

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПОПЕРЕДНЬОГО ОЧИЩЕННЯ БУРОВИХ СТІЧНИХ ВОД

Виконав: студент 4 курсу, групи ДЕ-42
спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Автор _____ / Єгор ЄРОШЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ / проф. Олексій КРАЙНЮКОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

«До захисту допущено»

Зав. кафедри _____ / проф. Алла НЕКОС
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтролер _____ / Марина ЩОКІНА
(підпис) (прізвище та ініціали)

Секретар ЕК _____ / Світлана БУРЧЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

Харків – 2023 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ / проф. Алла НЕКОС
підпис ім'я та прізвище

“ 8 ” травня 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Єгору ЄРОШЕНКО
(прізвище, ім'я)

1.Тема роботи Удосконалення технології попереднього очищення бурових стічних вод

керівник роботи Олексій КРАЙНЮКОВ, д-р геогр. наук, проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 3 » квітня 2023 року № 4301-5/646

2. Строк подання студентом роботи 1 травня 2023 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Здійснити характеристику досліджуваної речовини та реагентів.

2. Здійснити характеристику досліджуваної речовини та реагентів.
3. Провести експериментальні дослідження з визначення якості обраного нами метода очистки бурових стічних вод та аналіз результатів.
4. Зробити аналіз отриманих даних про якість очистки вод, надати висновки щодо проведеного експерименту.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Огляд літературних джерел щодо проблеми вуглеводневого забруднення довкілля.
2	Обґрунтування методів та відбір методик проведення дослідження.
3	Здійснення польового відбору проб та лабораторного етапів дослідження очистки бурових
4	Обробка та аналіз результатів досліджень впливу коагулянту на зменшення концентрацій хімічних елементів
5	Формування загальних висновків кваліфікаційної роботи.
6	Оформлення списку літературних джерел згідно встановлених вимог.

5. Дата видачі завдання 08 травня 2022 р.

Студент

підпис

Єгор ЄРОШЕНКО

ім'я, прізвище

Керівник роботи

підпис

проф. Олексій КРАЙНЮКОВ

посада, ім'я, прізвище

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	11
1.1.Основні характеристики стічних вод із рідкої фракції бурового шламу та технології їх попереднього очищення.....	11
1.2.Вимоги до коагулянту. Сульфат заліза (ІІІ).....	14
РОЗДІЛ 2 ПРОЦЕС ФЛОТАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ПОПЕРЕДНЬОГО ОЧИЩЕННЯ НАФТОВМІСНИХ СТІЧНИХ ВОД.....	17
2.1.Процес флотації	17
2.2.Технологія попереднього очищення нафтовмісних стічних вод.....	19
РОЗДІЛ 3 ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТУ.....	22
ВИСНОВКИ.....	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34

АНОТАЦІЯ
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПОПЕРЕДНЬОГО ОЧИЩЕННЯ БУРОВИХ
СТІЧНИХ ВОД
Єгор ЄРОШЕНКО

Кваліфікаційна робота «Удосконалення технології попереднього очищення бурових стічних вод» містить 35 сторінок, 3 розділи, 2 таблиці, 9 рисунків, 12 використаних джерел.

Мета дослідження: удосконалення методу попередньої очистки бурових стічних вод.

Актуальність роботи. Проблема очищення бурових стічних вод є важливою в контексті забезпечення екологічної безпеки та охорони довкілля. При видобутку нафти і газу бурінням використовують значну кількість води, яка потім повертається назад у вигляді стічних вод. Ці води містять шкідливі речовини, такі як нафтопродукти, солянки, важкі метали, які можуть завдати шкоди навколишньому середовищу та здоров'ю людей.

Завдання визначити оптимальні параметри технології попереднього очищення бурових стічних вод, що максимально ефективно зменшать вміст важких металів та інших забруднювачів.

Методи. Статистичні, польові, лабораторні та аналітичні.

Результат. Відібрані стічні води на полігоні біля с. Смирнівка (Харківська обл.), було встановлено наявність концентрацій таких хімічних елементів як Pb, Cr, Cd, Zn, Ni та Нафтопродукти. Після проведення процесу флотації з додавання коагулянту ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) – отримали результат, що концентрація важких металів у стічних водах – значно зменшилась, проте не зникла.

ВАЖКІ МЕТАЛИ, КОАГУЛЯНТ, ПРОЦЕС ФЛОТАЦІЇ, БУРОВІ СТІЧНІ ВОДИ.

ANNOTATION

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF PRE-TREATMENT OF DRILLING
WASTEWATER

Yehor YEROSHENKO

The qualification work "Improving the technology of preliminary treatment of drilling wastewater" contains 35 pages, 3 chapters, 2 tables, 8 figures, 12 used sources.

The purpose of the research: is to improve the method of preliminary treatment of drilling wastewater.

The relevance of the work. the problem of drilling wastewater treatment is important in the context of ensuring environmental safety and environmental protection. During the extraction of oil and gas by drilling, a significant amount of water is used, which is then returned as wastewater. These waters contain harmful substances such as petroleum products, brines, heavy metals and other pollutants that can harm the environment and human health.

The task is to determine the optimal parameters of the pretreatment technology of drilling wastewater, which will reduce the content of heavy metals and other pollutants as effectively as possible.

Methods. statistical, field, laboratory and analytical.

The results. are the collected wastewater at the landfill near the village. Smyrnivka (Kharkiv region), the presence of concentrations of such chemical elements as Pb, Cr, Cd, Zn, Ni and petroleum products was established. After carrying out the flotation process with the addition of a coagulant ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), we obtained the result that the concentration of heavy metals in wastewater significantly decreased, but did not disappear.

HEAVY METALS, COAGULANT, FLOTATION PROCESS, DRILLING
WASTEWATER

ВСТУП

У сучасних умовах екологічна проблематика є однією з найбільш актуальних та нагальних проблем. Відходи виробництва, зокрема стічні води, мають великий негативний вплив на довкілля та здоров'я людини. Бурові стічні води, що утворюються під час видобутку нафти, містять різні хімічні речовини, які можуть бути шкідливі для природного середовища та людини. Тому, вирішення проблеми очищення бурових стічних вод від стійких забруднювачів має велике значення для збереження екологічної безпеки в регіонах, де здійснюється видобуток нафти. Одним з ефективних методів очищення є технологія попереднього очищення стічних вод. У даній роботі буде розглянуто удосконалення технології попереднього очищення бурових стічних вод з метою зменшення їх впливу на довкілля та покращення екологічної ситуації в регіоні.

Очищення бурових стічних вод є важливою складовою екологічного підходу до виробництва нафти. На жаль, на сьогоднішній день існують проблеми з ефективністю інженерних систем очищення, які не забезпечують повного видалення забруднюючих речовин зі стічних вод. Тому, розробка нових технологій, які забезпечують максимальну ефективність очищення, має велике значення для збереження природних ресурсів та забезпечення сталого розвитку.

Одним з підходів до вирішення проблеми є використання коагулянтів, зокрема сульфату заліза (III), який вже довгий час використовується в процесі очищення стічних вод. Однак, для досягнення максимальної ефективності потрібно оптимізувати процес введення коагулянту та вибір оптимальних параметрів. Для цього можна використовувати різні методи, наприклад, експериментальне моделювання або математичне моделювання процесу.

У даній роботі будуть досліджені різні методи та технології попереднього очищення бурових стічних вод з використанням сульфату заліза (III) та їх оптимізація з метою покращення ефективності очищення. Результати

досліджень дозволять визначити оптимальну технологію попереднього очищення бурових стічних вод та вибрати найбільш ефективний метод введення коагулянту.

Згідно зі статтею 45 «Охорона довкілля у процесі користування нафтогазоносними надрами» Закону України «Про нафту і газ» суб'єкти господарської діяльності, що здійснюють користування нафтогазоносними надрами, видобуток, транспортування, зберігання, переробку та реалізацію нафти, газу та продуктів їх переробки, повинні дотримуватися вимог законодавства про охорону довкілля, нести відповідальність за його порушення і здійснювати заходи, спрямовані на зменшення шкідливого впливу на довкілля [1]. Це обумовлено тим, що нафтопереробна промисловість – займає нішу одного з найбрудніших видів в промисловості, тому у зв'язку з цим розробка нафтогазоносних родовищ традиційно розглядається як одна з найбільш екологічно небезпечних для довкілля галузей.

Вирішення проблем забруднення довкілля нафтопродуктами та побічними речовинами їх видобутку уявляє собою підвищену актуальність, через те, що на сьогоднішній день — всесвіт знаходиться на піку розвитку нафтовидобувної промисловості. Нажаль бойові дії в Україні викликають дещо негативні наслідки у сфері нафтопереробної промисловості, такі як: зниження фінансування, зниження ретельного відстеження за нормами скидів, викидів, що може призвести до негативного впливу на навколишнє середовище.

Темою дипломного дослідження виступає дослідження та удосконалення технології попереднього очищення бурових стічних вод.

Мета дослідження – удосконалення методу попередньої очистки бурових стічних вод.

Об'єкт дослідження – технологія попереднього очищення бурових стічних вод.

Предмет дослідження – методи очищення бурових стічних вод задля можливості їх використовувати повторно.

Основна гіпотеза (постановка проблеми) дослідження застосування нових методів та матеріалів в технології попереднього очищення бурових стічних вод може зменшити вміст важких металів та інших забруднюючих речовин у відходах до припустимих норм.

Завдання, покладені в структурну основу виконуваної роботи:

1) Зібрати та проаналізувати наявну літературу та відомості з питань технології попереднього очищення бурових стічних вод.

2) Визначити оптимальні параметри технології попереднього очищення бурових стічних вод, що максимально ефективно зменшать вміст важких металів та інших забруднювачів.

3) Розробити прототип технологічного процесу попереднього очищення бурових стічних вод та провести його тестування на предмет якості досліджуємого методу.

4) Оцінити ефективність розробленого технологічного процесу попереднього очищення бурових стічних вод, порівняти його з існуючими технологіями та визначити його переваги та недоліки.

Методи дипломного дослідження: аналіз наукових джерел, експериментальні дослідження, включаючи аналіз вмісту забруднюючих речовин у бурових стічних водах та оцінку ефективності застосування різних методів попереднього очищення.

Інформаційною базою для виконання кваліфікаційної роботи послужили наукові статті, монографії, нормативно-правові акти у сфері охорони довкілля, а також патенти на винаходи у цій галузі.

Наукова новизна одержаних результатів розробка ефективної технології попереднього очищення бурових стічних вод з використанням нових речовин, методів і пристроїв, яка забезпечує високу ефективність очищення

води від шкідливих речовин, а також є екологічно безпечною і економічно вигідною.

Практичне значення результатів результати дослідження можуть бути використані в практичній діяльності компаній, які займаються видобуванням нафти і газу, а також в інших сферах, де потрібно очищення бурових стічних вод. Нова технологія може зменшити негативний вплив на довкілля, покращити якість води і знизити витрати на її очищення.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖЕНУВАНОЇ РЕЧОВИНИ ТА РЕАГЕНТІВ

1.1. Основні характеристики стічних вод із рідкої фракції бурового шламу та технології їх попереднього очищення

Буровий шлам та його рідка фракція є продуктом, який утворюється під час буріння нафтових свердловин і складається з вибуреної породи та бурового розчину, що використовується для змащення та зниження температури свердловини. Цей матеріал після використання видаляється з циркуляційної системи бурової різними очисними пристроями. Проте, буровий шлам має забруднюючі властивості, обумовлені мінералогічним складом вибуреної породи, пластових флюїдів та залишками бурового розчину. Склад цього матеріалу відзначається наявністю нафти, нафтопродуктів, небезпечних органічних сполук, що є токсичними для природного середовища, і розчинних мінеральних солей.

Згідно з монографією Шапорева В. П. [2], рідка фракція бурового шламу має складну структуру і складається з різноманітних переважно нафтопродуктів, таких як вуглеводні, які містять у собі різноманітні хімічні з'єднання (таблиця 1.1). Нафта та її похідні є винятково складною сумішшю різноманітних хімічних речовин, що мають токсичні властивості для ґрунтово-рослинного покриву. Буровий шлам та його рідка фракція потребують спеціальної обробки для зменшення впливу на довкілля та забезпечення безпеки природних ресурсів.

Таблиця 1.1

Середній вміст (%) основних класів вуглеводнів та їх похідних у нафті та бензині

Компоненти	Нафта, %	Бензин, %
Аліфатичні або парафінові (алкани)	15 - 55	25 - 68
Циклопарафінові (циклоалкани, нафтени)	30 - 50	5 - 24
Ароматичні (бензин і полінуклеарні з'єднання)	5 - 20	7 - 55
Асфальтові з'єднання (гетероциклічні речовини, що вміщують кисень, сірку, азот)	2 - 15	0,1 - 0,5
Олефіни	0	0 - 41

Одна з основних характеристик нафтозабруднювачів у стічних водах полягає у їх меншій щільності порівняно з водою. Наприклад, бензин має щільність від 0,7 до 0,76 г/см³, а дизельне паливо - від 0,8 до 0,9 г/см³. Крім того, нафтопродукти мають низьку розчинність у воді. Для дрібних фракцій нафти, таких як бензини, розчинність у воді не перевищує 20-30 мг/л, а для важких фракцій - практично рівна нулю. В стічних водах нафтопродукти можуть бути у вільному, емульгованому та розчинному стані за дисперсним складом [3]. Зазвичай вони перебувають у вільному (грубодисперсному) стані, утворюючи плавучу плівку. Частина нафтопродуктів може бути також у тонкодисперсному стані, утворюючи емульсію "нафта-вода". Стійкість емульсії залежить від поверхневого натягу, кінетичної стійкості частинок та їх концентрації. Механічні домішки можуть бути стабілізаторами емульсії, які покривають краплі нафти [3].

Внаслідок буріння нафтових свердловин утворюється буровий шлам, що складається з вибуреної породи та бурового розчину, які циркулюють у буровій

колоні та потім видаляються з неї за допомогою очисних пристроїв. Однак, буровий шлам є небезпечним для довкілля, оскільки містить різноманітні токсичні речовини, такі як нафтопродукти, органічні сполуки та розчинні мінеральні солі.

Особливу увагу слід приділити рідкій фракції бурового шламу, оскільки вона містить багато нафтопродуктів, які є складними хімічними сполуками. Ці нафтопродукти мають різний склад та рівень токсичності, що робить процес очищення бурових стічних вод важким та складним. Враховуючи те, що нафтопродукти можуть мати шкідливий вплив на довкілля та здоров'я людей, розробка ефективної технології попереднього очищення бурових стічних вод від нафтопродуктів є надзвичайно важливою задачею.

Окремим завданням цього дослідження є визначення оптимальних умов і технологій, що забезпечують максимальну ефективність попереднього очищення бурових стічних вод від забруднюючих речовин. Для досягнення цієї мети, в процесі дослідження необхідно визначити параметри, що впливають на ефективність очищення, визначити оптимальну дозу реагентів для попередньої обробки бурових стічних вод, а також дослідити вплив інших чинників, які можуть вплинути на якість очищення, наприклад, температура, рН-рівень, концентрація забруднюючих речовин.

1.2. Вимоги до коагулянту. Сульфат заліза (III)



Рис. 1.1 - Сульфат заліза (III)

На рис. 1.1 сульфат заліза (III) є ефективним коагулянтом для знешкодження нафтовмістних стічних вод. Він має формулу $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ і представляє собою світло-жовтий порошок, який розчиняється у воді, але не розчиняється в етанолі. Оптимальна концентрація для ефективного знешкодження нафтовмістних стічних вод за допомогою цього коагулянту становить 100-120 мг/дм³, при оптимальному рН 7,2-7,5 [4].

Застосування сульфату заліза (III) для знешкодження нафтовмістних стічних вод дає ефект очищення від фосфатів та важких металів у розмірі 60-65%. Для знешкодження нафтопродуктів та мінеральних солей ефект очищення досягає до 95%. Важливо зазначити, що оптимальні умови використання сульфату заліза (III) можуть різнитися залежно від складу стічних вод та властивостей самого коагулянту. Тому, перед використанням необхідно провести детальний аналіз води та оптимізувати умови знешкодження з

урахуванням конкретних факторів [5].

Для досягнення максимального ефекту використання коагулянту $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ для очищення нафтовмістних стічних вод, необхідно дотримуватися певних умов. Наприклад, оптимальна температура стічної води повинна бути у межах 15-25 °С, а розчин коагулянту потрібно додавати плавно та рівномірно в проточну струму стічної води.

Важливо також враховувати, що висока концентрація коагулянту може призвести до утворення забруднюючих осадів на дні очисного басейну, що може погіршити його роботу та скоротити термін експлуатації. Тому необхідно визначати оптимальну концентрацію коагулянту для кожного конкретного випадку, з урахуванням розміру та складу забруднення, властивостей стічної води та умов експлуатації очисного обладнання [6].

Згідно зі статтею «Теорія та практика використання коагулянтів у технології і водоочищення» [7]: до сульфату заліза (III) можуть бути певні вимоги щодо чистоти та вмісту домішок. Чистота коагулянту може бути вказана у відсотках із зазначенням вмісту різних сполук, таких як Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeSO_4 , FeCO_3 тощо. Зазвичай, для використання в промисловості, сульфат заліза (III) повинен мати чистоту не менше 98%.

Також, для досягнення найбільш ефективного очищення стічних вод від забруднень, до сульфату заліза (III) можуть додавати інші хімічні речовини, такі як коагулянти, флокулянти, рН-регулятори тощо. Наприклад, для підвищення ефективності коагуляції можуть використовувати поліалюмінієві солі, які є більш стійкими в різних умовах і мають вищу коагуляційну активність порівняно з сульфатом заліза (III).

Коагулянт ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) повинен відповідати вимогам технологічної документації та чинних нормативних документів, і його якість та безпечність повинні бути підтверджені відповідними документами, такими як висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи та документ про якість [6],

який підтверджує відповідність сировини вимогам на конкретний вид продукції.

Щодо висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи, це офіційний документ, який підтверджує відповідність продукту вимогам санітарно-гігієнічних норм і правил. Такий висновок є обов'язковим для отримання дозволу на використання коагулянту в промислових процесах.

Документ про якість встановленої форми також є обов'язковим для коагулянту. Це документ, який містить інформацію про фізико-хімічні властивості, склад, концентрацію та інші параметри коагулянта, які необхідні для забезпечення ефективності його використання. Цей документ також містить інформацію про відповідність коагулянта вимогам технологічної документації та нормативних документів.

РОЗДІЛ 2

ПРОЦЕС ФЛОТАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ПОПЕРЕДНЬОГО ОЧИЩЕННЯ НАФТОВІСНИХ СТИЧНИХ ВОД

2.1. Процес флотації

Деякі вчені стверджують [8], що: флотація - це процес відділення мінералів від гірської породи, що здійснюється шляхом використання рідини, що містить реагенти-флотаційні агенти, які надають поверхні мінералів різних властивостей різний ступінь гідрофобності (відштовхування від води). Після цього розчин з мінералами-флотом забирається з поверхні розчину, званої «суспензією», за допомогою поверхневих фільмів, утворених флотаційним агентом. Оскільки Механічна обробка стічних вод – це попередній етап очищення стоків. Нафтоуловлювачі допомагають видалити основну масу нафти, олій і крупнодисперсних нафтопродуктів на цьому етапі. Під час подальшого відстоювання в стічній воді видаляються нерозчинні тверді домішки.

Фільтрування є все більш важливим методом в зв'язку зі зростанням вимог до якості очищеної води. Фільтрацію застосовують після відстоювання стічних вод у відстійниках або після біологічної очистки. Цей процес базується на прилипанні грубодисперсних частинок нафти та нафтопродуктів до поверхні фільтруючого матеріалу. У нафтовій і нафтохімічній промисловості часто використовують фільтри з зернистим завантаженням.

Загальний недолік всіх фільтрів (окрім пінополіуретанових) полягає у тому, що після їх регенерації утворюються високоемульговані та стійкі емульсії, які значно ускладнюють утилізацію виділених нафтопродуктів. Такі фільтри доцільно застосовувати після попереднього очищення стоків у пісковловлювачах та нафтовловлювачах.

Механічні методи очищення є малоефективними, оскільки вони забезпечують видалення вуглеводневих компонентів лише з поверхневого

органічного шару. Тому найвигіднішим процесом очистки бурових стічних вод є – флотація [9].

У флотаційному процесі використовуються різні типи реагентів, залежно від хімічної природи мінералів, що відділяються, і параметрів робочого середовища. Реагентами можуть бути хімічні речовини, які змінюють ступінь гідрофобності поверхонь мінералів, що відділяються, або фізичні агенти, такі як повітря, що вводяться в суспензію.

Флотацію використовують у промисловості для відділення цінних компонентів з руд інших матеріалів. Це дозволяє підвищити виходи продукції та зменшити відходи, що негативно впливає на довкілля. Також флотацію можна використовувати для очищення води від забруднень, що знижує ризик поширення хвороб, що передаються через воду.

Одним із сучасних напрямків в розвитку флотації є використання автоматизованих систем керування та моніторингу. Такі системи дозволяють точно контролювати режими та параметри процесу флотації, зменшуючи ймовірність помилок та підвищуючи ефективність роботи.

Крім того, вивчається можливість використання нових технологій у флотації, таких як електрофлотація [8] та магнітна флотація [8]. Електрофлотація базується на використанні електричного поля для збільшення швидкості збору мінералів на поверхні пухирців, що забезпечує більш ефективний процес флотації. Магнітна флотація, з свого боку, використовує магнітні поля для збільшення притягувальної сили між пухирцями та мінералами, що також забезпечує більш ефективну роботу процесу.

Також, розробляються нові типи флотаційних машин, які забезпечують більш точне регулювання параметрів процесу. Наприклад, машини з вібраційною системою, що забезпечують більш рівномірне розподілення повітряних пухирців в розчині, що забезпечує більш ефективний процес флотації.

У зв'язку зі зростанням екологічних вимог до промислових виробництв, в флотаційному процесі все більшу увагу приділяють використанню екологічно чистих реагентів та технологій.

Як було сказано у статті [10]: Правильно розроблений процес флотації може допомогти знизити вартість виробництва, підвищити віддачу корисних компонентів та зменшити вплив на навколишнє середовище. Однак, для досягнення успіху, потрібно враховувати ряд факторів, таких як:

- Властивості руди: різні типи руд мають різні фізичні та хімічні властивості, що можуть вплинути на ефективність процесу флотації;
- технології: різні технології флотації можуть бути більш або менш ефективними для різних типів руд та на різних етапах виробництва;
- обладнання: обладнання, що використовується для флотації, повинно бути розроблене та встановлене з урахуванням конкретних потреб і вимог виробництва;
- розмір та форма частинок: розмір та форма частинок можуть впливати на ефективність процесу флотації, тому необхідно уважно контролювати ці параметри;
- контроль параметрів: контроль параметрів процесу, таких як температура, рН та концентрація реагентів, може допомогти забезпечити ефективність процесу та зменшити втрати корисних компонентів;
- економічні фактори: вартість обладнання, реагентів та енергії, а також вартість утилізації відходів та вплив на навколишнє середовище, повинні бути враховані при розробці процесу флотації,

2.2. Технологія попереднього очищення нафтовмістних стічних вод

Спочатку стічні води збираються в автоцистерну, де здійснюється їхнє насичення повітрям. Після цього до стічних вод додають коагулянт $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ у

кількості, яка повинна відповідати об'єму стічної води в пропорції 100-120 мг/дм³. Коагулянт допомагає укрупнити частинки забруднень.

Потім до стічних вод додають повітряні бульбашки або суміш газів, що вводяться в воду різними способами, для флотації. Домішки, які мають природну гідрофобність, тобто відштовхують воду, прилипають до бульбашок повітря та утворюють шар піни, який потім можна видалити. Розмір бульбашок повинен бути 15-30 мкм, щоб вони могли захоплювати частинки забруднень.

Після процесу флотації та коагуляції забруднюючі речовини випадають в осад, який потім вилучається без особливих зусиль. Ефективність методу досягає 95%. Частинки від 1 до 100 мкм успішно видаляються.

Весь процес флотації та коагуляції в автоцистерні при постійному нагнітанні повітря триває зазвичай до 4 годин. Після того, як забруднюючі речовини випадають в осад чи згрупуються у шарі піни, очищена стічна вода зливається для подальшого використання, а осад і піна збираються та складаються на спеціальних майданчиках.

Важливою складовою процесу очищення стічних вод є контроль якості води на кожному етапі очищення. Для цього використовуються різні методи, такі як хімічний та бактеріологічний аналізи.

Після проходження через процес флотації та коагуляції, очищена стічна вода може бути використана для різних цілей, таких як полив рослин, вирощування риби або повторне використання в промислових процесах. Використання очищеної стічної води є важливим елементом в збереженні водних ресурсів та зменшенні негативного впливу промисловості на навколишнє середовище.

Процес флотації та коагуляції є ефективним методом очищення стічних вод від різних забруднюючих речовин, таких як нафтопродукти та інші органічні сполуки.

Цей процес може бути використаний у різних галузях промисловості, де

необхідно очищувати воду перед її відведенням у водойми або річки.

Важливим елементом успішної роботи процесу є правильний вибір коагулянту та оптимальних умов для флотації. Також важливою складовою є контроль якості води на кожному етапі очищення. Використання очищеної стічної води є важливим елементом в збереженні водних ресурсів та зменшенні негативного впливу промисловості на навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 3. ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Для проведення лабораторних експериментальних досліджень з буровими шламами спочатку було потрібно відібрати необхідну кількість шламу зі спеціалізованого полігону промислових відходів. Цей полігон знаходиться за адресою: селище Смирнівка, Лозівського району, Харківської області (рис. 3.1).



Рис. 3.1 – с. Смирнівка, Лозівського району, Харківської області



Рис. 3.2 – Смирнівський полігон промислових відходів (с. Смирнівка)

Відбір бурових шламів здійснюється згідно з встановленими вимогами і правилами, щоб забезпечити безпеку для людей і довкілля. Після відбору шламу, його можуть транспортувати до лабораторії для подальших експериментів.

У лабораторії шлам ретельно досліджують на фізичні та хімічні властивості, які дозволяють оцінити його склад та придатність для використання в наукових дослідженнях. Потім шлам може бути підданий різним експериментам для отримання необхідної інформації та даних.

Крім того, проводилися експерименти з використанням різних методів очищення бурових шламів. У бурових шламах які були відібрані були винайдені такі сполуки, як:

- Нафтопродукти
- Свинець (Pb)
- Хром (Cr)
- Кадмій (Cd)
- Цинк (Zn)

- Нікель (Ni)

Показники цих хімічних речовин у шлаку сягали таких, значень:

- Нафтопродукти – 6 мг/дм³
- Свинець (Pb) – 52 мг/дм³
- Хром (Cr) – 210 мг/дм³
- Кадмій (Cd) - 1,5 мг/дм³
- Цинк (Zn) – 90 мг/дм³
- Нікель (Ni) – 95 мг/дм³

На сьогоднішній день в Україні існують різні стандарти, які регулюють вміст важких металів у воді. Наприклад, ДСТУ 4808:2007 «Якість води. Норми якості води питної та побутової» [11]. Згідно з цим стандартом, вміст кадмію, ртуті, свинцю, міді та цинку у воді не повинен перевищувати таких значень:

- Свинець - 0,01 мг/л
- Цинк - 5 мг/л
- Кадмій - 0,003 мг/л
- Ртуть - 0,001 мг/л
- Мідь - 2 мг/л

І хоч стандарт ДСТУ 4808:2007 «Якість води. Норми якості води питної та побутової» [11], не містить нормативних значень для вмісту хрому в воді. Однак, існують інші стандарти і нормативні документи, які регулюють максимально допустимий рівень хрому в питній воді. Наприклад, ДСТУ 4167:2003 «Якість води. Норми якості води, що використовується для технологічних потреб» [12], який встановлює норми якості води, призначеної для технологічних потреб. Зокрема, у цьому стандарті встановлено максимально допустимий вміст різних хімічних речовин у воді, включаючи хром. Максимально допустимий вміст хрому в цьому стандарті встановлено на рівні 0,05 мг/л.

У процесі експериментів використовувались різні прилади та методи, такі як аналізатори речовин, спектроскопія, мікроскопія та інші. Під час виконання аналізу був використано коагулянт $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ у різних концентраціях від 100 до 250 мг/дм^3 , через його найкращі хімічні властивості з коагулянтів. Після дослідів при різних концентраціях коагулянту було побачено зниження концентрації елементів, що наведено нижче (рис. 3.3-3.8, табл. 2):

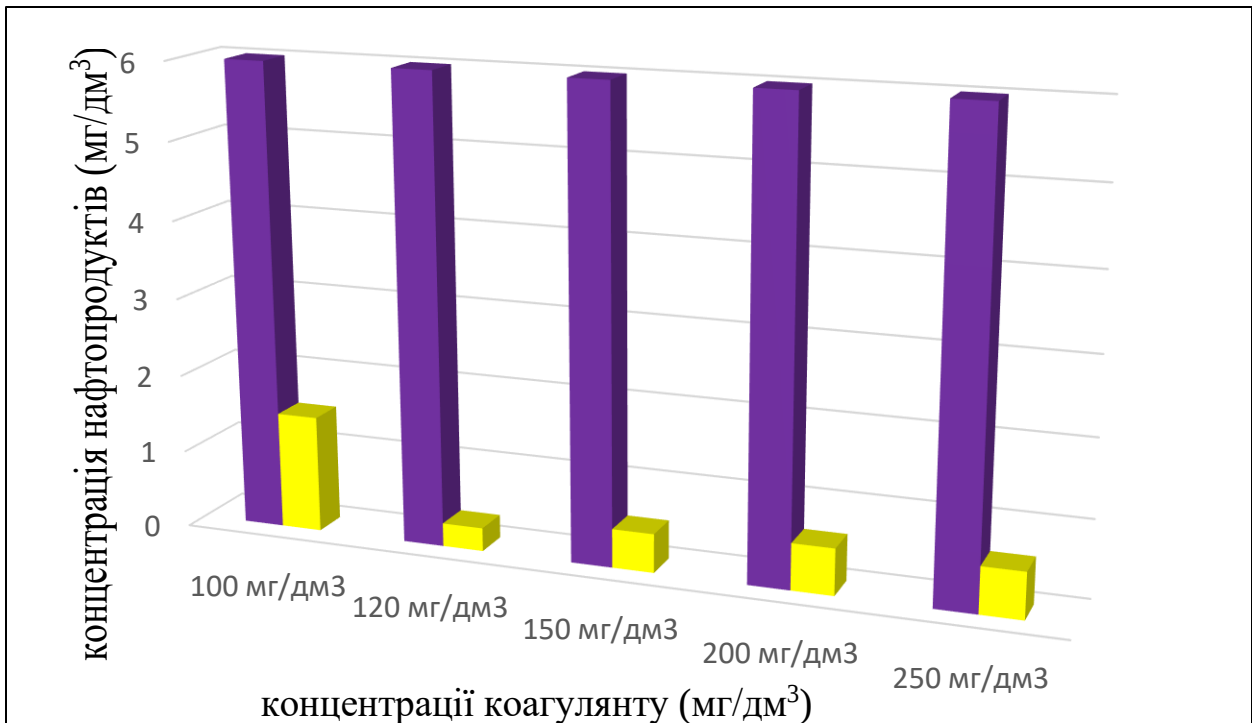


Рис. 3.3 – Вміст нафтопродуктів у зразках рідкої фракції бурового шламу до і після обробки коагулянтом

На рис. 3.3 – можна побачити, що відбулося зниження вмісту концентрацій нафтопродуктів у бурових стічних водах при додаванні коагулянту у вигляді ферум (III) сульфату ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), також за графіком – можна відстежити, що при поступовому збільшенні концентрацій коагулянту, поступово зменшується концентрація нафтопродуктів у воді, та найкращим показником є показник концентрації коагулянту у розмірі 120 мг/дм^3

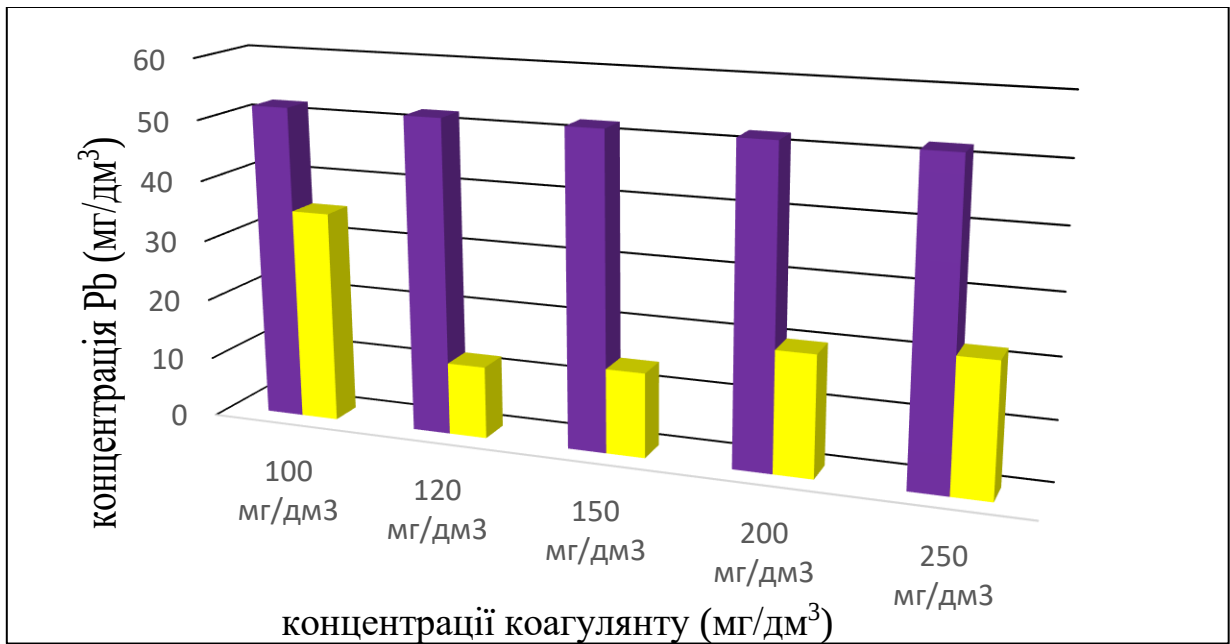


Рис. 3.4 – Вміст Pb у зразках рідкої фракції бурового шламу до і після обробки коагулянтном

На рис. 3.4 представлено, що відбулося зниження вмісту концентрацій Свинцю у бурових стічних водах при додаванні коагулянту у вигляді ферум (III) сульфату ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), також за графіком – можна відстежити, що при поступовому збільшенні концентрацій коагулянту, поступово зменшується концентрація Плюмбуму у воді, та найкращим показником є показник концентрації коагулянту у розмірі 120 мг/дм³, де відбувається найменше зниження концентрацій Свинцю.

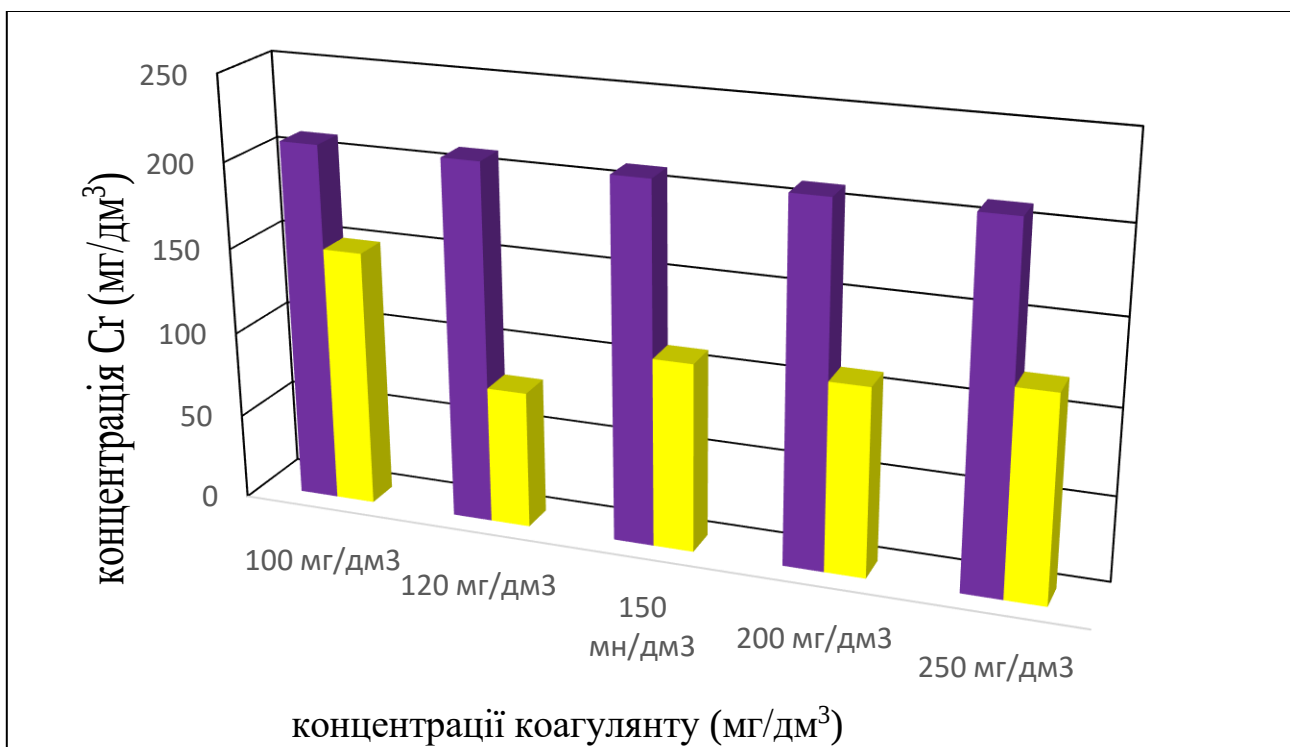


Рис. 3.5 – Вміст Cr у зразках рідкої фракції бурового шламу до і після обробки коагулянтном

На рис. 3.5 можна побачити, як додавання коагулянту у вигляді ферум (III) сульфату ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) знижує вміст хрому в бурових стічних водах. З графіка видно, що при збільшенні концентрації коагулянту, вміст хрому поступово зменшується, і найбільший ефект можна отримати при додаванні коагулянту у розмірі 120 мг/дм³. Цей результат вказує на те, що ферум (III) сульфат є ефективним коагулянтном для зниження вмісту хрому в бурових стічних водах.

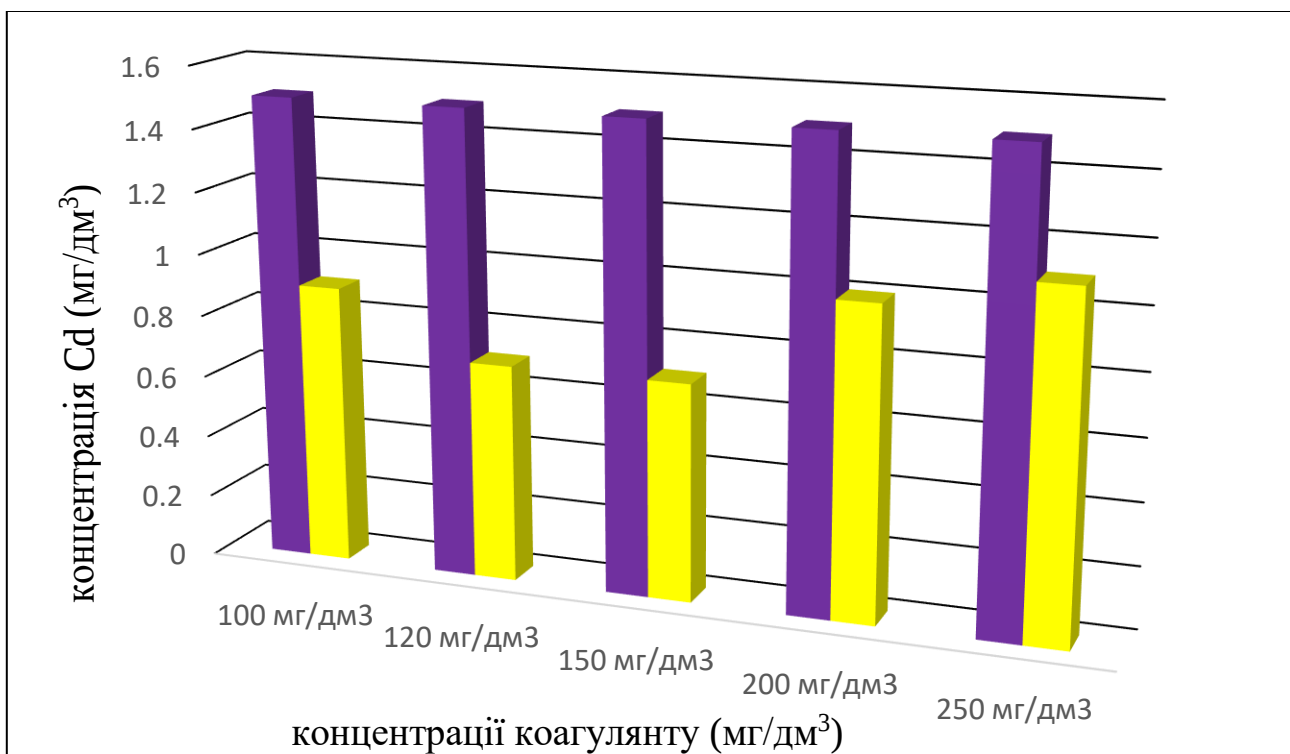


Рис. 3.6 – Вміст Cd у зразках рідкої фракції бурового шламу до і після обробки коагулянтном

На рис. 3.6 можна побачити, що додавання коагулянту у вигляді ферум (III) сульфату ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) призводить до зниження концентрації кадмію в бурових стічних водах. При збільшенні дози коагулянту, спостерігається зменшення концентрації кадмію. Оптимальна доза коагулянту для досягнення максимального зниження концентрації кадмію становить 150 мг/дм³.

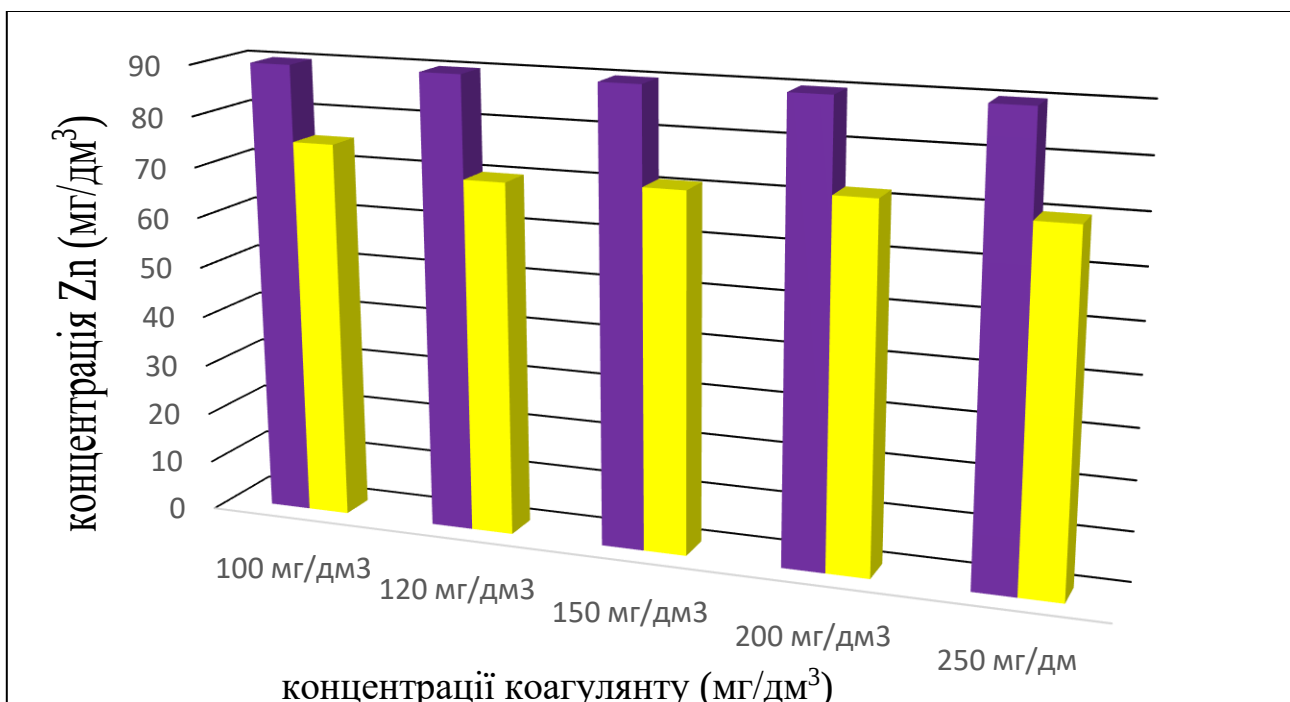


Рис. 3.7 – Вміст Zn у зразках рідкої фракції бурового шламу до і після обробки коагулянтном

На рис. 3.7 видно, що додавання коагулянту у вигляді ферум (III) сульфату ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) призвело до зменшення концентрації Цинку у бурових стічних водах. Чим більша концентрація коагулянту, тим менша концентрація Цинку в воді. Найбільш ефективна концентрація коагулянту становить 120 мг/дм³.

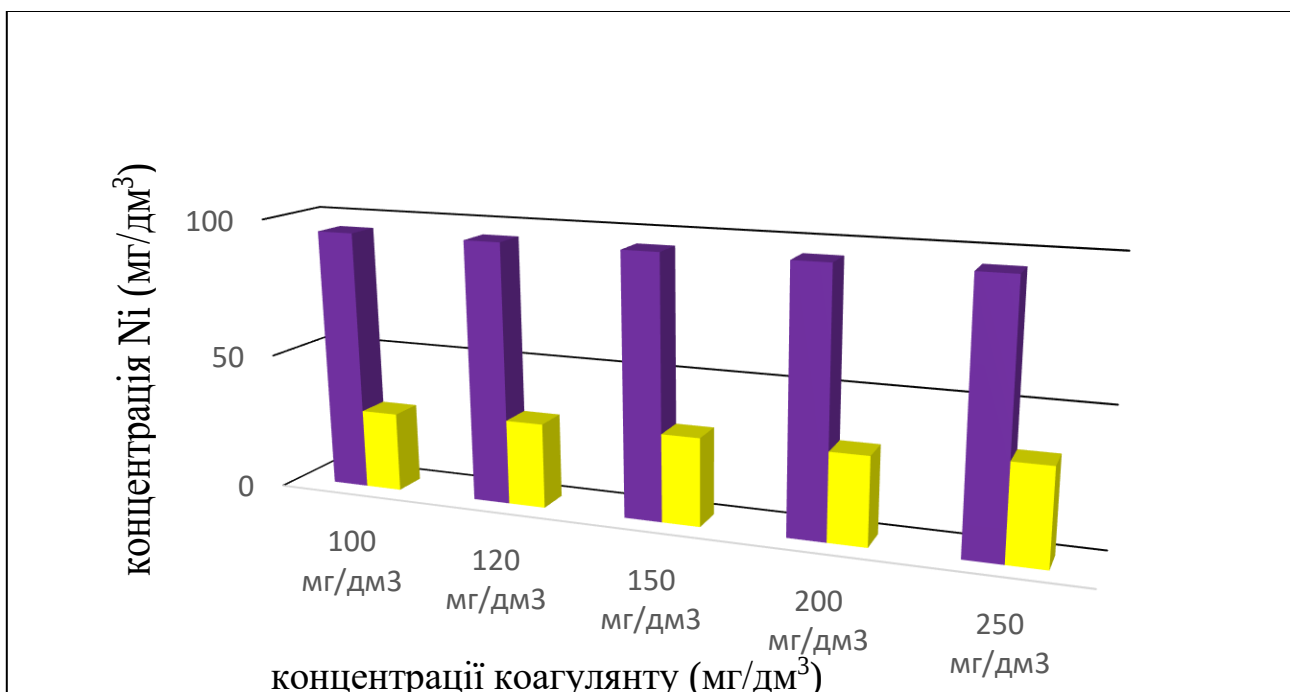


Рис. 3.8 – Вміст Ni у зразках рідкої фракції бурового шламу до і після обробки коагулянтном

На рис. 3.8 представлені результати експерименту зі зниженням вмісту концентрації нікелю у бурових стічних водах після додавання коагулянту у вигляді ферум (III) сульфату ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$). На горизонтальній осі графіка відображені різні значення концентрації коагулянту у розмірі мг/дм³, а на вертикальній осі - концентрація Ni у бурових стічних водах у мг/дм³.

З графіка видно, що при додаванні коагулянту у вигляді ферум (III) сульфату ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) в бурові стічні води поступово зменшується їхня концентрація нікелю. Чим більше коагулянту додається, тим більше знижується концентрація нікелю в воді. З графіка можна зробити висновок, що оптимальним показником дозування коагулянту для досягнення найкращого результату зниження концентрації нікелю є 120 мг/дм³.

Цей експеримент демонструє, що додавання коагулянту у вигляді ферум (III) сульфату ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) є ефективним методом зниження концентрації нікелю

в бурових стічних водах. Це може бути корисним для промислових компаній, які випускають бурові стічні води, щоб дотримуватися вимог екологічних стандартів та запобігти забрудненню довкілля.

Таблиця 3.1

**Показник зниження концентрацій хімічних речовин залежно від
концентрацій коагулянту**

(Fe ₂ (SO ₄) ₃) реагент	Концентрація нафтопродуктів до обробки, мг/дм ³	Концентрація нафтопродуктів після обробки, мг/дм ³	Концентрація Pb до обробки, мг/дм ³	Концентрація Pb після обробки, мг/дм ³	Концентрація Cr до обробки, мг/дм ³	Концентрація Cr після обробки, мг/дм ³
100 мг/дм ³	6	1,5	52	35	210	150
120 мг/дм ³	6	0,3	52	12	210	80
150 мг/дм ³	6	0,5	52	14	210	110
200 мг/дм ³	6	0,6	52	20	210	110
250 мг/дм ³	6	0,6	52	22	210	120

(Fe ₂ (SO ₄) ₃) реагент	Концентрація Cd до обробки, мг/дм ³	Концентрація Cd після обробки, мг/дм ³	Концентрація Zn до обробки, мг/дм ³	Концентрація Zn після обробки, мг/дм ³	Концентрація Ni до обробки, мг/дм ³	Концентрація Ni після обробки, мг/дм ³
100 мг/дм ³	1,5	0,9	90	75	95	29
120 мг/дм ³	1,5	0,7	90	70	95	31
150 мг/дм ³	1,5	0,7	90	71	95	32
200 мг/дм ³	1,5	1,0	90	72	95	32
250 мг/дм ³	1,5	1,1	90	70	95	35

ВИСНОВКИ

1. Головна проблема бурових стічних вод, є вміст великої кількості складних органічних сполук, та перенасичення важкими металами які в великій кількості – можуть бути токсичними, що негативно може сприяти як на людей так і флору та фауну оточення.

2. Після обробки бурових шламів реагентом ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) спостерігалось значне зниження концентрацій нафтопродуктів, Pb, Cr, Cd, Zn та Ni у порівнянні з концентраціями до обробки.

3. Найбільш ефективним був реагент з концентрацією 120 мг/дм³, оскільки він забезпечив найбільше зниження концентрацій хімічних речовин, але не для всіх хімічних сполук, так наприклад для Нікелю оптимальним значенням є 100 мг/дм³, а для Цинку окрім 120 мг/дм³, підходить концентрація у 250 мг/дм³, а для Кадмію ще підходить концентрація у 150 мг/дм³.

4. Відібравши проби на полігоні біля с. Смирнівка – було проведено 4 досліді на кожен з елементів-забрудників при додаванні різної концентрації $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (100, 120, 150, 200, 250 (мг/дм³)). Тож підсумовуючи усе вище сказане – можна стверджувати:

5. Що при додаванні різної концентрації коагулянту – відбувається зменшення концентрації елементів у досліджуваної речовини, наприклад:

- Cd - зменшилось від 27 до 54 (%)
- Zn – зменшилось від 17 до 23 (%)
- Ni - зменшилось від 64 до 70 (%)
- Нафтопродукти - зменшилось від 75 до 95 (%)
- Pb зменшилось від 33 до 77 (%)
- Cr зменшилось від 29 до 62 (%)

6. Під час використання коагулянту ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) важливо дотримуватися оптимальної концентрації реагента, яка залежить від концентрації забруднюючих речовин в шламi. Надмірне використання коагулянту може призвести до збільшення концентрації деяких інших речовин у шламi, наприклад, нікелю.

7. Загалом, за результатами досліджень можна стверджувати, що використання коагулянту ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) є ефективним способом зменшення концентрації хімічних речовин у бурових шламах.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Про Нафту і газ: Закон України від 12.07.2001р №2665-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2665-14#Text>
2. Шапорев В. П. та ін. Біологічні методи охорони навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами: монографія. Харків: НТУ "ХПІ", 2015. 216 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/341248014.pdf>
3. Докукіна, Д. Автозаправний комплекс «АНР» з модернізацією системи очистки стічних вод: дипломний проект. Київ: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2019. 84 с.
URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29937/1/Dokukina_bakalavr.pdf
4. Доридор О.І. Хімія. Шкільний курс: навчальний посібник. §23. Залізо та сполуки Феруму. URL: <http://www.chemistry.in.ua/grade-10/iron-and-iron-compounds>
5. Кожухар В.Я., Брем В.В., Дмитренко І.В., Тимошевська Л.В. Методи очистки та переробки викидів та відходів: навчальний посібник. Одеса: ОП, 2021. 222 с.
URL: http://dspace.opu.ua/jspui/bitstream/123456789/11647/1/Cleaning_methods.pdf
6. Про затвердження Тимчасового порядку проведення державної санітарно-гігієнічної експертизи: Постановою Кабінету Міністрів України від 09.10.2000 р. № 1746. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0004-01>
7. Шкавро З. М., Антонюк Н. Г. Теорія та практика використання коагулянтів у технології водоочищення: наукові записки. Хімічні науки та технології. 2014. - Т. 157. - С. 14.
URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/149241528.pdf>
8. Сорокіна К. Б. Теоретичні основи технологій очистки води: конспект лекцій. Харків: ХНМУ, 2014. 85 с.

URL: http://eprints.kname.edu.ua/42468/1/2014%2041%D0%9B%20%D1%80%D0%B5%D0%BF%D0%BE%D0%B7%20%D0%A2%D0%9E%D0%A2%D0%9E%D0%92_%D0%A2%D0%9E%D0%92_.pdf

9. М. В. Дегтяр, В. Ю. Сидорова. Особливості очищення стічних вод від нафтопродуктів: V Міжнародна науково-технічна конференція «ВОДА. ЕКОЛОГІЯ. СУСПІЛЬСТВО», 2020. 3 с.

URL: <https://ojs.kname.edu.ua/index.php/area/article/view/2583>

10. Смирнов В.О., Білецький В.С. Флотаційні методи збагачення корисних копалин.: Донецьк: Східний видавничий дім, 2010. 492 с.

URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/162891934.pdf>

11. ДСТУ 4808:2007 Якість води. Норми якості води питної та побутової [Чинний від 2012-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2006. 3 с. URL:

https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1-10672dstu_voda_pytna.pdf

12. ДСТУ 4167:2003 Якість води. Норми якості води, що використовується для технологічних потреб [Чинний від 2004-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2006. 3 с.

URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_15586_2012.pdf