулюють) і випадають в осад разом з колоїдними і зваженими речовинами. Гідроліз сульфату алюмінію, гідроксохлориду алюмінію і хлориду заліза хлориду заліза можна представити як сумарні реакції:



Використання хімічних коагулянтів і фільтрації є ефективним методом очищення шахтних вод до питних стандартів. Цей метод включає два основні етапи: хімічну коагуляцію і подальшу фільтрацію (Рисунок 18). Нижче наведені деталі методу, його переваги та недоліки:

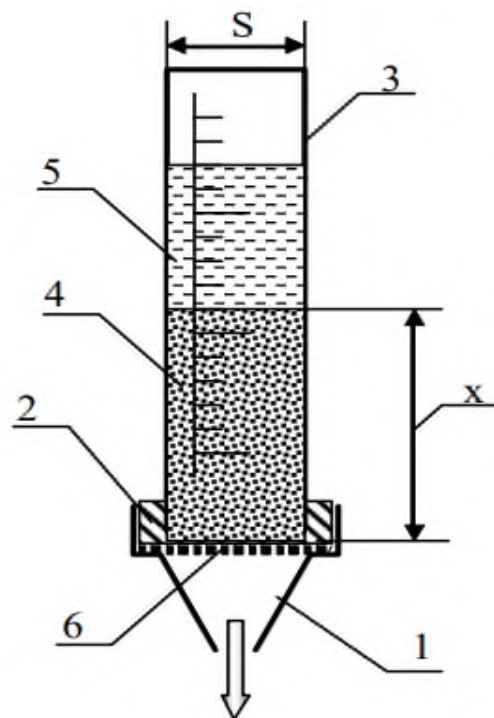


Рисунок — Пристрій для дослідження процесу фільтрації

1. Конічний збірник очищеної води.
2. Перехідник.
3. Скляний циліндричний стакан.
4. Зернистий шар (фільтрувальний матеріал).
5. Водяна суспензія для очищення.
6. Підтримуюча сітка.

Рисунок 18 – Коагуляція принцип дії

На початку процесу до сирієї шахтної води додають хімічні коагулянти, такі як солі алюмінію або солі заліза. Ці коагулянти допомагають згрупувати дрібні частинки і забруднювачі у воді у більші частинки, які називаються флокулянтами. В результаті додавання коагулянтів починається процес флокуляції, де флокулянти утворюють мікроскопічні "пластівці" або флокули, які містять сорбовані частинки забруднень.

Потім вода проходить через фільтри, які механічно видаляють пластівці та залишкові забруднення. Фільтри можуть бути різних типів, включаючи піщані, мембранні та інші.

Переваги методу хімічної коагуляції та фільтрації:

- цей метод очищення є високоефективним для видалення багатьох типів забруднень, включаючи зважені речовини, органічні речовини та мікроорганізми;
- використання хімічних коагулянтів і фільтрів зазвичай є простим і надійним способом очищення води, який можна адаптувати до різних умов;
- цей метод можна легко масштабувати для обробки великих обсягів води, що робить його придатним для водоочисних станцій різних розмірів;
- процес коагуляції та фільтрації також може покращити колір і смак води, видаляючи органічні сполуки, які можуть впливати на якість води.

Недоліки методу хімічної коагуляції та фільтрації:

- використання хімічних коагулянтів та обслуговування фільтрів може бути дорогим з точки зору обладнання та хімікатів;
- необхідне управління осадом і утилізація відходів, що може збільшити операційні витрати і потребу в додаткових системах.
- деякі типи забруднювачів, такі як розчинені солі, можуть бути менш ефективно видалені цим методом;

- процес вимагає певної якості води для ефективної коагуляції та фільтрації.

Щоб забезпечити відповідність шахтної води стандартам питної води, важливо правильно налаштувати процеси коагуляції та фільтрації відповідно до конкретних характеристик води та нормативних вимог. [5]

4.3 Комбіновані методи очищення для досягнення питних стандартів

Комбіновані методи очищення шахтних вод - це інтеграція декількох різних технологій і методів для забезпечення більш ефективного очищення води і досягнення стандартів питної води. Такі комбіновані системи можуть включати різні комбінації механічних, фізичних, хімічних і біологічних методів очищення. Ось деякі з основних методів, які можна комбінувати для очищення шахтних вод

Попередня фізична фільтрація і хлорування - використання фізичної фільтрації для видалення твердих частинок і великих забруднень з подальшим хлоруванням для знезараження води шляхом знищення бактерій і вірусів. Таке поєднання методів ефективно очищає воду від різних типів забруднень.

Флотація та активоване вугілля - використання флотації для видалення маслянистих речовин і плаваючих забруднень, а потім пропускання очищеної води через шар активованого вугілля для видалення хімічних речовин і органічних сполук. Таке поєднання методів допомагає досягти якісного очищення води від різних забруднень.

Ультрафільтрація та надвисокий тиск (зворотний осмос - RO) - використання ультрафільтрації для видалення бактерій, вірусів і великих молекул, а потім пропускання очищеної води через систему зворотного осмосу для видалення розчинених солей і хімічних речовин. Ця комбінація методів забезпечує високу якість води для питного або промислового використання.

Адсорбція та фотокаталіз - використання адсорбції на поверхні спеціальних матеріалів для видалення органічних сполук і хімічних речовин, а потім використання фотокаталізу для розкладання залишкових забруднень під впливом світла. Ця комбінація методів ефективна для очищення широкого спектру забруднень.

Переваги комбінованих методів очищення:

- інтеграція різних методів дозволяє підвищити ефективність видалення різноманітних забруднень у воді;
- комбіновані системи можуть бути адаптовані до різних якостей і характеристик води;
- методи можна комбінувати для задоволення конкретних потреб і стандартів якості води.

Недоліки комбінованих методів очищення:

- впровадження та обслуговування комбінованих систем може вимагати значних витрат на обладнання та реагенти.
- необхідне ефективне управління та контроль різних етапів очищення.
- проектування і налагодження комбінованих систем вимагає знань і досвіду в галузі водопідготовки.

Загалом, комбіновані методи очищення шахтних вод забезпечують вищий ступінь очищення і підходять для підготовки води до питних стандартів, але вимагають грамотного проектування і управління для досягнення оптимальних результатів.

5 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД

Розпочати розробку технології очищення шахтних вод - важливе і водночас захоплююче завдання. В умовах сучасного світу, де питання екології та використання природних ресурсів стає все більш актуальним, розробка ефективних методів очищення водних джерел є великою науково-технічною проблемою шахтних вод, насичені різними забруднювачами, створюють серйозні проблеми для збереження якості водних ресурсів і забезпечення стабільності екосистем. Очищення цих вод потребує вдосконалення технологій та впровадження інноваційних підходів.

У цьому процесі важливим етапом є вивчення та аналіз існуючих методів очищення, а також визначення їх ефективності в конкретних умовах гірничодобувного виробництва. Це зумовлює розробку оптимальної технології, яка забезпечить не тільки високий рівень очищення, але й врахує економічні та екологічні аспекти.

5.1 Аналіз шахтної води м.Покровськ

Об'єктом дослідження були обрані шахтні води вугледобувних підприємств "Селидіввугілля" та "Шахтоуправління Покровське», ". У (таблиці 3). наведено фактичні середньорічні концентрації основних забруднюючих речовин у шахтних водах. Основними хімічними інгредієнтами шахтних вод є сульфати і хлориди, які складають 50-70% від загального сухого залишку. Вміст сульфатів у шахтних водах коливається від 384 до 1732 мг/дм³, хлоридів - 367-14800 мг/дм³, 367-14800 мг/дм³, загальна жорсткість води 24,2 ммоль/дм³, рН води коливається 6,9-8,7.

Взважені речовини в шахтній воді вказують на загальну масу розчинених твердих речовин у воді. Сюди входять різні тверді речовини, такі як мінерали, солі металів, бактерії, органічні речовини, частинки ґрунту та інші домішки, які можуть бути у воді. Сухий залишок у шахтній воді - це маса твердих речовин, які залишаються після випаровування води з водного зразка. Він вимірюється в мг/л (міліграмах на літр) або частках на мільйон (ppm).

Таблиця 3 - Фактичні середньорічні концентрації забруднювальних речовин у шахтних вод шахт ДХК "Селидіввугілля" та Шахтоуправління «Покровське»[6]

Найменування підприємства	Вміст основних забруднювальних речовин, мг/дм ³				
	Взваж. р-н	Хлориди	Сульфати	Залізо	Сухий залишок
<i>Шахти ДХК "Селидіввугілля":</i>					
Шахта "Україна"	20	467	1732	3,62	3426
Шахта "№ 1-3 Новогродівська"	7,5	554	1395	н/д	3460
Шахта №2 "Новогродівська"	12,5	401	1378	н/д	4225
<i>Шахтоуправління «Покровське»:</i>					
Ш. «Західно-Донбаська»	80	14800	408	0,1	24948
Ш. «Красноармійська-Західна № 1»	211	1500	384	0,3	2330
Ш. «Тернівська»	156	3600	400	0,11	4700

Таблиця 4. - Стандарти якості води для централізованих і нецентралізованих систем питного водопостачання[6]

Назва показника	Одиниці вимірювання	Норматив, не більше ніж	
		Вода систем централізованого питного водопостачання	Вода нецентралізованого питного водопостачання (нефасована, фасована)
Водневий показник (рН)	Одиниці рН	6,5—8,5	6,5—8,5
Сухий залишок	мг/дм ³	1000	1000, 200—500
Жорсткість загальна	ммоль/дм ³	7	1,5—7
Сульфати	мг/дм ³	250	150
Хлориди	мг/дм ³	250	150
Залізо загальне (Fe)	мг/дм ³	0,2	Відсутність

З (таблиці 3), було взято об'єкт дослідження - шахта «Красноармійська-Західна № 1» для порівняння зі стандартними значеннями якості води з (таблиці 4).

Таблиця 5. Порівняння значень шахт зі стандартами

Найменування	Шахта «Красноармійська- Західна № 1»	Стандарти якості	Результат
Водневий показник	7,8	6,5 - 8,5	Відповідає стандартам
Сухий залишок	2330	200 - 1000	Не відповідає стандартам
Загальна твердість	24,2	1,5 - 7	Не відповідає стандартам
Сульфати	384	150 - 250	Не відповідає стандартам
Хлориди	1500	150 - 250	Не відповідає стандартам
Залізо загальне	0,3	0,2	Не відповідає стандартам

Виходячи з цих даних, розробили методи очищення та запропонувати конкретну схему очищення шахтних вод, що буде нижче(таблиця 6).

5.2 Вибір оптимального методу очищення шахтних вод

Таблиця 6. Етапи очищення шахтної води

Етап	Метод
1.Видалення крупних порід та зважених часток	-сита -грохоти -відстійники -пісколовки -флотація -осадження
2.Зниження сухого залишку	-гідроциклони осмос -флоакуляція сепаратори -коагуляція -ультрафільтрація - випаровування - зворотний -магнітні -центрифуги - дистиляція
3. Видалення сульфатів і хлоридів	-іонообмінні смоли -електродіаліз
4. Усунення заліза	-Комбіновані фільтри з активованим вугіллям та іншими матеріалами -Окисдування -електрокоагуляція -Фільтрація з використанням піску або магнітних матеріалів
5. Пом'якшення води	-Рідинна пом'якшувальна установка -Електромагнітні антикальціонатори -Твердообмінні процеси

1) етап очищення шахтної води - видалення крупних порід та зважених часток

Шахтна вода подається у верхню частину відстійника далі потрапляє у відсік відстійника, де сповільнює свою швидкість, що сприяє осадженню твердих частинок. Завдяки сповільненню важкі тверді частинки, такі як великі камені, під дією сили тяжіння опускаються на дно відстійника. Чиста вода, яка лише частково містить тверді частинки, виходить з верхньої частини відстійника. Та йде на сіта осад, що осідає на дні відстійника, регулярно видаляється.

Використання процесу ситової фільтрації для видалення великих шматків породи з шахтної води є ефективним методом. Сита - це пристрої з отворами певного розміру, через які пропускається вода і затримуються великі частинки.

Підбирається сито з отворами певного розміру, які пропускають воду, але затримують великі шматки породи. Коли вода проходить крізь сито, шахтна вода спрямовується крізь нього, де великі частинки затримуються на поверхні сітки. Відфільтровані великі шматки породи видаляються з поверхні сита, наприклад, за допомогою лопат або інших механічних засобів. Вода, що пройшла через сито, стає чистішою і готовою до додаткової обробки, наприклад, флотації, фільтрації або інших методів очищення.

До переваг використання сит можна віднести простоту процесу, низькі експлуатаційні витрати і можливість обробки великих обсягів води. Однак важливо зазначити, що сита можуть бути схильні до засмічення, особливо якщо вода містить значну кількість твердих частинок. У таких випадках регулярне очищення сит і контроль процесу стають важливими аспектами ефективної експлуатації.

Вода, що пройшла через сита, подається в контактний резервуар або басейн. У воду можуть додаватися флотаційні реагенти, такі як коагулянти і флокулянти. У воду додають коагулянти, такі як солі алюмінію або залозисті

солі. Ці реагенти утворюють важкі гідроксиди, які об'єднують дрібні частинки у великі згустки (коагуляція). Коагулянт додають у воду і ретельно перемішують. Утворюються важкі частинки, які осідають на дно або утворюють масу, яку можна легко видалити. Флокулянти додаються, щоб допомогти сформувати великі і стійкі флокули з коагульованих частинок. Флокулянт додається після етапу коагуляції. Легкі флокули починають коалесцювати, утворюючи великі агломерати, які можна легко видалити.

- Переваги: ефективно видаляє завислі речовини та каламутність, можна використовувати для очищення великих об'ємів води.
- Обмеження: потребує уваги до правильного дозування коагулянтів і флокулянтів, може вимагати великої площі обладнання.

Метод хімічної коагуляції та флокуляції ефективно використовується для видалення зважених речовин і поліпшення якості води. Ці хімічні речовини допомагають утворювати пластівці або покращують прикріплення бульбашок повітря до твердих частинок, для процесу флоатації.

Бульбашки повітря прикріплюються до твердих частинок, утворюючи пластівці. Ці пластівці або піна піднімаються на поверхню води. З поверхні води плавучі частинки збирають за допомогою спеціальних колекторів. А флокуляційні згустки необхідно видалити з води. Це можна зробити за допомогою відстійників, фільтрів або інших методів сепарації. Коагулянти та флокулянти можна регенерувати або вилучати з води для повторного використання. Частково очищена вода з нижнього шару резервуара використовується для подальшого очищення.

Вибір методу в залежності від потреби якості води(технічна,питна):

- хімічний склад води: Якщо вода містить багато солей, краще використовувати зворотний осмос. Якщо забруднювачі переважно неорганічні, ефективним може бути випаровування або дистиляція;
- потреба в енергії: Випарювання може бути енергоефективним при використанні відпрацьованого тепла, але також потребує енергії для нагрівання;
- економічні фактори: Витрати на обладнання, енергію та технічне обслуговування можуть впливати на економічну вигоду кожного методу.

2) етап – пом'якшення води перед обміном

Для підтримання оптимальної лужності та жорсткості та для розгрузки іонообмінної колони. Пом'якшувач рідини використовує хімічні розчини для зменшення вмісту кальцію та магнію у воді, що призводить до зниження її жорсткості. Вода подається в спеціальний бак, куди додаються хімічні реагенти, зазвичай збагачені натрієм або калієм. Ці хімічні речовини реагують з кальцієм і магнієм у воді, утворюючи інші розчинні солі, які можна легко видалити або відфільтрувати.

- Переваги: Зменшує жорсткість води, що може призвести до покращення якості води та запобігання утворенню накипу у водопровідних системах.
- Обмеження: Потребує постійного моніторингу та дозування хімікатів, може змінити хімічний склад води.

3) етап очищення шахтної води – зниження сухого залишку хлоридів та сульфатів.

Спочатку зменшення сухого залишку може допомогти у видаленні мінеральних солей та інших розчинених речовин.

Іонообмінні смоли мають специфічні заряди, зазвичай катіонні або аніонні. Під час іонного обміну сульфати та хлориди у воді замінюються іонами на смолі. Таким чином, іони забруднюючих речовин затримуються на смолі, а чиста вода проходить далі. Вода прокачується через просмолену колону або резервуар, де відбувається іонний обмін. Коли смоли насичуються іонами забруднюючих речовин, їх необхідно регенерувати, тобто видалити відфільтровані іони і відновити іонообмінну здатність.

Для регенерації катіонітів (які видаляють катіони, такі як кальцій і магній) використовується розчин кислоти (наприклад, соляної). Для регенерації аніонних смол (які видаляють аніони, такі як сульфати і хлориди) застосовують розчин лугу (наприклад, гідроксид натрію або калію). Після регенерації смоли слід промити водою, щоб видалити залишки регенераційних розчинів і підготувати їх до нового циклу іонного обміну.

- Переваги: ефективно видаляє сульфати і хлориди; використовується для зменшення жорсткості води.
- Обмеження: потребує системи регенерації, яка може потребувати хімічних реагентів та додаткового обладнання; може бути чутливим до високої концентрації інших іонів у воді. Цей метод досить поширений у водопостачанні і може ефективно очищати воду від сульфатів і хлоридів, що робить його важливим для очищення шахтних вод.

4) етап очищення - усунення заліза

Після видалення сульфатів і хлоридів слідує усунення заліза для забезпечення чистоти води. Комбіновані фільтри зазвичай містять активоване вугілля, антрацит та інші матеріали для видалення заліза з води. Активоване вугілля ефективно адсорбує органічні речовини і видаляє надлишок хімічних сполук, тоді як антрацит відфільтровує частинки заліза та інші тверді частинки. Вода проходить через фільтруючий шар, що складається з активованого вугілля та антрациту. Активоване вугілля адсорбує органічні

речовини, змінюючи їх хімічну структуру і зменшуючи їх концентрацію у воді.

Антрацит фільтрує тверді речовини, такі як залізо та марганець, видаляючи їх з води. Коли фільтруючий шар насичується забруднюючими речовинами, його можна регенерувати.

Регенерація може включати промивання фільтруючого матеріалу або додавання регенеруючих хімічних речовин для видалення забруднень.

- Переваги: ефективно видаляє залізо та органічні забруднення; може використовуватися для покращення запаху та смаку води.
- Недоліки: потребує регулярного обслуговування і може бути чутливим до високих концентрацій інших забруднювачів. Метод комбінованих фільтрів з активованим вугіллям та іншими матеріалами є ефективним засобом видалення заліза і поліпшення якості шахтної води.

5) етап – для повного очищення води

Завершальний етапом буде зворотний осмос використовує напівпроникну мембрану для фільтрації солей та інших забруднювачів з води. Процес заснований на принципі пропускання тільки чистої води через мембрану, залишаючи солі та забруднення позаду.

- Переваги: ефективне видалення різних забруднень, включаючи солі та важкі метали. Низьке енергоспоживання порівняно з деякими іншими методами.
- Недоліки: потребує обслуговування дорогої мембрани. Процес може бути більш ефективним при очищенні води з високим вмістом солей.

Дистиляція передбачає кип'ятіння води, а потім конденсацію пари для отримання дистильованої води. Забруднювачі залишаються в рідкій фазі.

- Переваги: дуже ефективний для видалення багатьох забруднень, особливо тих, які не переходять у парову фазу під час кипіння.

- Недоліки: потребує значної кількості енергії для кип'ятіння. Може бути неефективним для певних типів забруднень.

Випарювання полягає в нагріванні води, а потім випаровуванні чистої води, залишаючи солі та інші забруднення.

- Переваги: може бути ефективним для видалення солей та інших неорганічних забруднень. Може бути енергоефективним завдяки використанню відпрацьованого тепла.
- Недоліки: залежно від складу води, процес може потребувати високих температур, що вимагає значної кількості енергії.

Виходячи з цієї інформації про методи очищення шахтних вод і беручи до уваги стандарти якості води для питного водопостачання, можна зробити висновок, що загальною метою цих методів є забезпечення водою, яка відповідає встановленим стандартам якості і може бути використана для пиття та інших побутових потреб. Ефективне впровадження цих методів може сприяти поліпшенню екологічної та санітарно-гігієнічної ситуації в регіонах, де є шахти і водопроводи. Нижче наведені схеми та розрахунки обладнання для цих методів очищення.

5.3. Апаратурне оформлення процесу

Шахтні води відіграють ключову роль у системі водопостачання Покровської МТГ. Обсяг водопостачання становить значні 11,65 тис. м³ (а на годину 485 м³) на добу і використовується для різних потреб, включаючи питні, промислові та комунальні. Це важливе джерело води для міського населення та промислових потреб.

Шахтні води, що скидаються шахтами, відіграють значну роль у системі водопостачання і повинні ефективно очищатися відповідно до встановлених стандартів. Для прикладу - Шахта "Україна" (ДП "Селидіввугілля") та Шахта "Західно-Донбаська" (шахтоуправління "Покровське") скидають значні обсяги води - відповідно 4,297 млн. м³ та 4,029 млн. м³. Нижче розглянута принципова схема методів та етапів очищення вод(Рисунок 19).

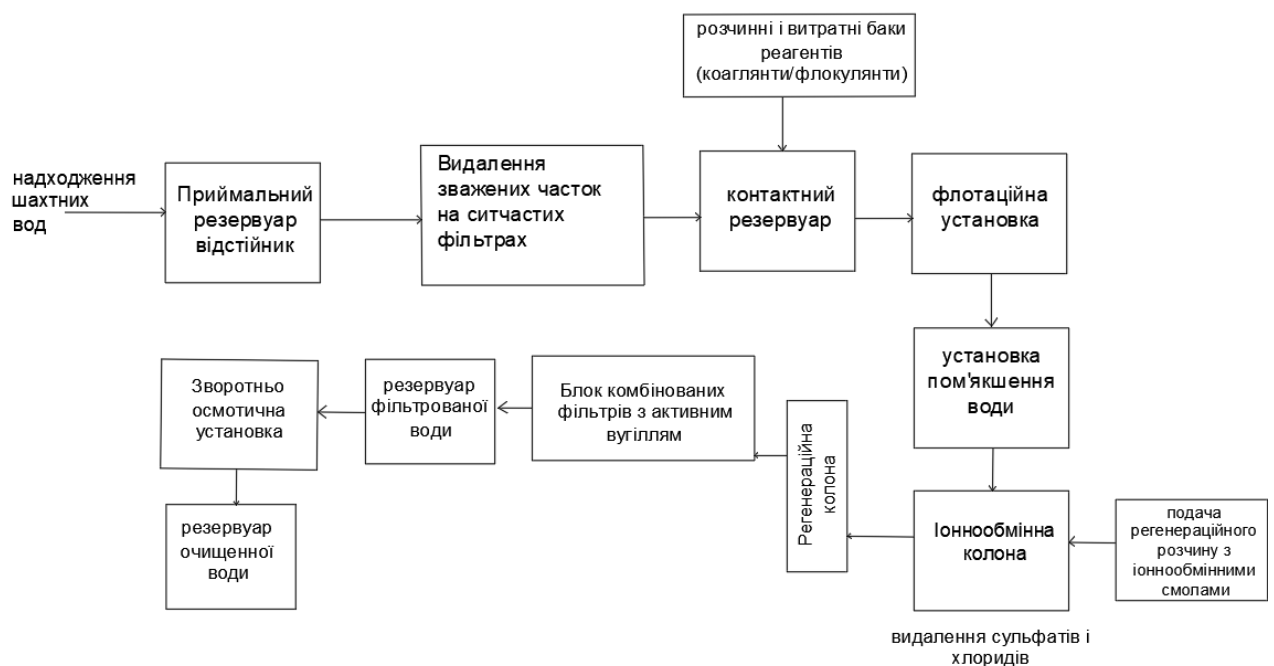
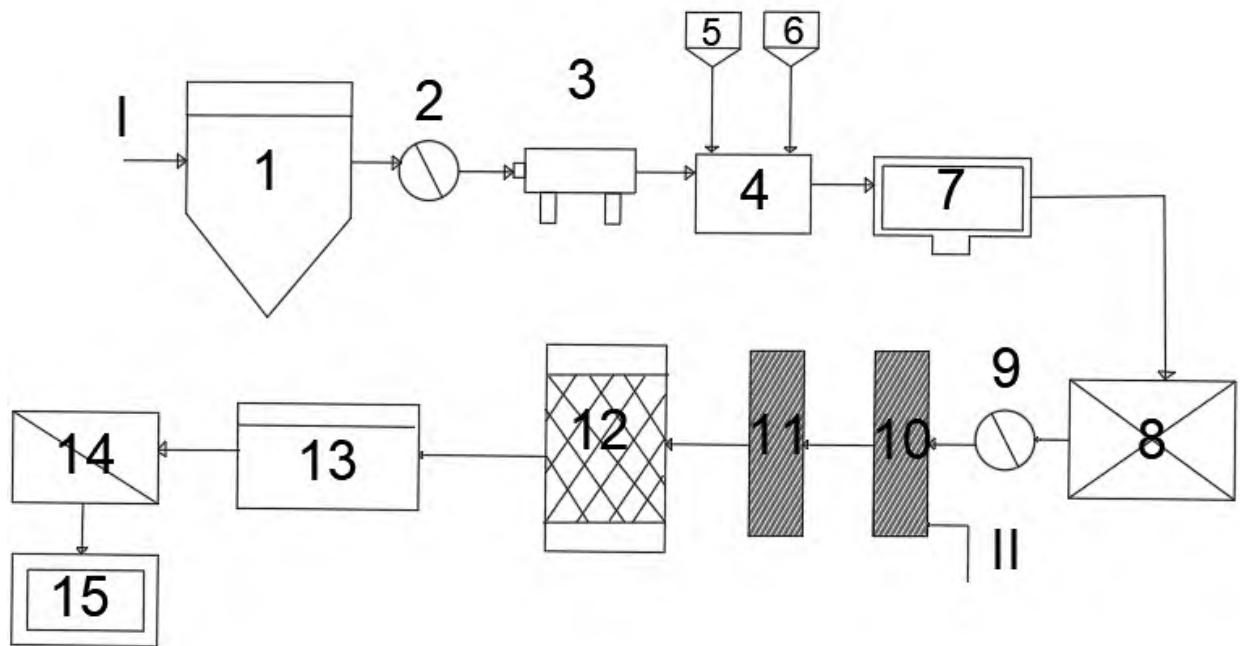


Рисунок 19 – описова схема очищення шахтної води

Більш детально описано та розглянуто з використанням апаратів та установок, принципова технологічна схема методів очищення води(Рисунок 20).



1 – приймальний резервуар-відстійник; 2, 9 - насоси; 3 - ситчасті фільтри; 4 - контактний резервуар; 5,6 - розчинні і витратні баки реагентів; 7- флотаційна установка; 8-установка пом'якшення води 10 - іоннообмінна колона; 11 - регенераційна колона; 12 – блок комбінованих фільтрів ; 13 - резервуар очищеної пом'якшеної води. 14 - зворотньоосмотична установка; 15 – резервуар очищеної води; I - надходження шахтних вод; II - подача регенераційного розчину з іоннообмінними смолами;

Рисунок 20 – принципова технологічна схема очищення шахтної води

Забруднена стічна шахтна вода надходить до приймального резервуару-відстійника (1), там затримується невелика кількість забруднених речовин, що впливають на поверхню. Після чого за допомогою насоса (2) подається до ситчастого фільтру (3), де відбувається видалення крупних порід та зважених частинок.

Розчинні та витратні баки реагентів (5,6) використовуються для додавання хімічних реагентів у стічну воду з метою поліпшення процесів фільтрації та видалення забруднень. Ці реагенти можуть включати коагулянти,

флокулянти та інші хімічні речовини, які допомагають утворювати великі флоки чи групи частинок, що полегшує їх видалення під час фільтрації. Контактний резервуар (4) використовується для забезпечення необхідного часу для взаємодії стічної води із доданими реагентами. Цей резервуар дозволяє реагентам належним чином реагувати з забрудненнями, що допомагає в їх ефективному видаленні під час подальшого оброблення. У схемі приведено використання флотаційної установки (7), що використовується для проведення процесу флотації, де повітря введено в стічну воду для утворення мікроскопічних бульбашок. Ці бульбашки прикріплюються до забруднень, роблячи їх менш щільними і допомагаючи їм піднятися на поверхню води.

Наступним чином воду направляють до установки пом'якшення води це робиться для розвантаження іоннообмінної колони (8) Процес пом'якшення може включати видалення інших розчинених солей та мінералів, що сприяє поліпшенню якості обробленої води і забезпеченню відповідності вимогам для конкретного використання. (9). Далі вода насосом

Щодо видалення іонів сульфатів і хлоридів із шахтової води, використовуються іоннообмінні смоли, які подаються до іоннообмінної колони (10). У цій колоні іони сульфатів і хлоридів у воді видаляються за рахунок інших речовин у смолах. Після того, як іоннообмінна смола втрачає свою ефективність, її регенерують, подаючи регенераційний розчин до регенераційної колони. (11) Далі рідина направляється до блоку комбінованих фільтрів з активним вугіллям (12). Метод комбінованих фільтрів з сухим завантаженням за допомогою блоків швидких фільтрів є ефективним способом усунення заліза з води. Вода прокачується через ці фільтри і проходить через фільтруючі матеріали. Залізо та інші забруднення взаємодіють із завантаженими матеріалами і утворюють відстій, який залишається на поверхні фільтру.

Ця вода перекачується до резервуару очищеної пом'якшеної води(13), після чого додатково використовують зворотньоосмотичну установку (14) для зниження сухого залишку у воді шляхом проходження її через мембрани, які відокремлюють різні речовини і дозволяють лише воді пройти через них, залишаючи за собою розчинені солі та інші домішки. Цей процес допомагає отримати воду високої чистоти, оскільки він виключає багато забруднюючих речовин.

Після проходження останнього етапу в зворотньоосмотичній установці, очищена вода направляється до резервуару очищеної води (15). У цьому резервуарі вода може піддаватися подальшому контролю якості та забезпечувати відповідні стандарти для використання, подаватися споживачу.

Після процесу очищення, описаного вище, вода проходить кілька етапів для видалення різних типів домішок і стає чистою для використання у технічних цілях та навіть питних.

Вони також гарантують, що шахтна вода, буде використовувати у системі водопостачання Покровської МГТ, вона відповідає встановленим стандартам якості. Процеси очищення та підготовки забезпечують безпечне та ефективне використання цього важливого ресурсу для різних потреб міста.

5.4. Розрахунки обладнання

Розрахунок відстійника

Тип відстійників слід вибирати з урахуванням продуктивності очисних споруд, а саме: до 20000 м³/добу - вертикальні, понад 15000 м³/добу - горизонтальні; понад 20000 м³/добу - радіальні; до 30000 м³/добу - відстійники-декомпозитори; до 10000 м³/добу - двоярусні.

Для своїх потреб вибрали і розрахуємо вертикальний відстійник

Приймемо такі дані : витрата стічних вод $Q_d = 11650 \text{ м}^3/\text{д}$; коефіцієнт погодинної не рівномірності $K_n = 1,5$; вміст завислих речовин у воді 250 мг/дм^3 ; необхідний коефіцієнт освітлення $\varepsilon = 45\%$; коефіцієнт $K = 0,3$; швидкість руху води в центральній трубі $V_{\text{тр}} = 18 \text{ мм/с}$; густина осаду $\rho = 1,2 \text{ т/м}^3$, вологість його $P = 94\%$.

Розрахунок

1) Середні секундні витрати на відстійник

$$Q_c = Q_d / (24 \cdot 3600) = 11650 / (24 \cdot 3600) = 0,134 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2) Максимальні секундні витрати з коефіцієнтом нерівності

$$Q_{c \text{ макс}} = Q_n \cdot K_n = 0,134 \cdot 1,5 = 0,201 \text{ м}^3/\text{с}.$$

3) Приймемо висоту зони осаджування $H_1 = 3,2 \text{ м}$.

4) При середній місячній температурі стічних вод 15°C коефіцієнт $\alpha = 1,5$, тоді $(KH_1/h)^n = 1,21$ [7]

5) Для забезпечення ефекту освітлення води $\varepsilon = 45\%$ тривалість відстоювання $t = 350 \text{ с}$ при $\rho = 0,25$ [7].

6) Гідравлічна крупність частинок зависі

$$U_0 = \frac{1000KH_1}{at(\frac{KH_1}{h})} = \frac{1000 \cdot 0,3 \cdot 3,2}{1,5 \cdot 350 \cdot 1,21} = 1,51 \text{ мм/с}.$$

7) Приймемо 6 секцій відстійника. Площа однієї секції

$$F_c = Q_{c \text{ макс}} / nKU_0 + Q_{c \text{ макс}} / nV_{\text{тр}} = 0,201 / (6 \cdot 0,3 \cdot 0,00151) + 0,201 / (6 \cdot 0,018) = 75,811 \text{ м}^2, \text{ (друго складова, площа центральної трубки } f_{\text{ц.тр.}}).$$

$$8) \text{ Діаметр секції } D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{4 \cdot 75,811 / 3,14} = 9,83 \text{ м}.$$

9) Діаметр центральної труби

$$D_{ц.тр.} = \sqrt{\frac{4f_{ц.тр.}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,55}{3,14}} = 0,84 \text{ м.}$$

Тоді діаметр розтруба $d_p = d_{ц.тр} \cdot 1,35 = 0,84 \cdot 1,35 = 1,134 \text{ м.}$

10) Висота щілини $h_{щ}$ між нижньою кромкою центральної трубки і поверхнею відбивного щита при швидкості руху в ній $V_{щ} = 0,02 \text{ м/с}$ [7].

$$h_{щ} = Q_{с макс} / n \pi d_p V_{щ} = 0,201 / (6 \cdot 3,14 \cdot 1,134 \cdot 0,02) = 0,47 \text{ м.}$$

11) Візьмемо висоту шару [7] між низом відбивного щита і поверхнею осаду $h_{ос} = 0,3 \text{ м.}$ Загальна висота циліндричної частини при висоті борту відстійника $h_{борт} = 0,5 \text{ м.}$

$$H_{ц} = H_1 + h_{щ} + h_{ос} + h_{борт} = 3,2 + 0,47 + 0,3 + 0,5 = 4,47 \text{ м.}$$

12) Прийmemo кут нахилу стінок конусної частини до горизонту 55° . Тоді висота конусної частини

$$h_k = D \cdot \sqrt{3}/2 = 9,83 \cdot \sqrt{3}/2 = 8,51 \text{ м.}$$

13) Об'єм конусної частини

$$V_{кон} = \frac{1}{3} \pi R^2 h_k;$$

$$V_{кон} = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot \frac{9,83^2}{2} \cdot 6,3 = 159 \text{ м}^3.$$

14) Маса затриманого осаду за добу

$$M = C_{п} \cdot \epsilon \cdot K \cdot Q_d / 10^6 = 250 \cdot 0,45 \cdot 1,2 \cdot 11650 / 10^6 = 1,57 \text{ т.}$$

15) Об'єм уловлюваного осаду всіма секціями відстійника

$$W = \frac{100M}{(100-P)p} = \frac{100 \cdot 1,57}{(100-94) \cdot 1,2} = 21,8 \text{ м}^3/\text{д.}$$

16) Осаджувальна частина відстійників буде заповнюватися осадом

$$t = n \cdot V_{кон} / W = 6 \cdot 159 / 21 = 45 \text{ діб.}$$

Для того щоб осад не гнив його необхідно вивантажувати не рідше ніж одного разу за дві доби[7]

Розрахунок сит

Типи сит:

- статичні сита - фіксовані сита без рухомих частин;
- вібраційні сита - використовують вібрацію для поліпшення процесу фільтрації;
- ротаційні сита - обертаються для більш ефективного очищення.

Оберемо статичні сита.

1) Для розрахунок розміру отвору сита використаємо Критерій Рейнольдса. Маючи такі дані: розмір частинок $d = 0,053$ м. швидкість руху води $v = 0,7$ м/с; в'язкість води $\mu = 0,001$ Па·с; густина води $\rho = 1000$ кг/м³.

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} = \frac{1000 \cdot 0,7 \cdot 0,053}{0,001} = 37100$$

Для частинок, які рухаються турбулентно, $Re > 2000$. Отже, можна використовувати формулу Шарца-Гейслера.

де k - константа (зазвичай приймається як 0.6 для круглих отворів).

$$d_c = k \times \frac{\mu}{(\rho \times g)^{0,5}} \cdot Re^{-0,25} = \frac{0,001}{(1000 \cdot 9,8)^{0,5}} \cdot 37100 \approx 0,119$$

Отже, можна вибрати розмір отвору для сітки $d = 0,120$ м.

2) Швидкість фільтрації (V) визначається відношенням об'єму води, що проходить через сито, до розміру отворів. V_f - швидкість фільтрації (м/год),

Q - об'єм вхідної води (м³/год), A - площа поверхні сітки (м²).

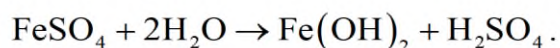
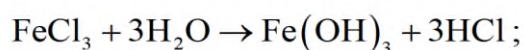
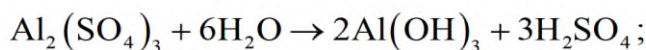
$$V_f = \frac{Q}{A} = \frac{485}{4} = 121,25 \text{ м/год.}$$

Виходячи з цих даних приймаємо кількість сит – 1 .

Розрахунок коагулянту та флокулянту

Коагуляція передбачає додавання в стічну воду реагенту (коагулянту), що сприяє швидкому виділенню з неї дрібних зважених і колоїдних речовин, які не осідають під час простого відстоювання або фільтрування.

При введенні в стічні води мінеральних коагулянтів (солей алюмінію і заліза) в результаті реакції гідролізу утворюються погано розчинні у воді гідроксиди заліза та алюмінію, які адсорбують завислі тонкодисперсні та колоїдні речовини на поверхні розвиненої пластини і за сприятливих гідродинамічних умов осідають на дно відстійника, утворюючи осад.



1) Розрахунок дози коагулянту

$C_{\text{коаг}} = \frac{M_{\text{коаг}}}{Q} = \frac{2500\text{мг}}{485\text{л}} = 5 \text{ мг /л}$, концентрація коагулянту в розчині повина бути 5 мг/л. C - концентрація коагулянту в розчині (мг/л або інша одиниця виміру), M - маса коагулянту (мг або інша одиниця виміру) для розрахунку дози флокулянта, використаємо формулу, подібну до розрахунку коагулянту, V - об'єм води, до якого додається коагулянт (л або інша одиниця виміру).

Розрахунок Осмосу

1) Розрахунок проходу рідини через мембрани

$$J = \frac{\Delta P \cdot A}{\mu \cdot (c_1 - c_2)} = \frac{15 \cdot 500}{1,3 \cdot (22 - 5)} = 339,36 \text{ л/год}$$

J - потік води через мембрани (л/год),

ΔP - тиск (атмосфери),

A - площа мембрани (м^2),

μ - осмотична провідність мембрани ($\text{л/год} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{атм}$),

c_1 і c_2 - концентрації солей до та після проходження мембран (г/л).

2) Розрахунок видалення солей

$$R = \frac{c_1 - c_2}{c_1} \cdot 100\% \frac{35 - 5}{35} \cdot 100 = 86\%$$

R - ефективність видалення солей (%)

3) Розрахунок продуктивності

$$J \times 24 = 339,36 \times 24 = 8145 \text{ л/добу}$$

Розрахунок іонного обміну

1) При першому етапі іонообмінної установки приймається, що Н-катіонні фільтри завантаженні катіонітом КУ-1, повна обмінна ємність $E_{\text{п}}^{\text{к}} = 300$ г-екв/ м^3 . Робоча обмінна ємність розраховується за формулою :

$$E_{\text{р}}^{\text{к}} = a_{\text{к}} \cdot E_{\text{п}}^{\text{к}} - k_{\text{і}} \cdot q_{\text{к}} \cdot \Sigma C^{\text{к}} = 0,85 \cdot 300 - 0,5 \cdot 4 \cdot 17,75 = 219,5 \text{ г-екв/м}^3$$

2) Розрахунок об'єму катіоніту

$$V_{\text{к}} = \frac{t \cdot Q_{\text{д}} (\Sigma C_{\text{п}}^{\text{к}} - \Sigma C_{\text{в}}^{\text{к}})}{24 \cdot n \cdot E_{\text{р}}^{\text{к}}} = \frac{24 \cdot 11650 \cdot (17,25 - 1,2)}{24 \cdot 2 \cdot 219,5} = 425 \text{ м}^3$$

3) Розрахунок площі катіонітових фільтрів

$$F_{\text{к}} = \frac{V_{\text{к}}}{H_{\text{к}}} = \frac{V}{2 \dots 3} = \frac{425}{2} \dots \frac{425}{3} = 212,5 \dots 141,6$$

4) Встановили два робочих і один резервний фільтри діаметром 4 м, площа фільтрування яких дорівнює 6,3 м^2 кожний. Тоді швидкість фільтрування буде

$$V = \frac{Q_{\text{д}}}{F_{\text{к}}} = \frac{11650}{24 \cdot 4 \cdot 6,3} = 19,26 \text{ м/г}$$

5) На другому етапі приймемо аніонітові фільтри АВ-17-8, повна обмінна ємність $E_a^k = 800$ г-екв/м³. Робоча об'ємна ємність:

$$E_p^k = a_k \cdot E_n^k - k_i \cdot q_k \cdot \Sigma C^k = 0,9 \cdot 800 - 0,8 \cdot 4 \cdot 17,75 = 663,2 \text{ г-екв/м}^3$$

6) Розрахунок об'єму аніоніту

$$V_k = \frac{t \cdot Q_d (\Sigma C_n^k - \Sigma C_b^k)}{24 \cdot n \cdot E_p^k} = \frac{24 \cdot 11650 \cdot (17,25 - 1,7)}{24 \cdot 2 \cdot 663,2} = 136,6 \text{ м}^3$$

7) Аналогічно з Н-катіонітовими фільтрами приймаємо два робочих та один резервний аніонітові фільтри діаметром 4 м, перерізом 6,3 м², об'єм засипки 15,7 м³ (при $\dot{I} = 5$ м) кожний.

8) Тривалість роботи кожного фільтра між регенераціями

$$t = \frac{24}{n} - (t_1 + t_2 + t_3) = \frac{24}{2} (0,28 + 1,8 + 3,7) = 9,98 \text{ г}$$

де $t_1 = 0,28$ год – тривалість розташування аніоніту; $t_2 = 1,8$ год – тривалість пропускання регенеруючого розчину, через аніоніт; $t_3 = 3,7$ год – тривалість відмивання аніоніту після регенерації.

9) Загальна площа робочих фільтрів є 12,6 м², визначемо фактичну швидкість фільтрування :

$$V = \frac{Q_{dt}}{24 \cdot F_a \cdot n \cdot t} = \frac{11650 \cdot 24}{24 \cdot 12,6 \cdot 2 \cdot 9,98} = 46,32 \text{ м/ год}$$

Регенерацію катіонів робитимуться 8% розчином сірчаної кислоти, а аніонітів 5% розчином лугу.

Розрахунок для комбінованого вугільного фільтра

Комбіновані вугільні фільтри для видалення заліза з шахтної води - являють собою фільтраційну систему, що містить активоване вугілля, яке є ефективним агентом для видалення органічних і неорганічних забруднень, зокрема заліза.

1) Концентрацію заліза в шахтній воді $C_{\text{нач}} = 0,3$ мг/л; виберемо активоване вугілля для видалення заліза; параметри фільтра, швидкість фільтрації $VF = 55$ м/ч; об'єм фільтрації, расход води $Q = 485$ л/ч, фільтр працює $t = 24$ години

$$VAC = Q \cdot C \cdot t = 485 \cdot 0,3 \cdot 24 = 3492$$

2) Вибір розміру фільтра

$$A = \frac{Q}{VF} = \frac{485}{55} = 8,81,$$

де Q – витрати води, VF - швидкість фільтрації.

3) Знаючи площу перерізу, діаметр фільтра можна знайти, використовуючи формулу для площі кола

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,81}{3,14}} = 3,35 \text{ м.}$$

4) Розрахунок висоти фільтру. Висоту фільтра (H) можна розрахувати, враховуючи об'єм активованого вугілля (VAC) і площу перерізу фільтра (A)

$$H = \frac{VAC}{A} = \frac{3492}{8,81} = 396.$$

5) Розрахунок ефективності фільтрації

Оцінимо ефективність фільтрації порівняно з початковою концентрацією заліза.

$$\text{Ефетивність} = \frac{C_{\text{нач}} - C_{\text{кінц}}}{C_{\text{нач}}} \cdot 100 = \frac{0,3 - 0,014}{0,3} \cdot 100 = 95\%.$$

Розрахунок насосу.

Вибір типу насоса відцентровий, плунжерний, об'ємні, вихрові:

- відцентрові насоси широко використовуються для транспортування води з невеликим вмістом твердих часток;
- плунжерні насоси підходять для високого тиску та точних дозувань;

- об'ємні насоси підходять для перекачування в'язких та агресивних рідин, можуть обробляти тверді частки;
- вихрові насоси ефективно перекачує рідину з твердими частками;

Для нашої системи взяли два насоси 1-й вихровий для подачі ще не обробленої шахтної води до системи, 2-й відцентровий для передання майже очищеної рідини на останні процеси.

1) Розрахунок напору насосу

$$H_1 = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + z_2 - z_1 = \frac{150000}{1000 \cdot 9,8} + \frac{450}{2 \cdot 9,8} + 55 = 89,9 \text{ м.}$$

$$H_2 = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + z_2 - z_1 = \frac{135000}{1000 \cdot 9,8} + \frac{395}{2 \cdot 9,8} + 43 = 76,9 \text{ м}$$

$P_1 - P_2$ - різниця тисків на вході і виході насоса, ρ - густина рідини,

g - прискорення вільного падіння, $v_2^2 - v_1^2$ - різниця квадратів швидкостей на вході і виході насоса, $z_2 - z_1$ - різниця висот на вході і виході насоса. H_1 - вихровий, H_2 - відцентровий

2) Розрахунок коефіцієнта корисної дії

$$\eta = \frac{1,5}{2} = 0,75 = 75\%$$

3) Розрахунок потужності насосу (P), використовуючи формулу:

$$P_1 = \rho Q g H \eta = 1000 \cdot 0,134 \cdot 9,8 \cdot 89,9 \cdot 0,75 = 88542 \text{ Вт}$$

$$P_2 = \rho Q g H \eta = 1000 \cdot 0,134 \cdot 9,8 \cdot 76,9 \cdot 0,75 = 75738 \text{ Вт}$$

де P_1 - вихровий, P_2 - відцентровий

ρ - густина рідини, g - прискорення вільного падіння,

Q - витрата, H - напір, η - ККД насоса.

4) Розрахунок швидкості обертання насоса, використовуючи формулу:

$$N = \frac{Q}{A} = \frac{485}{10,2} = 47,5 \text{ об/с} = 2850 \text{ об/хв (для відцентрового).}$$

$$N = \frac{Q}{A} = \frac{485}{24} = 20 \text{ об/с} = 1200 \text{ об/хв (для вихрового).}$$

де А - площа роботи насоса. [6], [7]

ВИСНОВОК

У магістерській кваліфікаційній роботі були проаналізовані шахтні води м.Покровськ. Приведена їх характеристика, класифікація за походженням і хімічним складом, також проаналізовані фізичні та хімічні властивості шахтних вод, представлені джерела забруднення вод та вплив забруднень на навколишнє середовище.

В цій роботі приведені методи очищення шахтних вод до технічних стандартів, такі як : фізико-хімічні, біологічні, технологія ультрафільтрації, преведені методи очищення вод до питних стандартів : озонування, ультрафіолетова обробка, зворотній осмос, використання хімічних коагулянтів та фільтрації та комбіновані методи очищення.

Розроблено та підібрано метод очищення шахтної води, розроблені блок-схема та технологічна описова схема що описує ступені такі як: відстоювання, фільтрація за допомогою сит, коагулювання та флокулювання, флотація, іонний обмін, усунення заліза та зворотній осмос; етапи що включають : видалення порід та зважених часток, зниження сухого залишку, видалення сульфатів і хлоридів, усунення заліза та пом'якшення води.

Зробленні розрахунки апаратів та устаткування що буде використовуватися для цих методів та схеми очищення шахтної води, що дали змогу підібрати конкретні види, розміри, потужності, концентрації, об'єми та кількість приладів, а саме завдяки ним вибрали : вертикальний відстійник 1шт; сита статичні; доза коагулянту та флокулянту на 485 л води – 5мг; насоси – відцентровий 1шт, вихровий 1шт. Виявлено що за цих етапів очистки води, вода відповідає вимогам для використання в міському водопостачанні.

ПОСИЛАННЯ

1. Физико-химические методы очистки воды. Управление водными ресурсами. Под редакцией И.М. Астрелина и Х. Ратнавиры. Проект «Водная Гармония», 2015, 152 с.
2. Комплексная переработка шахтных вод / А.Т. Пилипенко, И.Т. Гороновский, В.Д. Гребенюк и др; Под. Ред. А.Т. Пилипенко. – К.: Техніка, 1985. – 183 с.
3. Монгайт И. Л., Текиниди К. Д., Николадзе Г. И. Очистка шахтных вод. М., «Недра», 1978, 173 с.
4. Зубова Л.Г., Зубов О.Р. 391 Гідроекологічні проблеми Донбасу: Навчальний посібник /Л.Г.Зубова, О.Р.Зубов. - Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2008. – 100 с.
5. ADAMS, R. & YOUNGER, P.L. 2002. A physically based model of rebound in South Crofty tin mine, Cornwall In: YOUNGER, P.L. & ROBINS, N.S. (eds). Mine Water Hydrogeology and Geochemistry. Geological Society, London, Special Publications, 198 p.
6. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. - Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», - 2002. - 622 с.
7. Природоохоронні технології. Навчальний посібник. Ч.2 : Методи очищення стічних вод / [Петрук В. Г., Северин Л. І., Васильківський І. В., Безвозюк І. І.] – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 254 с.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Електробезпека

Безпосередніми причинами ураження електричним струмом є такі:

- дотик до неізолюваних частин електроустановок, що перебувають під напругою або до ізолюваних частин з пошкодженою ізоляцією;
- дотик до неструмоведучих частин електроустановок або до електрично з'єднаних частин металевих конструкцій, що перебувають під напругою;
- вплив крокової напруги;
- пошкодження електричною дугою.

Тяжкість ураження людини в усіх перелічених випадках визначається величиною струму, що проходить через її тіло. Величина струму, що проходить через людину, у свою чергу, залежить від напруги, під якою перебуває людина, опору людського тіла, опору ізоляції фазних проводів відносно землі, ємнісної складової мережі та конструктивних особливостей мережі електроживлення.

Опір ізоляції проводів і ємність електромережі відносно землі як чинники, що впливають на величину струму через людину. У реальній лінії електропередачі (повітряній або кабельній) опір ізоляції проводів відносно землі (r_{iz}) розподілено по всій довжині ЛЕП - повітряної, підвісної, натяжних ізоляторів, ізоляції кабелю. Що більша довжина лінії електропередачі, то менший загальний опір ізоляції проводів відносно землі проводів відносно землі. Необхідний опір ізоляції регламентується чинними стандартами і відповідно до НПАП 40.1-1.32-01 "Правила улаштування електроустановок". Електрообладнання спеціальних установок" (ПУЕ) має бути не менше 0,5 МОм (1 кОм на вольт напруги). Ізоляція струмоведучих ліній електропередачі виконується з діелектриків, питомий опір яких унаслідок старіння ізоляції з

плином часу, частого зволоження, забруднення, нагрівання, впливу агресивних середовищ тощо зменшується.

Кожна ділянка лінії електропередачі під напругою, крім опору ізоляції, має певну ємність по відношенню до землі. Ємнісна складова струму (С) через людину в разі виникнення напруги в розгалужених мережах може досягати небезпечних для людини значень. Конструктивними особливостями електромережі є кількість фаз і режим нейтралі. Наслідки ураження людини електричним струмом у разі контакту з металевими конструкціями, які перебувають під напругою, залежать від конструктивних особливостей електромережі, а саме кількості фаз і режиму нейтралі - ізольованої або заземленої. Контакт може бути одно- або двополюсним в однофазних мережах або в мережах постійного струму та одно- або двофазним і однофазним або двофазним у трифазних мережах.

1) Визначення сили струму, що протікає через тіло людини у випадку її однофазного дотику до оголеного проводу трифазної мережі з глухозаземленою нейтраллю в нормальному та аварійному режимі роботи.

$$I_{\text{л}} = \frac{3U_{\phi}}{3R_{\text{л}}r_{\text{із}}}, A = \frac{3 \cdot 380}{3 \cdot 1,3 \cdot 300} = 3,75$$

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{т}}}, A = \frac{220}{1,3} = 169$$

Напруга живлячого трансформатора $U = 380/220$ В. $R_{\text{тіла}} - 1,3$ опір тіла людини, кОм; $r_{\text{із}} - 300$ опір ізоляції, кОм.

2) Визначення сили струму, що протікає через тіло людини у випадку її однофазного дотику до струмопровідної частини електроустановки в мережі з ізольованою нейтраллю трансформатора. Оцінка небезпеки таких включень для людини, порівняти отримані значення з допустимими.

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{т}}}, A = \frac{400}{1,8} = 222$$

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{т}}}, A = \frac{400}{1000} = 0,4$$

3) Визначити напругу кроку при переміщенні людини в зоні розтікання струму з напівсферичного заземлювача для різної відстані від заземлювача.

$$\Phi_{кр} = \Phi_x - \Phi_{x+a} = 0,9 - (0,9 + 0,8) = 0,8$$

$$13,4 - (13,4 + 0,8) = 0,8 \quad 2,9 - (2,9 + 0,8) = 0,8$$

$$20,4 - (20,4 + 0,8) = 0,8 \quad 0,9 - (6,9 + 0,8) = 0,8$$

де $a = 0,8$ м – ширина кроку.

Для напівсферичного заземлювача формула потенційної кривої

$$\phi_x = I_3 \cdot \rho / (2 \pi \cdot x) = 180 \cdot 300 / (2 \cdot 3,14) \cdot 6,76 = 1272$$

$$U_k = I \frac{\rho}{2\pi x} - I \frac{\rho}{2\pi(x+a)} = I \frac{\rho \cdot a}{2\pi x(x+a)} = 180 \frac{500}{(2 \cdot 3,14) \cdot 6,76} - 180 \frac{300}{(2 \cdot 3,14) \cdot (6,76 + 0,8)} = 180 \frac{300 \cdot 0,8}{(2 \cdot 3,14) \cdot (6,76 + 0,8)} = 10216206.$$

де ρ – питомий опір ґрунту

Ознайомившись з причиною ураження людини струмом та факторами, які впливають на його наслідки, оцінили тяжкість ураження струмом від ширини кроку.