

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки і технологій

Кафедра «Хімія та інженерна екологія»

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

_____/Юлія Зеленько/
(підпис) (ПІБ)

«____» 2021 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань _____ 10 Природничі науки
(шифр) (назва)

Спеціальність _____ 101 «Екологія»

Освітньо-професійна програма _____ П Екологія
(код) (повна назва)

Тема Екологізація процесів утилізації шламів фільтрувальних станцій залізничного водопостачання

Theme Ecologization of the processes of the sludges of railway water supply filtration plants

Керівник дипломної роботи , доцент

Лідія Тарасова

Студент групи ЕО 2021

Олександр Оришечко

(підпис) (ПІБ)

Student

Oryshechko Oleksandr

(Family name)

Дніпро
2021

Український державний університет науки і технологій

Факультет Промислове та цивільне будівництво

Кафедра Хімія та інженерна екологія

Спеціальність 101 “Екологія”

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Зав. кафедрою

Ю.В.Зеленько

“__” _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

студента групи ЕО 2021 Оришечка Олександра Сергійовича

(прізвище, ім'я та по-батькові)

1. Тема дипломної роботи «Екологізація процесів утилізації шламів фільтрувальних станцій залізничного водопостачання»

затверджена наказом по університету №165 ст. від “09”04.2020р.

2. Термін подання студентом закінченого проекту 10.12.2021

3. Вихідні дані до дипломної роботи: теоретичний та практичний досвід у галузі утилізації осадів станцій очистки природних вод, результати огляду науково-технічної інформації за темою магістерської роботи, стандартизовані методики визначення вмісту алюмінію та інших забруднювачів у вихідному та регенерованому осаді та в воді, що була очищена.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань до розробки):

Загальні відомості про вплив сполук алюмінію на довкілля та здоров'я людини, склад та характеристика осадів водоочисних споруд, аналіз сучасних методів зневоднення та утилізації осадів природних вод; огляд технологій та технологічних схем утилізації осаду станцій водоочистки, що вміщує алюміній, в Україні та в світі; дослідження умов кислотної та лужної регенерації осаду та можливості застосування регенерованого осаду, як коагулянту для очистки природних та стічних вод; техніко – економічне обґрунтування ефективності запропонованих технологічних схем.

5. Перелік демонстраційного матеріалу: мультимедійна презентація за результатами виконання дипломної роботи у обсязі до 20 слайдів, які повною мірою відображають актуальність поставленої мети та задач дослідження, методологію та постановку експериментів, практичну та наукову новизну отриманих результатів.

6. Консультанти (з назвами розділів)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економічний розділ.	Зеленько Ю.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва розділів дипломної роботи	Термін виконання розділів роботи	Примітка
1.	Вплив сполук алюмінію на довкілля та здоров'я людини.	24.06.21-26.07.21	
2.	Склад та характеристика осадів водоочисних споруд,	24.06.21-26.07.21	
3.	Аналіз сучасних методів зневоднення та утилізації осадів природних вод	24.06.21-26.07.21	
4.	Огляд технологій та технологічних схем утилізації осаду станцій водоочистки, що вміщує алюміній, в Україні та в світі	01.09.21-30.09.21	
5.	Дослідження умов кислотної та лужної регенерації осаду та можливості застосування регенованого осаду, як коагулянту для очистки природних та стічних вод.	01.10.21-31.11.21	
6.	Визначення економічної ефективності запропонованої технологічної схеми регенерації шламів фільтрувальних станцій, що вміщують алюміній.	01.12.21-10.12.21	

7. Дата видачі завдання 24.04.2021р.

Керівник дипломного проекту _____ Тарасова Л.Д.

к.х.н, доцент,.

(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ Оришечко О.С.

(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота «Екологізація процесів утилізації шламів фільтрувальних станцій залізничного водопостачання»

У дипломній роботі всього:	сторінок, 66
	рисунків, 26
	таблиць, 21
	літературних джерел, 65

Об'єкт дослідження - шлами фільтрувальних станцій залізничного водопостачання, що вміщують алюміній.

Мета роботи – розробка технології регенерації шламів, що вміщують алюміній для отримання коагулянтів для очистки природних та стічних вод.

Методологія та методи дослідження - планування та постановка експериментальної частини дослідження базується на стандартизованих методиках визначення вмісту алюмінію в регеноерованому шламі та показників якості очищеної природної та стічної води.

Наукова новизна отриманих результатів - визначення оптимальних умов одержання регеноерованого коагулянту з шламів фільтрувальних станцій очистки води, та ефективності його застосування для очистки природних та стічних вод.

Надано рекомендації щодо використання регеноерованого коагулянту в технології очищення води на станціях водоочищення.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці технологічної схеми регенерації коагулянту з шламу фільтрувальних станцій, визначення оптимальних умов процесу, визначенні ефективності застосування одержаного регеноерованого коагулянту.

Результати експериментальних та теоретичних досліджень можуть бути використані широким колом спеціалістів у галузі водопостачання та водовідведення, екологічної безпеки, раціонального природокористування.

ШЛАМ, ФІЛЬТРУВАЛЬНІ СТАНЦІЇ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, КОАГУЛЯНТ, УТИЛІЗАЦІЯ, РЕГЕНЕРАЦІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота «Екологізація процесів утилізації шламів фільтрувальних станцій залізничного водопостачання»

У дипломній роботі всього:

сторінок, 66

рисунків, 26

таблиць, 21

літературних джерел, 65

Об'єкт дослідження - шлами фільтрувальних станцій залізничного водопостачання, що вміщують алюміній.

Мета роботи – розробка технології регенерації шламів, що вміщують алюміній для отримання коагулянтів для очистки природних та стічних вод.

Методологія та методи дослідження - планування та постановка експериментальної частини дослідження базується на стандартизованих методиках визначення вмісту алюмінію в регеноерованому шламі та показників якості очищеної природної та стічної води.

Наукова новизна отриманих результатів - визначення оптимальних умов одержання регеноерованого коагулянту з шламів фільтрувальних станцій очистки води, та ефективності його застосування для очистки природних та стічних вод.

Надано рекомендації щодо використання регеноерованого коагулянту в технології очищення води на станціях водоочищення.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці технологічної схеми регенерації коагулянту з шламу фільтрувальних станцій, визначення оптимальних умов процесу, визначенні ефективності застосування одержаного регеноерованого коагулянту.

Результати експериментальних та теоретичних досліджень можуть бути використані широким колом спеціалістів у галузі водопостачання та водовідведення, екологічної безпеки, раціонального природокористування.

ШЛАМ, ФІЛЬТРУВАЛЬНІ СТАНЦІЇ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, КОАГУЛЯНТ, УТИЛІЗАЦІЯ, РЕГЕНЕРАЦІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ABSTRACT

Master's thesis "Greening of processes of utilization of sludge of filtering stations of railway water supply"

In the thesis of all: pages, 117

drawings, 26

tables, 21

literary sources, 66

The object of research is the sludge of filtering stations of railway water supply containing aluminum.

The purpose of the work is to develop the technology of regeneration of sludges containing aluminum to obtain coagulants for natural and wastewater treatment.

Methodology and research methods - planning and setting up the experimental part of the study is based on standardized methods for determining the aluminum content in regenerated sludge and quality indicators of treated natural and wastewater.

The scientific novelty of the obtained results is the determination of the optimal conditions for obtaining regenerated coagulant from the sludge of filtering water treatment stations, and the efficiency of its application for natural and wastewater treatment.

Recommendations for the use of regenerated coagulant in water treatment technology at water treatment plants are given.

The practical significance of the obtained results is to develop a technological scheme of coagulant regeneration from the sludge of filter stations, to determine the optimal process conditions, to determine the efficiency of the obtained regenerated coagulant.

The results of experimental and theoretical research can be used by a wide range of specialists in the field of water supply and sewerage, environmental safety, environmental management.

SLUDGE, FILTERING STATIONS, TECHNOLOGICAL SCHEME,
COAGULANT, UTILIZATION, REGENERATION, EFFICIENCY

ЗМІСТ

Вступ	8
1. Вплив сполук алюмінію на довкілля та здоров'я людини	11
2 Характеристика шламів фільтрувальних станцій	14
3. Сучасні технологічні схеми та методи обробки шламів	20
3.1 Комбіновані методи утилізації шламів фільтрувальних споруд	27
3.2 Обробка осаду реагентами з регенерацією коагулянтів	29
4. Дослідницька частина	35
4.1 Методики проведення регенерації осадів водоочисних споруд	35
4.2 Оптимізація лужної регенерації осадів, що містять алюміній	35
4.3 Дослідження можливості застосування регенерованого коагулянту для очищення природних і стічних вод	40
4.3.1 Результати випробувань регенерованого коагулянту для очищення стічних вод	41
4.3.2 Вивчення можливості застосування, як коагулянтів, реактивної суміші гідроксидного осаду з кислотою	42
4.3.3 Дослідження можливості застосування регенерованого коагулянту для очищення виробничих стічних вод	45
4.3.4 Вивчення можливості використання коагулянту, отриманого методом лужної регенерації ШФС для очищення природних вод	49
4.4 Розробка технологічної схеми обробки шламів фільтрувальних станцій залізничного водопостачання, який містить алюміній	52
5. Техніко – економічне обґрунтуванням ефективності запропонованої технологічної схеми	55
5.1 Розрахунок капітальних вкладень	55
5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	55
5.3 Розрахунок збитків	57
5.4 Визначення чистого економічного ефекту	57
5.5 Визначення загальної економічної ефективності природоохоронних витрат	58
5.6 Визначення загальної розрахункової економічної ефективності грошових вкладень в захист навколишнього середовища	58
Висновки	60
Список бібліографічних посилань	62

ВСТУП

Фільтрувальні станції залізничного водопостачання зазвичай здійснюють реагентне очищення поверхневих та підземних вод методом коагуляції та осадження значної кількості зважених речовин. Гідроксидний осад, який при цьому утворюється представляє собою високовологу масу органомінеральних речовин різної дисперсності, об'єднаних за допомогою гідроксидних зв'язків в єдину просторову структуру, що володіє колоїдними властивостями, є основним видом відходів фільтрувальних станцій (шлам очисних споруд).

Проблема безпечного розміщення та екологічно виправданої утилізації цих шламів надзвичайно актуальна для України, де основним джерелом централізованого водопостачання є поверхневі води, частка яких в загальному обсязі водозабору становить 68% [1, 2]. Близько 90% поверхневої води, яка надходить на фільтрувальні станції, піддається обробці з видаленням (найчастіше коагулювання) надлишкових домішок і знезараженню, при цьому на більшості з них обробка промивних вод і обробка (і утилізація) утвореного осаду не виконується [6-8]. Частково це обумовлено тим, що нормативи які діяли в період створення таких станцій утилізацію шламів, що утворюється при очищенні поверхневих вод, не передбачали. У кращому випадку, осад, що накопичується як правило, продовжує розміщуватися в накопичувачах або на мулових майданчиках.

В Україні 73 водопровідні станції загальною продуктивністю 7 млн. м³/доб. очищають і подають воду споживачам з поверхневих джерел з одночасним утворенням 50 млн. м³ осадів на рік (більше ніж 450 тис. тон в рік у перерахунку на суху масу) Аналогічна ситуація на фільтрувальних станціях залізничного водопостачання.

В Україні в результаті утворення великої кількості токсичних (небезпечних) відходів проблема екологічної безпеки набула особливої гостроти. Розрив між прогресуючим накопиченням токсичних шламів і заходами щодо їх утилізації та ліквідації загрожує поглибленням економічної кризи і загостренням соціально-економічної ситуації на Україні[3].

Ефективне вирішення всього комплексу питань, пов'язаних з ліквідацією або зменшенням негативного впливу токсичних шламів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини можливо тільки на підставі заходів, які передбачені Державною програмою поводження з токсичними відходами, яка враховує сучасний стан економіки України і перспективи її соціально-економічного розвитку[4].

До розряду токсичних відходів відносять осаді відстійників після реагентної або електрокоагуляційної очистки води (код групи відходу 1.24.00), а також відходи, що містять алюміній і його сполуки (2.01.00, код небезпечної складової - C01). Таким чином, шлами, які утворюються в процесі очищення природних вод на фільтрувальних станціях залізничного водопостачання, відносяться до відходів II - III класу небезпеки, поводження з якими регламентується положеннями законів України [4,5].

Кількість утворених осадів, що містять алюміній, в залежності від якості води, що оброблюється, виду коагулянтів, що застосовуються, конструктивних особливостей споруд, в яких осідає осад, змінюється зазвичай від 0,1 до 1%, а в окремих випадках до 5% обсягу води, що очищується, що призводить до погіршення екологічного стану в районах розташування станцій водоочищення. Це, в свою чергу, призводить до економічних санкцій і погіршує показники роботи фільтрувальних станцій залізниць.

Дана робота виконана з метою розробки технології утилізації осаду що містить сполуки алюмінію і визначення оптимальних параметрів реалізації окремих стадій технологічного процесу.

Для досягнення мети були вирішенні наступні задачі:

- досліджено склад та визначені основні характеристики шламів фільтрувальної станції НД вузол;
- проведено критичний аналіз існуючих методів та технологічних схем зневоднення та утилізації осаду станцій очистки води;
- визначено оптимальні параметри кислотної та лужної регенерації осаду (витрати реагентів, рН, час обробки, ефективність регенерації);

- досліджено можливість застосування регенерованого коагулянту для очистки природних та стічних вод

Об'єкт дослідження – шлами фільтрувальної станції очистки питної води, що містять алюміній; поверхневі води.

Методи досліджень: планування та постановка експериментальної частини дослідження базується на стандартизованих методиках визначення вмісту алюмінію в регенерованому осаді та показників якості очищеної природної та стічної води.

Наукова новизна отриманих результатів - визначення оптимальних умов одержання регенерованого з шламів фільтрувальної станції коагулянту, та ефективності його застосування для очистки природних та стічних вод.

Надано рекомендації щодо використання регенерованого коагулянту в технології очищення води на станціях водоочищення.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці технологічної схеми регенерації коагулянту з шламу фільтрувальної станції, визначення оптимальних умов процесу, визначенні ефективності застосування одержаного регенерованого коагулянту.

Результати експериментальних та теоретичних досліджень можуть бути використані широким колом спеціалістів у галузі водопостачання та водовідведення, екологічної безпеки, раціонального природокористування.

Основні наукові положення та результати роботи були представлені на 77 Міжнародній науково-практичній конференції «ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ». Секція «Екологічна безпека» 19.04 – 20.04.2021 р. Дніпро, 2021

1 ВПЛИВ СПОЛУК АЛЮМІНІЮ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Алюміній у різних формах широко розповсюджений у водних об'єктах. У підземних водах його присутність в основному обумовлена природними факторами: вміст алюмінію в природних водах України коливається від 0,001 до 10 мг/дм³ [9]. Дослідження показали [10], що вміст алюмінію у вихідній воді, що надходить на водопроводи з підземних джерел, становить до 2,56 мг/дм³ (в 66,1 % зібраних проб концентрація алюмінію перевищувала 0,1 мг/дм³). У воді, що надходить із поверхневих джерел, вміст алюмінію досягає 5,5 мг/дм³. У поверхневі водойми він може попадати також зі стічними водами підприємств [11]. Активна виробнича діяльність людини приводить до забруднення гідросфери алюмінієм у зв'язку з випаданням "кислотних дощів": рН атмосферних опадів може досягати величини 2,0-4,0. Підкислення ґрунтової вологи до рН 5,0 і нижче приводить до значного підвищення розчинності з'єднань алюмінію, його геохімічної рухливості. Тому спостерігається зростання концентрації розчиненого алюмінію у водоймах через вимивання його із ґрунту [9]. Однак основне підвищення вмісту алюмінію у водах відбувається в ході процесу водопідготовки, оскільки на переважній більшості водопровідних станцій миру як коагулянти використовуються ті або інші з'єднання алюмінію.

Шлам фільтрувальних станцій (ШФС), як правило, менш небезпечний для навколишнього середовища і людини, ніж, наприклад, осад міських стічних вод (ОСВ). У той же час ШФС (особливо яким він утворюється при очищенні висококольорових маломутних вод) має (в порівнянні з ОСВ) більш високі значення показника питомого опору фільтрації і вимагає великих витрат на згущення і зневоднення. Розміщення ШФС в ставках-накопичувачах або на майданчиках зневоднення призводить до відчуження значних щодо площі земельних територій, які на тривалий час виводяться з господарського використання. Крім того, в початковому вигляді гідроксидні осади нерідко становлять певну небезпеку для навколишнього середовища і людини, оскільки речовини, що містяться в них при певних умовах можуть включатися в геохімічні і біогеохімічні цикли.

Проблема ШФС найчастіше вирішується його скиданням в знижені ділянки місцевості, у водойми і водотоки, розміщенням на мулових майданчиках з підсушуванням і подальшим вивезенням у відвал. До недавнього часу в багатьох країнах світу, включаючи Україну, водопровідний осад (при одноразовому використанні коагулянту) нерідко скидався у вигляді шламової пульпи в водойми і водотоки, що обумовлювало потрапляння в них значних мас осадового матеріалу, забрудненого продуктами гідролізу коагулянтів (насамперед сполук алюмінію) і різними домішками, що містяться в реагентах і виділеними з вихідної води. Це призводило до трансформаційних змін процесів алювіального седиментогенеза і трансформації еколого-геохімічних особливостей водних систем.

Багато неорганічних з'єднань алюмінію зберігаються в розчиненому стані тривалий час і можуть впливати на людину та теплокровних тварин [12-14].

Так, під впливом підвищених концентрацій алюмінію була експериментально виявлена нейрофібрилярна дегенерація нейронів вищих ссавців, яка є важливою патологічною ознакою хвороби Альцгеймера [12]. Відмічено [13], що 20-кратне (порівняно зі звичайним) перевищення вмісту алюмінію в клітках мозку приводить до прогресуючої енцефалопатії, що супроводжується божевіллям. Добавки гідроксида алюмінію викликали зміни в тканині мозку [15]. В [14] зазначено, що максимальна концентрація алюмінію у воді, яка використовується для гемодіалізу, повинна бути нижче $0,04 \text{ мг/дм}^3$.

Авторами [9, 16], встановлено, що зміни рівня холестерину, в сироватці крові, зниження реактивності бруньок, і сумаційно-граничного показника СПП (що характеризує стан центральної нервової системи) з ростом концентрації алюмінію носять більш виражений характер, що особливо зростає при зниженій твердості води ($<1,8 \text{ мг-екв/дм}^3$). Є дані про те, що алюміній у кількості $>1,5 \text{ мг/кг}$ маси тіла порушує метаболізм фосфорних з'єднань [17], виявляє гонадотоксичну дію при тривалому введенні (доза $17\text{-}50 \text{ мг/кг}$) [18].

Автори [19] спробували класифікувати ознаки отруєння алюмінієм, зв'язали вміст алюмінію в організмі з анемією, енцефалопатією, розм'якшенням кісток, серцевою інтоксикацією.

У зв'язку з вищевикладеним, у багатьох країнах миру, особливо в Європі та Північній Америці, починаючи з 70-х років (так званого "десятиліття стандартів питної води" [20]) були поступово введені норми на величину залишкового алюмінію в очищеній питній воді. З того часу, у зв'язку із численними результатами медико-біологічних досліджень (див. вище), ці норми в різних країнах переглядалися у бік зниження величини $Al_{ост}$. У таблиці 1.1 наведено норми вмісту алюмінію в питній воді, які встановлені національними та деякими інтернаціональними організаціями.

Таблиця 1.1 Вміст алюмінію в питній воді

Нормативні документи	Концентрація, мг/м ³
Рекомендації ВООЗ	менш 0,05
Директива ЕС 75/440/ЕЕС від 16.06.1975	менш 0,05
Директива ЕС, максимально припустимий рівень	Менш 0,20
Директиви, прийняті в 1985 р. Американським суспільством захисту навколишнього середовища (US EPA)	$\leq 0,05$
Приписання Американської асоціації досліджень по воді (AWWA)	$\leq 0,05$
ДСанПіН 2.2.4-171.10	0,2 (0,5)
ДСТУ 7525:2014	0,2 (0,5)

Тому вирішення проблеми утилізації шламів фільтрувальних станцій дозволить не тільки зменшити надходження сполук алюмінію у поверхневі водойми (а відповідно їх вміст у питній воді), ефективно використовувати вторинну сировину (регенерований коагулянт), а й значно покращити екологічний стан підприємств водопідготовки.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ШЛАМІВ ФІЛЬТРУВАНИХ СТАНЦІЙ

Шлам, що утворюються в процесі очищення природних вод різної вихідної якості, має зазвичай різний склад. Це обумовлює необхідність їх систематизації та класифікації для полегшення вибору оптимальних прийомів його обробки. Осади природних вод можуть бути класифіковані:

а) за походженням: осад вод поверхневих джерел і осад вод підземних джерел;

б) за якістю води джерела: осад поверхневих вод (характеризуються відношенням кольоровості K до каламутності M вихідної води) - маломутних кольорових вод ($K/M \geq 10$ град-л/мг), вод середньої кольоровості і каламутності ($1 \leq K / M \leq 10$ град-л/мг), вод підвищеної каламутності ($K/M \leq 1$ град-л/мг); осад підземних вод (характеризуються за видом визначення забруднення вихідної води) - залізовмісний, підвищеної жорсткості, речовини які містять фтор, марганець та ін.;

в) за видом реагентів, що використовуються при очищенні води: осад, утворений використанням солей алюмінію і заліза, флокулянтів, поєднання мінеральних коагулянтів і флокулянтів;

г) за умовами утворення: осад з відстійників і прояснювачів зі зваженим шаром, промивних вод фільтрів, промивних вод контактних прояснювачів, розчинних баків реагентів;

д) за здібністю віддавати воду: осади, які легко віддають воду, зневоднення яких може бути здійснено без попередньої підготовки або з додаванням невеликої кількості реагентів, і осади з низькою здатністю віддавати воду, які зневоднюються тільки після попередньої підготовки шляхом додавання підвищених доз хімічних реагентів або попереднього проморожування і відтаювання.

Основним технологічним показником шламів фільтрувальних станцій, який визначає вибір способу їх обробки, є здатність до водовіддачі, що характеризується питомим опором фільтрації. Цей показник служить основним

критерієм при класифікації осадів за характерними групами вододжерел з метою визначення способів їх підготовки й зневоднювання.

Шлами фільтрувальних станцій залізничного водопостачання можна класифікувати таким чином :

перша група - осади, що мають найбільш високий питомий опір фільтрації $(800-1600) \cdot 10^{10}$ см/г, що погано віддають воду при ущільненні та зневоднюванні. Це осади станцій, водозабори яких розташовані на водоймищах Дніпра, які характеризуються малою каламутністю води ($3-5$ мг/дм³) і середньою кольоровістю ($35-120$ град.). Органічна частина таких осадів становить близько половини ($58-63\%$) ваги сухої речовини та представлена в основному залишками водоростей. Незначна кількість мінеральних домішок у воді та висока її кольоровість, наявність органіки й колоїдів приводять до утворення пухких з гелеподібною структурою осадів, які містять структурно затиснену воду, що важко звільняється при звичайних методах впливу;

друга група - осади річок з малим ($1-50$ мг/дм³) вмістом суспензії та, як правило, малої (до 35 град.) кольоровістю води: Південний Буг, Тетерів, Рось. Сюди ж (за величиною питомого опору фільтрації) віднесені осади дніпровських станцій у районі водозаборів яких кольоровість дніпровської води значно знижується при розведенні її паводковими водами. Кількість органічних речовин становить $35-45\%$. Величина питомого опору фільтрації таких осадів становить $(350-900) \cdot 10^{10}$ см/г. Ці осади вже краще віддають воду;

третья група - осади рік Сіверський Донець, Рось, Десна, що характеризуються середньою каламутністю води ($50-250$ мг/дм³) і кольоровістю, що не перевищує 35 град. Дані осади мають значну кількість великих включень, вміст органічних речовин у них не перевищує 30% , а колоїдних гідроксидів утримується не більш $3-6\%$. При ущільненні таких осадів спостерігається деформація їх структури, вони порівняно легко віддають воду, володіючи при цьому невеликим питомим опором фільтрації $(100-170) \cdot 10^{10}$ см/г.

четверта група - осади річок, що беруть свій початок у горах і несуть у собі значну кількість крупнодисперсної суспензії, у середньому більш 250 мг/дм³: ріки Криму, Дністер, Прут. Такі осади мають найбільш щільну структуру з

незначним вмістом органіки. Питомий опір фільтрації таких осадів не перевищує $(10-160) \cdot 10^{10}$ см/г [21,22].

До осаду поверхневих вод можна також віднести відходи, які затримують на фільтрах, основну масу яких складають мікрободорості.

У загальному вигляді осад вод поверхневих джерел представляє собою складну багатоконпонентну просторову систему з дуже розвиненою поверхнею, яка об'єднує в одне ціле великий комплекс різних за походженням, якістю і властивостями речовин. Основними компонентами осаду є продукти гідролізу хімічних реагентів в поєднанні з мінеральними речовинами (глинистими частинками, частинками крейди або піску, кварцу, гідроліди карбонатних пород, нерозчинними або малорозчинними солями металів) і органічними речовинами (мулом, фіто- і зоопланктоном, різними мікроорганізмами і бактеріями, продуктами життєдіяльності водних організмів і рослин, колоїдами гумінових кислот і фульвокислот). Крім зазначених компонентів в осад випадають різні нерозчинні домішки, що вносяться до води разом з коагулянтном [22-26] .

Зазвичай для свіжого ШФС (після 45-60 хв. відстоювання) висококольорових маломутних вод вміст сухої речовини становить 0,3-0,4%, для осаду вод середньої кольоровості і каламутності - 0,4-0,8%, для осаду питних вод - 0,8-3% і більш [27].

Основним компонентом ШФС є гідроксид алюмінію, який утворюється в процесі гідролізу коагулянту до Al_2O_3 (25-45%). У табл. 2.1 наведені усереднені дані хімічного складу деяких осадів, отриманих в процесі реагентної очистки вод різних поверхневих водойм при різних ступенях ущільнення.

Наведені в табл. 2.1 хімічні показники зазвичай дають достатнє уявлення про якість осаду, проте в конкретних умовах може знадобитися проведення ряду додаткових досліджень з метою отримання даних, наприклад, щодо наявності в осаді солей важких металів, нафтопродуктів, біогенних і отруйних речовин та інші [23-26].

Таблиця 2.1 Усереднений склад осаду фільтрувальних станцій

Показники	Осад		
	З відстійників	З промивної води фільтрів	З прояснювачів
Вологість, %	99,7 – 94,0	99,5 – 94,0	99,5 – 96,0
Втрати при прожарюванні, %	60,0 – 22,0	21,0 – 39,0	27,0 – 67,0
БСК ₅ , мг/л	160-125	-	-
Склад осаду після прожарювання %:			
SiO ₂	7,0 – 40,0	16,0 – 31,0	5,0 – 28,6
Al ₂ O ₃	14,0 – 36,0	17,0 – 25,0	15,0 – 30,0
Fe ₂ O ₃	0,8 – 5,0	5,0 – 12,0	0,2 – 5,0
CaO	1,0 – 3,0	2,0 – 3,5	0,2 – 2,0
MgO	0,3 – 1,3	0,4 – 2,0	0,2 – 3,5
Нерозчинний в кислоті залишок (за різницею), %	5,0 – 47,0	21,0 – 40,0	2,0 – 30,0

На прикладі станцій з поверхневим водозабором Придніпровського регіону встановлено, що осад водопровідних станцій, що не зазнав подальшої обробки, має наступний склад, %: вологість -99,7-93,6; втрати при прожарюванні -21-67; SiO₂ - 1,6-42; Al₂O₃ - 14-36; Fe₂O₃ -0,2-5; CaO - 0,1-3,5; MgO - 0,2-3,5.

Вміст в осаді важких металів майже ніколи не перевищує величин ГДК. Середні концентрації металів в осаді становлять, мг/кг сухого осаду: Cd < 2;

Cu - 234; Cr -187; Ni - 102; Pb - 230; Zn - 557. Практично всі виявлені важкі метали, за винятком кадмію, присутні в хімічно пасивних формах оксидів або силікатів. Іони кадмію можуть переходити в розчин у кислому середовищі (наприклад, у кислих ґрунтах).

Основними властивостями ШФС, які багато в чому визначають вибір технологічної схеми його обробки та утилізації, є вологість, щільність, здатність до водовіддачі, кут ковзання, в'язкість і ін. В загальному випадку він має властивості в'язкопластичної рідини і характеризується високою вологістю (від 92-94 до 99, 5-99,8% в залежності від якості вихідної води і технологічної схеми її обробки), високим специфічним опором фільтрації ($10^{10} - 10^{12}$ м/кг), який змінюється при зміні температури, рН середовища і початкової вологості, розвиненою внутрішньою поверхнею (від декількох десятків до сотень м²/г), вмістом значної кількості сапрофітних організмів ($10^4 - 10^5$ мл⁻¹) і бактерій ($10^3 - 10^4$ мл⁻¹), високими значеннями БСК₅ (~ 80 мгО₂/л) і ХСК (~ 300 мгО₂/л). Осад характеризується відносно низьким вмістом азоту (0,5-0,9% N_{заг}) і фосфору (1% Р₂О₅). Склад і властивості шламів, залежать від якості води, з якої вони отримані, впливають на інтенсивність і глибину їх ущільнення [27]. В осаді каламутних вод нерозчинний осад становить 40-50%, в той час як в осаді кольорових вод - лише 2-15%. При збільшенні у вихідній воді вмісту мінеральних домішок осад виходить більш щільним і зростає швидкість протікання процесу ущільнення. Для гравітаційного ущільнення осаду вод підвищеної каламутності достатньо всього кількох годин, то для ущільнення осаду малокаламутних висококольорових вод потрібні десятки і сотні годин, при цьому в першому випадку в процесі ущільнення вологість осаду знижується до 92-94%, а в другому - до 98-99%. Щільність осаду варіюється в межах 1002-1041 кг/м³. У тих випадках, коли при знезараженні води застосовується попереднє її хлорування, бактеріальне забруднення осаду різко знижується.

Середній вміст гідроксиду алюмінію Al(OH)₃ в абсолютно сухому водопровідному осаді є найважливішою характеристикою його хімічного складу, фізичних і технологічних властивостей. На фільтрувальних станціях, де очистка води здійснюється із застосуванням коагулянту на основі алюмінію,

утворюються шлами, які за вмістом алюмінію (на суху масу) можуть бути розділені на наступні технологічні групи [28]: 1) осад у вигляді гелю з вмістом алюмінію понад 15 %; утворюється в процесах очищення поверхневих висококольорових вод низької каламутності; характеризується незадовільною здатністю до гравітаційного ущільнення; 2) глинистий осад з вмістом алюмінію до 10%; утворюється в процесах очищення поверхневих вод низької кольоровості середньої каламутності; характеризується задовільною здатністю до гравітаційного ущільнення; 3) евтрофікований осад з вмістом алюмінію 10-15%; утворюється в процесах очищення поверхневих вод низької і середньої каламутності в періоди евтрофікації вододжерела; характеризується погіршенням здатності до гравітаційного ущільнення в порівнянні з типовими для даного джерела седиментаційними властивостями. Застосування в процесі водопідготовки полімерних електролітів (флокулянтів) дозволяє зменшити дозу коагулянту і, як наслідок, знизити вміст гідроксиду алюмінію в осаді і утворення сухої речовини [29].

При двоступеневій схемі очищення води осад утворюється або в горизонтальних, або в вертикальних відстійниках і в прояснювачах з шаром зваженого осаду (в осадоущільнювачі). Якщо застосовується одноступенева схема очищення, то осад утворюються при видаленні промивних вод контактних прояснювачів, швидких двопоточних фільтрів, префільтрів.

Залежно від властивостей осаду і вимог, що пред'являються до кінцевого продукту, існують такі основні стадії обробки осаду: ущільнення осаду, яке дозволяє з мінімальними енерговитратами досягти зниження його об'єму і вологості; хімічне або термічне кондиціювання, для поліпшення вологовіддачі осаду перед механічним зневодненням; зневоднення осаду, з допомогою вакуумних фільтрів або іншого обладнання, в результаті чого знижується вологість осаду до 60-80%, термічна сушка; спалювання осаду з отриманням безпечної в санітарному відношенні золи.

3 СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ І МЕТОДИ ОБРОБКИ ШЛАМІВ

Залежно від складу та властивостей осаду тієї або іншої станції можуть бути обрані різні схеми їх зневоднювання та утилізації. Рекомендовані інститутом УкркомунНП-прогрес схеми обробки осадів наведені на рис. 3.1-3.4 [27, 30].

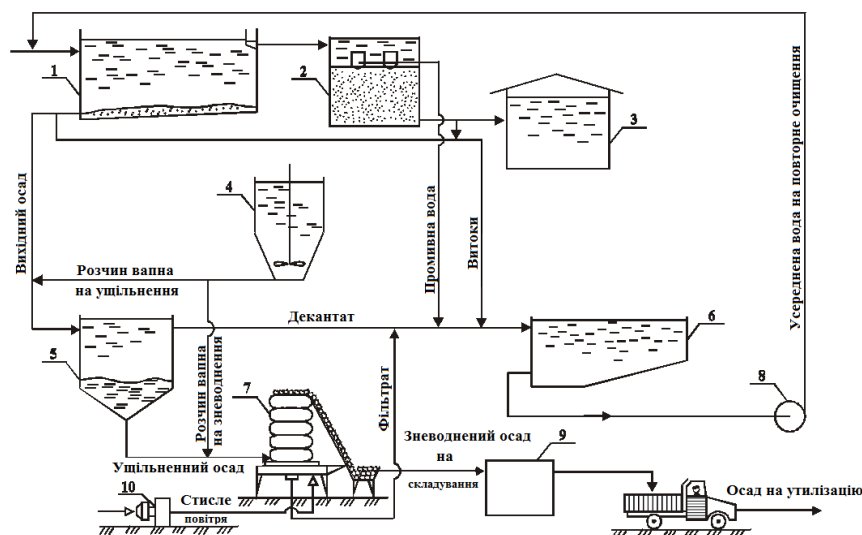


Рис. 3.1-Рекомендована схема обробки осадів першої групи

1 - горизонтальний відстійник; 2 - швидкий фільтр; 3 - РЧВ; 4 - ємності для приготування вапняного молока; 5 - ущільнювач осаду; 6 - резервуар-усереднювач промивної води; 7 - цех фільтр-пресів; 8 - насос перекачування усередненої води; 9 - територія для складування; 10 - компресор високого тиску.

Осад, що затримується на водопровідній станції, з початковою вологістю 99,0-99,5% спрямовується у вертикальний осадощільнювач, в якому ущільнюється впродовж 24 годин з добавкою вапна в кількості 20% від ваги сухої речовини осаду, або (в період цвітіння води у вододжерелі) 20% глини. Вологість ущільненого водопровідного осаду складає 96-98%. Ущільнений осад (перед механічним зневодненням) спрямовується в спеціальний резервуар. При додаванні глини (для ущільнення перед механічним зневодненням) водопровідний осад нагрівають до 70-80⁰С. Осад зневоднюється на фільтр-пресах типу ФПАКМ, тривалість одного фільтроциклу складає 15-17 хв. Кількість фільтр-пресів вибирається залежно від добової кількості осаду (за

сухою речовиною), що утворюється на водопровідній станції. Далі зневоднений водопровідний осад утилізувався.

Для обробки осаду 2-ої групи (ВПО має питомий опір фільтрації в $350-900 \times 10^{10}$ см/г, вміст органічних речовин складає 35-45%, колоїдних гідроксидів - 10-26%) пропонується безстічна технологічна схема, наведена на рис. 3.2.

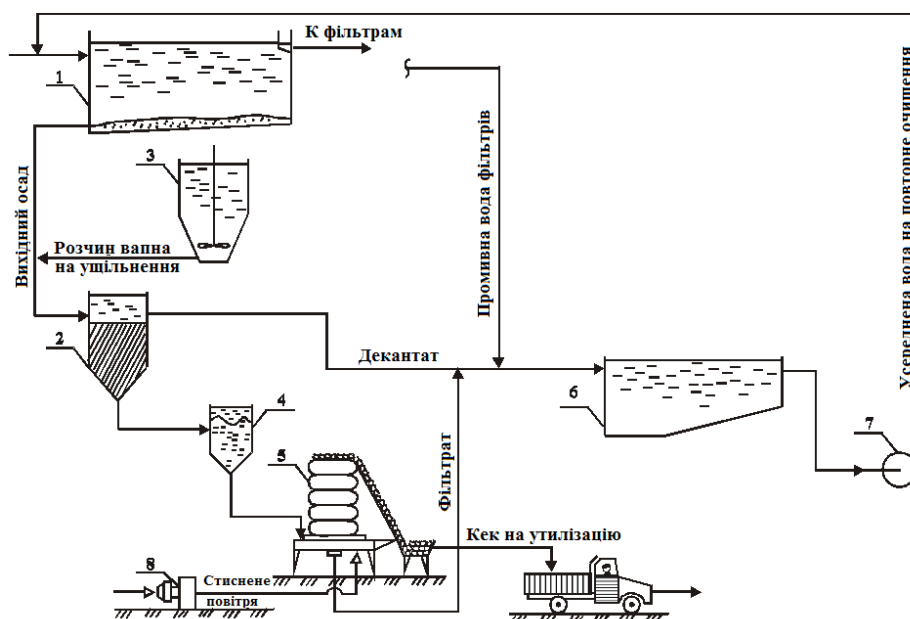


Рис.3.2-Рекомендована схема обробки осадів другої групи вододжерел

1 - горизонтальний відстійник; 2 - ущільнювач осаду; 3 - ємності для приготування вапняного молока; 4 - накопичувач ущільненого осаду; 5 - фільтр-прес; 6 – резервуар-усереднювач промивної води; 7 - насос перекачування усередненої води; 8 - компресор високого тиску.

Водопровідний осад, що затримується горизонтальними відстійниками і має вологість близько 99,2-99,5%, подається в ущільнювачі осаду, де ущільнюється впродовж 24 годин. (з додаванням вапна у кількості 10% від ваги сухої речовини осаду або з додаванням 10% глини в період максимального цвітіння води у вододжерелі). Вологість ущільненого осаду досягає 95-97%. Кількість фільтр-пресів для механічного зневоднення осаду визначається з об'єму (за сухою речовиною) осаду, що утворюється. Зневоднений осад спрямовується на подальшу утилізацію.

Водопровідний осад 3-ої групи, що має початкову вологість 97,5-98 %, ущільнюється без внесення допоміжних речовин впродовж 18-24 годин. до вологості близько 92,0-94,0% (див. рис. 3.3).

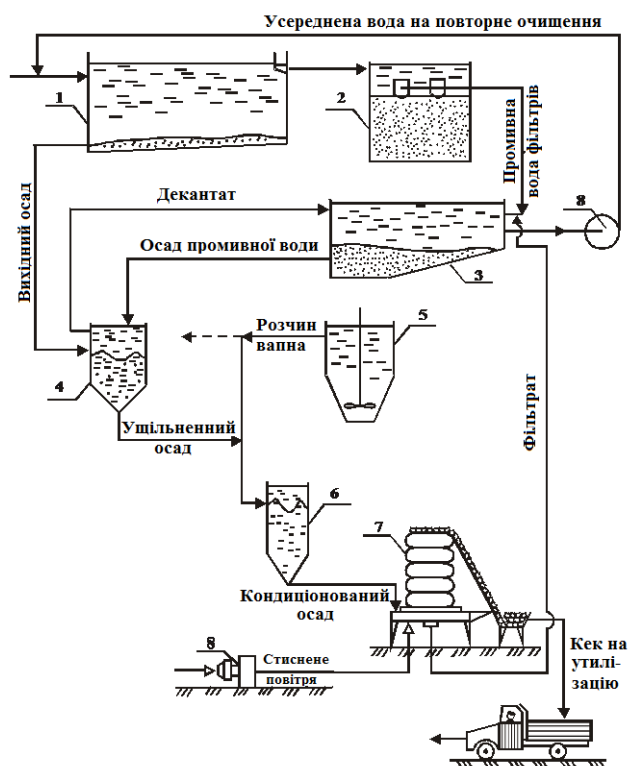


Рис. 3.3 - Рекомендована схема обробки осадів третьої групи

1 - горизонтальний відстійник; 2 - швидкий фільтр; 3 - резервуар-усереднювач промивної води; 4 - ущільнювач осаду; 5 - ємності для приготування вапняного молока; 6 - накопичувач ущільненого осаду; 7 - фільтр-прес; 8 - насос перекачування усередненої води; 9 - компресор високого тиску.

Осад з ущільнювача осаду (через спеціальний бак підготовленого осаду) подається на механічне зневоднення. При механічному зневодненні водопровідного осаду здійснюють його кондиціонування вапном з дозою 10-20% (від сухої маси осаду). При цьому продуктивність фільтр-пресів, кількість яких визначається з об'єму (за сухою речовиною осаду, що обробляється), перевищує 20 кг/м²/год.

Осад 4-ої групи вододжерел (з початковою вологістю 96-97,5%) ущільнюється досить швидко (за 8-12 годин.) до вологості 85-92% в резервуарі-ущільнювачі (див. рис. 3.4).

Хоча ущільнення осаду досягається за такий короткий час без застосування додавання реагентів, надмулова вода має високий вміст суспензії. Для отримання більшого прояснення такої води додається вапно при ущільненні в резервуарі-ущільнювачі в дозі 2,5% (за сухою речовиною осаду) у вигляді 10%-ної суспензії. Для цієї групи ВПО додавання незначне (до 6%). Далі ущільнений осад з вологістю 85-92% подається на механічне зневоднення, яке відбувається на фільтр-пресах. Після зневоднення осад утилізують.

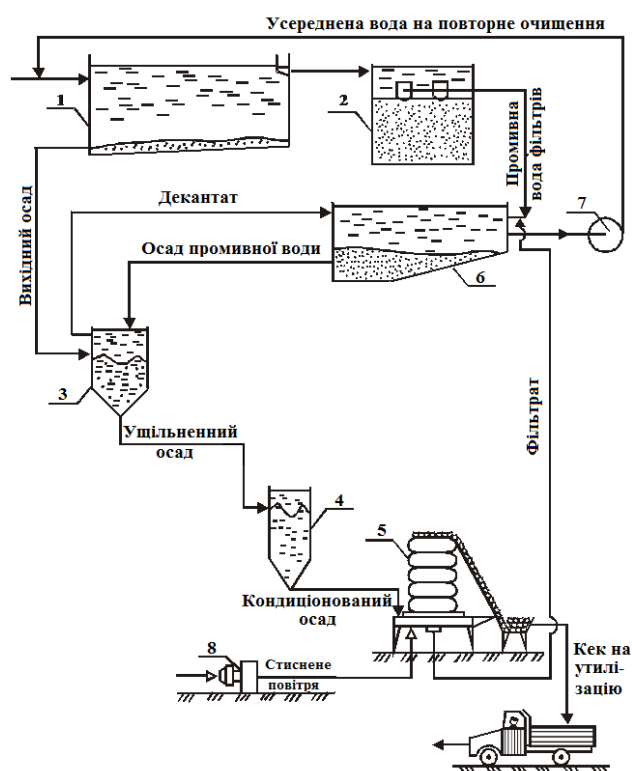


Рис. 3.4-Рекомендована схема обробки осадів четвертої групи

1 - горизонтальний відстійник; 2 - швидкий фільтр; 3 - ущільнювач осаду; 4 - накопичувач ущільненого осаду; 5 - фільтр-прес; 6 - резервуар-усереднювач промивної води; 7 - насос перекачування усередненої води; 8 - компресор високого тиску.

Для ВПО 3-й і 4-й груп можлива заміна вапна на відходи хімічних виробництв, які містять вапно (вміст вапна 35-50%). Величина продуктивності фільтр-пресу при дозі добавки в 35% складає 9-10 кг/м² год, що дає можливість

судити про взаємозамінюваність відходів. У таблиці. 3.1 та 3.2 наведені основні технологічні параметри ущільнення та зневоднення осадів усіх чотирьох груп.

Таблиця 3.1. Основні технологічні параметри ущільнення ВПО [27]

Група вододжере л	Параметри ущільнення				
	Вихідна вологість, %	Реагент	Кількість реагенту, %	Час ущільнення, год	Вологість після ущільнення
1	99,0-99,5	Глина	10-20	24	96-98
2	99,5-98,0	Вапно	10-20	24	95-97
3	98,0-97,5	Вапно	Не більш 5	18-24	92-94
4	97,5-96,0	-	-	8-12	85-92

Таблиця 3.2 - Основні технологічні параметри зневоднення ВПО на фільтр-пресі [27]

Група вододжерел	Параметри ущільнення				
	Реагент	Кількість реагенту, %	Вологість кека, %	Тривалість, с	Продуктивність, кг/м ² х год
1	Глина	нагрів до 70-800С	65-70	660-700	6-7
2	Вапно	20-30	60-65	615-630	12-15
3	Вапно	10-20	58-60	535-580	18-23
4	Вапно	5-10	52-55	480-500	22-28

Як було відзначено вище, осади, що накопичуються на станціях, представляють собою складну органо-мінеральну суміш, містять ряд коштовних елементів, у яких мають потребу різні галузі народного господарства.

На підставі проведених інститутом "Укркоммунниипрогресс" у співдружності з рядом інститутів і організацій м. Харкова досліджень установлена можливість і практична доцільність утилізації осадів (див табл. 3.3) [26,31].

Таблиця 3.3 - Основні напрями утилізації осаду водопровідних станцій

Група вододжерел	Кількість осаду, що утворюється, т/доб.		Область утилізації осаду	Стадія промислового освоєння
	за сухою речовиною	при вологості 40-60% після зневоднення		
1.Малокаламутні до 50 мг/л, середньокольорові	112,8	1340	Металургія (захисне покриття для піддонів і виливниць)	Промислові випробування, м. Маріуполь, "Азовсталь"
2.Малокаламутні, висококольорові	47,5	550	Будівельні матеріали (виробництво керамзиту), Сільське господарство	Робоча документація, м.Київ, будівництво Польові випробування
3 і 4. Середньої каламутності (50-250 мг/л)	286,0	2832	Будівельні матеріали (виробництво цементу) Антикоровісні покриття	Робоча документація, м.Харків Промислові випробування, м. Харків

При виборі шляхів переробки та утилізації осаду кожної фільтрувальної станції велике значення мають його хіміко-мінералогічний склад і фізико-хімічні властивості.

Осад може бути також використаний на самій фільтрувальній станції з метою інтенсифікації процесу хлоп'єутворення й економії коагулянту. Так, на Дніпровському водопроводі м. Києва встановили, що доцільно додавати осад до вихідної води в дозах 2040 мг/дм^3 , а на Владимирському водопроводі - у дозах $150\text{-}200 \text{ мг/дм}^3$, що дає економію до 30% коагулянту

Проводилися дослідження ефективності передачі осадів фільтрувальних станцій на обробку разом з осадами міських стічних вод. При цьому розглядалися варіанти: скидання осадів станцій очищення питних вод у міську каналізаційну мережу; перекачування їх на станцію очищення міських стічних вод; транспортування автотранспортом на установки для зневоднювання й сушіння осадів міських стічних вод. Таким чином, безстічні схеми роботи водопровідних очисних споруджень запобігають скиданню всіх "хвостових" вод і осадів у навколишнє середовище та вирішують завдання створення безвідхідної технології очищення води, а утилізація зневоднених водопровідних осадів доповнює безстічну схему роботи очисних споруджень, тому що дозволяє запобігти їхньому скиданню в яри, балки, сприяючи збереженню навколишнього середовища й забезпечує одержання значного народногосподарського ефекту[32].

До найбільш поширених методів зневоднення та утилізації осадів в світовій практиці відносять:

- скидання осаду в поверхневі потоки та водойми , а також поховання у відкритому морі та підземних горизонтах
- зневоднення осадів в природних умовах (ставки-накопичувачі, мулові майданчики);
- ущільнення осаду в гравітаційних ущільнювачах;
- механічне зневоднення осадів (вакуумні фільтри, фільтр-преси, сепаратори);

- комбіновані методи зневоднення осадів;
- термічна обробка осадів;
- фізико-хімічна обробка осадів;
- реагентна обробка осадів з регенерацією коагулянтів.

3.1 Комбіновані методи утилізації шламів фільтрувальних споруд (ШФС)

Проведений нами аналіз показав, що технічно-економічні показники процесів утилізації осадів можуть бути поліпшені завдяки розробці нових апаратів і установок, в яких зневоднення відбувається за рахунок гравітаційних сил і механічного віджиму. Обов'язковою умовою застосування даних апаратів є отримання осадів з певними структурно-механічними властивостями для кожного конкретного випадку.

Розроблені [34, 35] три схеми обробки осаду, що містить гідроксиди металів (див. рис 3.5), передбачають залежно від необхідної продуктивності найвигідніший техніко-економічний взаємозв'язок режиму кондиціонування осаду і конструкцію устаткування для розподілу твердої і рідкої фаз суспензії.

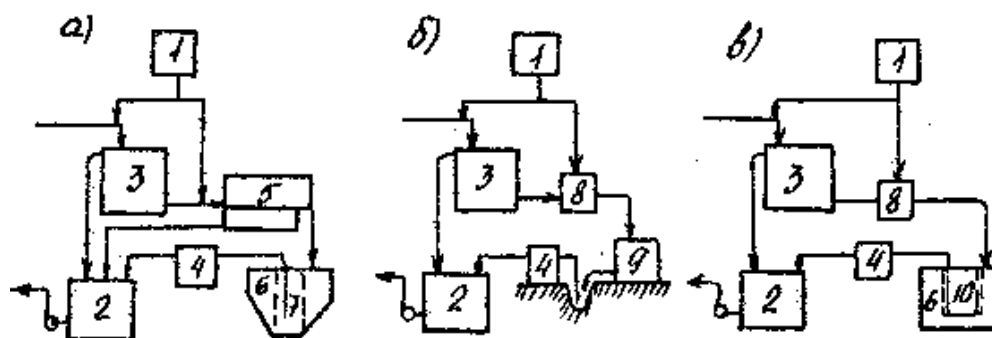


Рис 3.5-Установки для зневоднення осадів

Сутність режиму зневоднення полягає в кондиціонуванні осаду розчином поліакриламід (ПАА) при дробовому введенні останнього, згущенні осаду при повільному перемішуванні і подальшому видаленні води в апаратах, що працюють під дією гравітаційного і надлишкового тисків.

Вузол кондиціонування і згущення осаду в наведених схемах (варіантах) є незмінним. Конструкція апаратів для остаточного видалення води обирається в залежності від необхідної продуктивності на основі техніко-економічних показників вузла зневоднення.

Кондиціонування і згущення осаду здійснюється наступним чином: осад з відстійників чи прояснювачів вологістю, як правило, 97-99% надходить в змішувальний лоток відстійника-згущувача, куди одночасно подається перша доза розчину ПАА 0,2 - 0,4% - ної концентрації. Далі оброблений ПАА осад через завантажувальний пристрій надходить у відстійник-згущувач.

За першим варіантом зневоднення (рис. 3.5 а) кінцеве видалення води здійснюється послідовно на барабанному сітчастому фільтрі (БСФ) 5 і бункері 6 з фільтруючим патроном 7.

За другим варіантом (рис. 3.5 б) осад з відстійника-згущувача 3 спрямовується в змішувальний пристрій 8, куди одночасно додається друга доза розчину ПАА. Далі осад надходить всередину фільтруючого контейнера 9, що представляє собою прямокутний резервуар об'ємом не більше 1 м³ з глухим днищем; він обтягнутий за периметром латунною сіткою з розміром осередків, що фільтрують 1-1,6 мм.

Процес фільтрування в контейнері здійснюється за рахунок гідростатичного тиску стовпа рідкої фази. При цьому фільтрат просочується крізь стінки контейнера і збирається в приямку, звідки видаляється вакуум-насосом 4 в ємність 2.

Дана схема може бути рекомендована для установок продуктивності не більше 10 м³/год. Це обумовлено тим, що при більшій продуктивності необхідно більше 20 контейнерів, що викликає потребу в додаткових площах.

Промислові випробування такої установки показали, що за допомогою одного фільтруючого контейнера об'ємом 1м³ можна забезпечити зневоднення осаду з вихідною вологістю 98,5 % в кількості 0,5 м³/год. При цьому доза ПАА складає 100-120 мг/л за вихідним осадом: перед відстійником-згущувачем доза дорівнює 60-70 мг/л; 30 - 50 мг/л - перед фільтруючим контейнером. Кінцева

вологість осаду після 6 - 8-годинного перебування в контейнері не перевищує 85-86 % .

За третім варіантом (рис. 3.5 в) осад після згущення спрямовується в змішувальну камеру 8, куди одночасно надходить друга доза ПАА.

Така схема може бути застосована в вузлах зневоднення продуктивністю до 50 м³/год.

Вологість згущеного осаду дорівнює 95-96% , зневодненого - 81-83 % . Таким чином, використання цих установок замість вакуум-фільтрів дозволяє знизити витрати на вузол зневоднення в 1,5-2 рази з огляду на їх компактність, високу продуктивність, простоту конструктивного оформлення і можливість їх виготовлення силами підприємства. При реконструкції існуючих вузлів зневоднення їх продуктивність може бути збільшена в 3-4 рази.

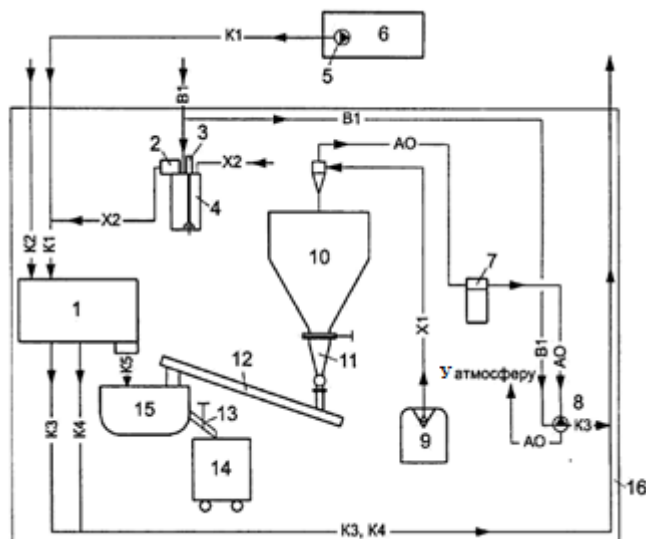


Рис. 3.6 Технологічна схема установки з переробки осадів

1 - фільтр-прес; 2 - насос-дозатор; 3 - мішалка; 4 - бак флокулянту; 5 - насос подачі осаду; 6 накопичувач; 7- фільтр; 8- водокільцевий вакуум-насос; 9- контейнер з вапном; 10 бункер для вапна; 11 - об'ємний живильник; 12- гвинтовий конвейер; 13 - тічка з затвором; 14 - контейнер для готового продукту; 15 - змішувач; 16 - великотонажний контейнер;

K1 - вихідний осад; K2 - промивна вода; K3 - зливна вода; K4 - фільтрат; K5 - зневоднений осад; X1 – негашене вапно; X2 флокулянт; B1 - вода з господарсько-питного водопроводу; AT - повітря.

Для здійснення зневоднення осадів які містять алюміній у фільтр-пресах з попереднім його кондиціонуванням флокулянтами і наступною обробкою отриманого кеку негашеним вапном з отриманням зернистого гранульованого матеріалу нами рекомендована технологічна схема і мобільна установка в контейнерному виконанні, розроблена ЦНПІП (див. рис. 3.6) [39].

Все обладнання установки за винятком насосів подачі осаду монтується в одному контейнері.

3.2 Обробка осаду реагентами з регенерацією коагулянтів

Регенерація коагулянтів є ефективним напрямом утилізації ВПО особливо тих, що утворюються при очищенні малокаламутних вод, коли вміст оксиду алюмінію в них може досягати 40% і більше (на суху масу) [36, 25]. Регенерацію коагулянтів доцільно здійснювати на водопровідних станціях великої і середньої потужності, де споживається значна кількість реагентів і утворюються великі об'єми ВПО. Коагулянти можна регенерувати шляхом розчинення продуктів гідролізу в кислотах або лугах, аналогічно отриманню сульфату алюмінію з його гідроксиду, а також екстракцією органічними реагентами. Слід зазначити, що в ході обробки осаду кислотами або лугами не виключається вірогідність накопичення в регенованому коагулянті бактерій, органічних і неорганічних домішок. Це, частково, і є причиною того, що регенерація коагулянту з осаду природних вод не знайшла повсюдного практичного застосування.

Найбільше застосування отримала кислотна обробка ВПО (особливо сірчаною кислотою), яка дозволяє одночасно вирішувати проблему зменшення об'єму осаду (у 5-20 разів), що утворюється, і утилізувати значну частину (до 60-86%) коагулянту, що витрачається в процесі очищення води [36, 25]. Технологія кислотної регенерації коагулянтів може здійснюватися у двох напрямках: кислотна обробка прожареного залишку (так звана суха регенерація) і кислотна обробка вологого осаду. Найчастіше використовують свіжоутворений зневоднений осад, який видалений з очисних споруд не пізніше 1-1,5 годин. Інакше осад кристалізується, що призводить до зниження

його здатності до розчинення. Кислоту дозують з розрахунку отримання сульфату алюмінію[37].

При цьому слід мати на увазі, що стехіометрична кількість кислоти, необхідна для розчинення 1 кг Al_2O_3 , складає 2,88 кг для сірчаної кислоти і 2,15 кг для соляної.

Розчинення гідроксиду алюмінію, що знаходиться в складі осадів, при додаванні кислоти відбувається при певних порогових значеннях рН реакційної суміші, які коливаються в залежності від стану гідроксиду для сірчаної кислоти від 4,5 - 4,2 до 3,2 - 2,5 і для соляної кислоти від 4,2 - 3,8 до 2,5 - 2.

Мінімальний обсяг утворення вторинного осаду відповідає рН = 2,5 - 3,2 при використанні сірчаної кислоти і рН = 1,5 - 2 при використанні соляної кислоти. Залежно від виду і концентрації вихідного осаду обсяг вторинного осаду становить при використанні сірчаної кислоти 8 - 18%, а при використанні соляної кислоти 12 - 25% обсягу вихідного осаду. Збільшення обсягу вторинного осаду призводить до зниження ефективності процесу регенерації

внаслідок зростаючих втрат розчину регенованого коагулянту. Максимальна ефективність регенерації коагулянту сірчаною кислотою досягає 65 - 85% при рН = 2,5 - 3,2, а соляною кислотою - 40 - 75% при рН \approx 2

На рис. 3.7 наведена технологічна схема кислотної обробки осаду для регенерації сульфату алюмінію, яка може застосовуватися на водоочисних комплексах різної продуктивності[38]. Цю схему недоцільно реалізовувати на очисних комплексах, які обробляють висококольорову воду, так як в цьому випадку відновлений коагулянт буде забруднений розчиненими органічними речовинами. Витрата 100% кислоти в середньому становить 3 кг на 1 кг оксиду алюмінію.

Відновлення сульфату алюмінію відбувається в три етапи : ущільнення осаду до концентрації сульфату алюмінію не менш 2% (20 г / л); додавання сірчаної кислоти до кислотності при рН 2 ... 3 і перебування в розчині для збільшення ущільнення; відділення осаду від сульфату алюмінію.

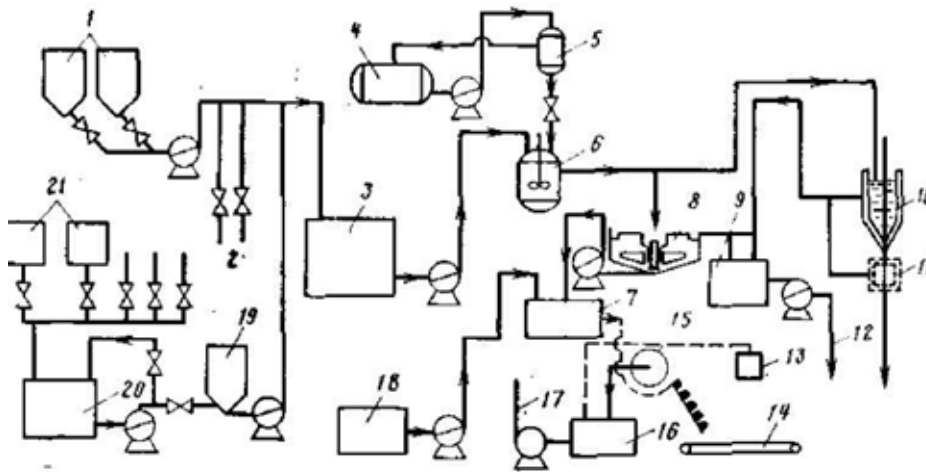


Рис. 3.7 Схема кислотної обробки осаду для регенерації сульфату алюмінію .

1 - споруди попередньої очистки; 2 - осад від інших споруд; 3 - усереднювач; 4 - бак кислоти; 5 - мірник; 6 - реактор; 7 - збірник ущільненого осаду; 8, 10 - відстійник; 9 - бак регенеративного розчину коагулянту; 11 - морозильна камера; 12 - відведення регенованого розчину коагулянту; 13 - вакуум-насос; 14 - транспортер для кеку; 15 - вакуум-фільтр; 16 - збірник фільтрату; 17 - повернення фільтрату в початок технологічного тракту; 18 - блок приготування вапняного молока; 19 - проміжна ємність; 20 - збірник промивних вод фільтрів; 21 - швидкі фільтри

Відновлення сульфату алюмінію до 90% можливо в тому випадку, якщо фільтр-преси здатні витримати сильно кислі осади. Для полегшення їх транспортування і зберігання в кінці циклу на фільтр-преси подається вапняне молоко. Ефективність зростає при додаванні штучних органічних і неорганічних флокулянтів. За даною технологічною схемою осад, що вміщує алюміній можна зневоднити до концентрації сухої речовини 40-45%.

Рідше застосовується регенерація коагулянтів лугами [36]. Наприклад, в результаті обробки ВПО, алюмінію, що містить гідроксид, їдким натром при 800°C і при співвідношенні $\text{NaOH}/\text{Al} = 2$ в розчин витягається 45% алюмінату натрію. При лужній обробці разом з алюмінатом натрію в розчин частково витягаються органічні речовини. При обробці розчинів алюмінатів активним вугіллям вміст органічних речовин в них зменшується на 20-30%. Додаток вапна (у кількості 100-150% стехіометричного з розрахунку отримання алюмінату

кальцію) істотно покращує структуру осаду і дозволяє зменшити його об'єм на 40%, хоча в цілому гідроксид алюмінію при вилуговуванні гірше розчиняється у вапні, ніж при кислотному способі регенерації. Зі збільшенням вологості осаду, ступінь регенерації коагулянта зростає, досягаючи 55% при вологості 99,9% і дозі вапна 50-60% по відношенню до твердої фази. Лужна регенерація не вимагає попереднього зневоднення осаду і дозволяє отримати відносно чистий за вмістом органічних домішок розчин коагулянта. Вважається, що обробку ВПО з одночасною регенерацією коагулянта у вигляді лужного розчину доцільно застосовувати на станціях водопідготовки, що здійснюють обробку води з низьким значенням pH [24]. Лужний регенований коагулянт використовується у поєднанні з товарним сульфатом алюмінію, доза якого може бути зменшена на 20-40%. Використання регенованого коагулянта призводить до збільшення залишкових значень pH і лужності обробленої води, а також до зниження її корозійної активності, що дозволяє виключити або знизити витрату реагентів, необхідних для підлугування і стабілізації обробленої води. Осад (після регенерації з нього частини коагулянта) має в порівнянні з початковим кращі водовіддаючі властивості і може бути механічно зневоднений традиційними методами.

Авторами [37,40,41] проведена кількісна оцінка швидкості розчинення гелів гідроксида алюмінію в кислоті та лузі необхідна для прогнозування та розрахунків процесів хімічної або електрохімічної регенерації коагулянтів з гідроксидних шламів водоочищення, що вміщують алюміній.

Встановлено, що при будь-яких досліджених концентраціях реагентів швидкість розчинення гідроксида алюмінію в лузі на кілька порядків вище, ніж у кислоті. Відношення середніх швидкостей розчинення гідроксида алюмінію в лугах та кислотах $V_{\text{л}}/V_{\text{к}}$ змінюється залежно від початкової концентрації розчинюючих реагентів у такий спосіб:

C , ммоль/л	1	2,5	5	10	25	50	100
$V_{\text{л}}/V_{\text{к}}$,	107	255	258	272	176	131	72

Таким чином, швидкість розчинення гідроксида алюмінію в розчині лугу приблизно на 2 порядки вище, ніж у кислоті.

Відомі й інші способи регенерації коагулянта з ВПО - обробка хлором, рідинний іонообмін [34]. Зокрема, розроблений спосіб регенерації коагулянтів з ВПО з одночасним розчиненням і окисленням його шляхом обробки газоподібним хлором до досягнення pH 2,5-3,2 [42]. Суть способу полягає у використанні здатності хлору при взаємодії з водою утворювати кислоти (HCl і $HClO$), які розчиняють $Al(OH)_3$ і забезпечують високу ефективність процесу регенерації. Об'єм осаду зменшується приблизно в 10 разів; витрата хлору дорівнює 100-115% стехіометричного. Хлорнуватиста кислота, що утворюється, забезпечує знебарвлення і знезараження отриманого коагулянта, що дає можливість використати його без додаткової обробки. Кількість хлору, що вводиться, визначається концентрацією гідроксидів металів в осаді і величиною pH отриманого розчину. Вихід коагулянта (розчину $AlCl_3$) складає приблизно 90%; він має високу коагулюючу здатність і може застосовуватися самостійно або у поєднанні з товарним коагулянтом.

У роботі [43] запропонована технологічна схема отримання з ВПО гідроксосульфата алюмінію, яка дозволяє зменшити об'єми осаду, що утворюється, до 50% і заощадити до 40% сульфату алюмінію у виробничому процесі без додаткових витрат. Застосування цього коагулянта не супроводжується погіршенням бактеріологічних характеристик очищеної води, а також не збільшує концентрацію важких металів в очищеній воді вище за ГДК.

Авторами [44] встановлено, що фізико-хімічні властивості регенованого коагулянту поліпшуються при використанні в якості реагенту кислих промивних вод водень-катіонітових фільтрів. У цьому випадку в розчин переходить така ж кількість іонів алюмінію, як і при використанні еквівалентної кількості чистої кислоти, а вміст органічних компонентів суттєво нижче.

4 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

Нами було досліджено можливість екологізації роботи фільтрувальних станцій шляхом реагентної регенерації коагулянту з шламів та його подальшого використання в процесах очистки природних та стічних вод.

4.1 Методики проведення регенерації осадів водоочисних споруд

Кислотну активацію ВПО проводили за такою методикою [45]: наважку шламу завантажували в термостійкий реактор, туди ж додавали розрахований об'єм 25%-го розчину сульфатної кислоти, герметизували реактор гумовим корком зі зворотним холодильником і закріплювали на поверхні нагріву електричної плитки із закритою спіраллю. Після ввімкнення електроплитки із зворотного холодильника реакційна суміш доводилась до кипіння і кип'ятилась при низькій інтенсивності пароутворення впродовж 15-45 хвилин. Без вимкнення зворотного холодильника реактор охолоджували на повітрі, а потім з вимкненим холодильником – струменем води до температури 30-40⁰С. Охолоджену реакційну суміш фільтрували на вакуумному нутч- фільтрі. Після повного відділення розчину осад на фільтрі промивали. У готовому продукті визначали концентрацію і ступінь вилучення Al_2O_3 в розчині реагенту, що досліджували. У таблиці 4.1 наведено умови проведення регенерації різних осадів. Як видно, отримані дані корегують з даними, наведеними в [37,40,41].

4.2 Оптимізація лужної регенерації осадів, що містять алюміній

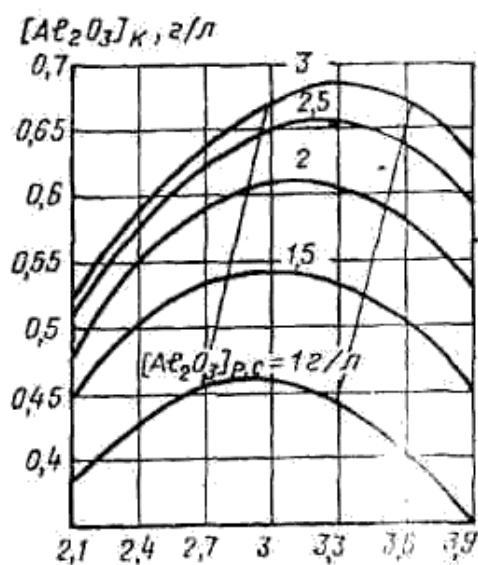
На першому етапі, нами були визначені загальні закономірності процесу розчинення гідроксида алюмінію та оптимальні параметри процесу регенерації.

Результати досліджень показали, що концентрація регенованого коагулянту $[Al_2O_3]_K$ підвищується, а ефективність розчинення E , навпаки, знижується при збільшенні вмісту гідроксида алюмінію в реакційній суміші $[Al_2O_3]_{p.c.}$. Розчинність гідроксида алюмінію залежить також від дози вапна D_{CaO} та pH . Ефективність розчинення зі збільшенням віку осаду знижується.

Час перемішування осаду з вапняним молоком не виявляє істотного впливу на $[Al_2O_3]_K$ і Е. Реакція протікає практично миттєво, що візуально підтверджується утворенням великих пластівців. Загальні закономірності процесу характерні для всіх осадів, що досліджуються.

Таблиця 4.1 - Витрата H_2SO_4 на регенерацію осаду фільтрувальної станції НД- Вузол

Тип осаду	Вміст в осаді, кг/м ³		Витрати 100% H_2SO_4 , кг/кг		РН реакційної суміші	Обсяг вторинного осаду %
	сухої речовини	Al_2O_3	сухої речовини	Al_2O_3		
Осад з прояснювачів	12,8	2,76	0,82	2,83	3,5	9,2
	13,0	2,82	0,94	4,12	2,9	10,6
	13,5	2,94	1,08	3,62	3,9	12,5
	10,8	2,88	0,78	2,92	3,7	8,8
Осад промивної води фільтрів	12,3	4,12	1,1	3,25	3,6	8,9
	9,8	2,40	0,9	2,15	2,7	9,1
	10,8	2,82	0,7	2,3	3,1	10,6



Мольне співвідношення CaO/Al_2O_3

Рис. 4.1 Аналітична залежність концентрації регенованого коагулянту від дози CaO та вмісту Al_2O_3 у реакційній суміші

Оптимізація параметрів обробки осаду вапном була здійснена з використанням методу планування експерименту. Коагулянт регенерували зі свіжоосадженого осаду фільтрувальної станції Нд-Вузол. За результатами регресійного аналізу експериментальних даних здійсненого на ЕОМ, були отримані математичні та графічні (рис.4.1) залежності $[Al_2O_3]_K$ від співвідношення $[Al_2O_3]_{p.c.}$ і дози CaO .

Аналіз залежностей наведених на рис. 4.1 дозволив визначити основні оптимальні параметри обробки осаду вапном, що забезпечують ефективне розчинення гідроксида алюмінію:

- мольне відношення CaO/Al_2O_3 у реакційній суміші - 3;
- концентрація Al_2O_3 у реакційній суміші, яка встановлюється відповідним розведенням або концентруванням осаду від 1 до 3 г/л;
- концентрація алюмінатних іонів у розчині коагулянту від 0,46 до 0,67 г/л; мольне співвідношення CaO/Al_2O_3 - 2;
- ефективність розчинення гідроксида алюмінію 23-46%.

Значення рН суміші при оптимальних умовах становить 11,2-11,7. Зі збільшенням значення рН, що залежить в основному від дози вапна, відбувається утворення продуктів реакції з мольним відношенням $CaO/Al_2O_3 > 2$ (гідроксоалюмінатів кальцію підвищеної основності), що мають низьку розчинність та, відповідно, до зниження концентрації Al_2O_3 у розчині коагулянту.

Слід зазначити також, що підвищення ефективності розчинення більш 46% можливо тільки при істотному розведенні осаду ($[Al_2O_3]_{p.c.} < 1$ г/л) (рис. 4.2.), що призводить до збільшення обсягів технологічних споруджень і одержанню низькоконцентрованого коагулянту.

Вести процес регенерації при $[Al_2O_3]_{p.c.} > 3$ г/л також недоцільно через зниження ефективності регенерації та утворення нестійкого алюмінатного розчину коагулянту.

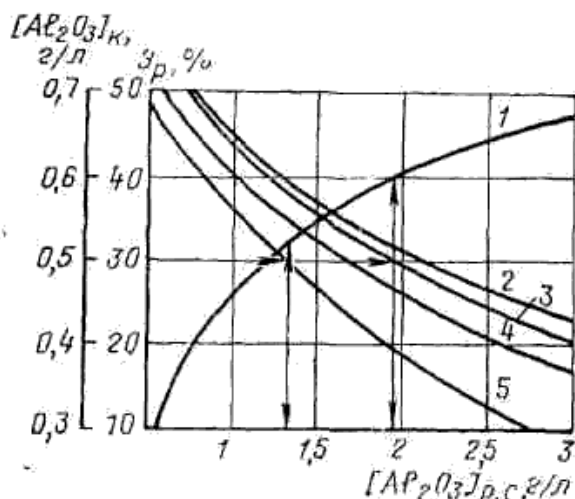


Рис. 4.2-Залежність $[Al_2O_3]_p$ (1) і $E_{p.c.}$ (2-5) від $[Al_2O_3]$ при CaO/Al_2O_3

E_p : 2- теоретична; 3 - за умови використання як коагулянту фільтрату, виділеного в процесі фільтр-пресування осаду; 4- те ж, у процесі вакуум-фільтрації; 5 - те ж, без використання фільтра.

Фактична ефективність регенерації E_p коагулянту залежить не тільки від розчинності гідроксида алюмінію, але також і від ступеня відділення регенованого коагулянту від вторинного осаду. Найбільш доцільним способом поділу реакційної суміші на розчин коагулянту та вторинний осад є гравітаційне відстоювання. Оптимальний час відстоювання становить 1-1,5 год. При цьому вміст зважених речовин у проясненому шарі коагулянту не перевищує 10-40 мг/л.

Вторинний осад відрізняється від вихідного за хімічним складом та властивостями. Вміст гідроксида алюмінію у вторинних осадах на 20-40% нижче, ніж у вихідних, а вміст CaO зростає до 30-45%, вологість осадів становить 98,5-96%, значення pH 11,2-12,0.

Вторинні осади можуть бути зневоднені на вакуум-фільтрах і фільтр-пресах. При зневоднюванні на вакуум-фільтрі тривалість фільтроцикла становить 2-3 год, вологість зневодненого осаду 77-70%, питома продуктивність вакуум-фільтра 10-15 кг/(м²·год). У результаті зневоднювання на пресі типу ФПАКМ вологість осаду знижується до 55-60%, питома продуктивність преса становить від 3,5 до 5 кг/(м²·год). Фільтрат, виділений у процесі механічного зневоднювання осаду, може також використовуватись в якості коагулянту.

Однак з метою підвищення швидкості водовіддачі в окремих випадках потрібна додаткова обробка вторинних осадів вапном до $pH > 12$. Фільтрат у такому випадку не містить іони алюмінію, тому що розчинність гідроксида алюмінію при $pH > 12$ різко знижується, і не може бути використаний у якості коагулянту. Розрахунки ефективності регенерації показали доцільність зневоднювання осадів на фільтр-пресах, ефективність регенерації при цьому практично дорівнює ефективності розчинення (крива 3 на рис. 4.2). При відділенні коагулянту тільки відстоюванням ефективність регенерації значно нижча (крива 5). Отримана на основі зазначених графічних залежностей номограма (рис.4.2) дозволяє визначити точне значення $[Al_2O_3]_{p.c.}$, яке повинне встановлюватися відповідно до необхідної ефективності регенерації.

На основі результатів досліджень була розроблена технологічна схема одержання регенованого коагулянту при обробці осаду природних вод вапном.

Відповідно до технологічної схеми осад з відстійників або прояснювачів зі зваженим шаром, а також осад промивних вод фільтрувальних споруджень спрямовуються в усереднювач-відстійник, де вміст Al_2O_3 в осаді доводять до 1-3 г/л. Прояснена вода відводиться в головний вузол станції. З усереднювача-відстійника осад рівномірно подається в роздільник-ущільнювач, перед яким у нього дозується вапно. Гравітаційний поділ реакційної суміші на розчин коагулянту та вторинний осад здійснюється протягом 1-2 год. Розчин регенованого коагулянту видаляється з поверхні роздільника через водовідвідні лотки в проміжну ємність і використовується для коагуляції вихідної води (див. рис. 4.3). Вторинний осад видаляється з ущільнювача-роздільника в проміжну ємність і далі надходить у фільтр-прес. Фільтрат, що утворюється при зневоднюванні осаду, відводиться в ємність регенованого коагулянту. Зневоднений осад спрямовується з території станції на складування та він може використовуватися в якості вапняного добрива або при виробництві будівельних матеріалів.

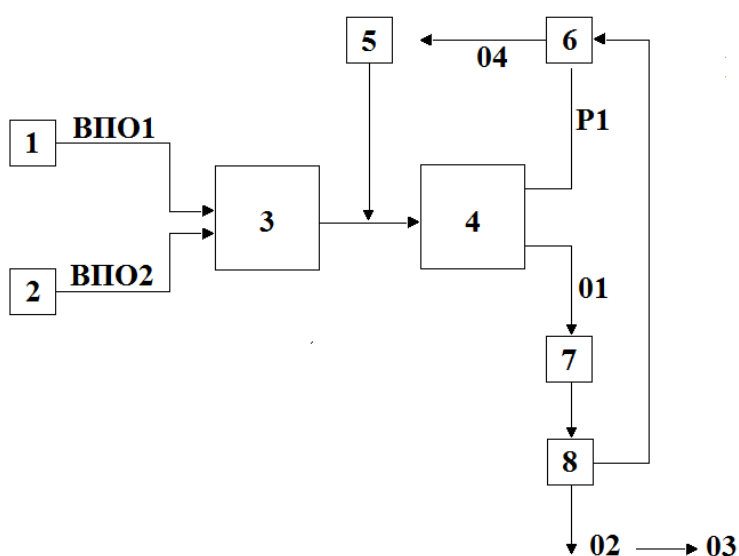


Рис 4.3 Технологічна схема лужної регенерації осаду, що містить алюміній

1 – прояснювач з шаром замуленого осаду; 2 – швидкі фільтри; 3 – усереднювач-відстійник; 4 – ущільнювач осаду; 5 – установка для приготування лужного розчину; 6 – збірна ємність розчину регенованого коагулянта; 7 – збірна ємність вторинного осаду; 8 – фільтр прес.

ВПО1, ВПО2 – осади очисних споруд; О1 – вторинний осад; О2 – зневоднений осад; О3 – будівельний матеріал; 04 – головна ОС; Р1 – регенований розчин коагулянту.

4.3 Дослідження можливості застосування регенованого коагулянту для очищення природних і стічних вод

Можливість застосування методу кислотної обробки гідроксидних осадів природних вод з наступним використанням регенованого коагулянту для підготовки питної води в значній мірі обмежується якістю осаду, що функціонально залежать від складу води, з якої отриманий даний осад. Це обумовлюється можливістю накопичення в розчині регенованого коагулянту (при його багаторазовому використанні) органічних або інших

речовинах, що в кінцевому рахунку може призвести до погіршення якості очищеної води.

В той же час відомо [53], що гідроксидний осад природних вод практично будь-якої вихідної якості після його кислотної обробки можна використовувати в якості коагулянту для інтенсифікації біологічного очищення стічних вод або для зменшення витрати товарного коагулянту при фізико-хімічному очищенні стічних вод [57]. У цьому випадку виключається небезпека накопичення в розчині регенованого коагулянту токсичних і інших шкідливих речовин, тому що регенований коагулянт використовується тільки один раз [59].

4.3.1 Результати випробувань регенованого коагулянту для очищення стічних вод

Зразки регенованого коагулянту (1) і (2), отриманого в результаті кислотної обробки зольних залишків шламів водоочищення (див. розділ 4.1) випробовували при очищенні стічних вод від забруднень.

Для дослідження процесу хімічного очищення стічних вод за допомогою регенованого коагулянту використовували модельну стічну воду (кольоровість - 80 град., pH - 7, окисність - 65, ХСК-200 і БСК₅-20 мг О₂/л). Доза регенованого та товарного коагулянту становить 30, поліакриламід - 3 мг/л. Результати випробувань наведені в таблиці 4.2.

Як видно з даних наведених в табл. 4.2. застосування регенованого коагулянту в порівнянні з товарним $Al_2(SO_4)_3$ дозволяє поліпшити показники якості очищеної води за кольоровістю в 1,18 -1,4 рази, за ХСК - в 1,2 -1,4 рази і за вмістом зважених речовин - в 1,4-2,0 рази. Таким чином, регенований коагулянт за ефективністю не поступається товарному $Al_2(SO_4)_3$, що робить можливим використання його для очищення стічних вод без погіршення якості очищеної води.

Таблиця 4.2. Якість стічних вод, очищених регенованим коагулянтном.

Коагулянт	Показники якості очищеної води					
	pH	Кольоро- вість, град.	Окис- ність, мгO ₂ /л	ХСК, мгO ₂ /л	БСК ₅ , мгO ₂ /л	Зважені речовини, мг/л
Регенований зразок 1	5,1	50	32	48	18	10
Регенований зразок 2	5,0	42	32	52	16	7
Товарний сульфат алюмінію	5,5	59	28	65	19	14

4.3.2 Вивчення можливості застосування, як коагулянтів, реактивної суміші гідроксидного осаду з кислотою.

Особливістю розробленого технологічного способу є використання, як коагулянту, реакційної суміші гідроксидного осаду природних вод з кислотою. Реакційна суміш додається в стічну воду з розрахунку 40-60 мг/л за Al_2O_3 . Для поліпшення хлоп'єутворення в стічну воду крім реакційної суміші доцільно додавати поліакриламід (ПАА) у кількості 1 -1,5 мг/л.

Оптимальні параметри змішання реагентів зі стічною водою, хлоп'єутворення та відстоювання обрані відповідно до рекомендацій Г.Н.Луценко та Н.І.Цветкової, які вивчали умови використання товарних коагулянтів у різних схемах очищення стічних вод [59]. Змішання коагулянту зі стічною водою проводилося протягом 0,5 хв при швидкості обертання мішалки 200 об/хв ($j = 200$ см/с), потім у стічну воду вводився САНФЛОК N520p та суміш перемішувалася ще 2 хв зі швидкістю 60 об/хв ($j = 50-60$ см/с), після чого проводилось повільне перемішування протягом 10 хв зі швидкістю 30 об/хв ($j = 20-30$ см/с) з метою утворення великих пластівців. Потім стічна вода відстоювалася протягом 1 год, після чого прояснена вода піддавалася подальшому очищенню.

Для визначення впливу попереднього коагулювання забруднень стічних вод на ефективність їх відстоювання були проведені дослідження з відстоювання в ідентичних умовах стічних вод, попередньо оброблених реакційною сумішшю гідроксидного осаду природних вод із сірчаною кислотою та товарним сульфатом алюмінію. Одночасно в контрольному відстійнику відстоювалася стічна вода без додавання яких-небудь реагентів. Результати досліджень наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3- Результати очищення стічних вод коагулюванням реакційною сумішшю

Стічна вода	ХСК, мгО ₂ /л	БСК ₅ , мгО ₂ /л	Зважені речовини, мг/л	Фосфати, мг/л
Вихідна	285	110	150	10
Відстояна без коагулювання (контроль):	214	92	75	8,8
% зниження	25	16,4	50,0	12,0
Відстояна після коагулювання реакційною сумішшю (дослід 1):	120	45	32	2,7
% зниження	57,9	59,1	78,7	73
Відстояна після товарного коагулювання Al ₂ (SO ₄) ₃ (дослід 2):	115	40	30	2,1
% зниження	59,6	63,7	80	79

Попереднє коагулювання реакційною сумішшю або товарним сульфатом алюмінію сприяє поліпшенню відстоювання стічних вод за зваженими речовинами і БСК₅ приблизно в 2 рази, за ХСК в 1,8 рази, за розчинними фосфатами в 4 рази в порівнянні з відстоюванням стічних вод без коагулювання. При цьому реакційна суміш і товарний коагулянт за ефективністю дії практично однакові. Однак відстояна вода у випадку використання реакційної суміші зберігає незначну опалесценцію та злегка жовтуватий відтінок. Причиною цього явища може бути утворення

найтонших дисперсій при внесенні в стічну воду забруднень, що знаходяться в гідроксидному осаді, розчинних у кислоті та нерозчинних у воді.

Додаткова обробка стічної води санфлоком N520p (табл. 4.4.) дозволяє підвищити ступінь очищення за всіма показниками: при цьому в процесі відстоювання досягається зниження ХСК на 63 %, БСК на 74 %, зважених речовин на 82 %, розчинного фосфору на 89 %.

Таблиця 4.4-Результати очищення стічних вод коагулюванням реакційною сумішшю з добавкою санфлоку

Стічна вода	ХСК, мгО ₂ /л	БСК ₅ , мгО ₂ /л	Зважені речовини	PO ₄ ⁻³
Вихідна	420	165	225	12,4
Відстояна без коагулювання (контроль):	316	127	122	12
% зниження	24,8	23,1	45,8	3,3
Відстояна з попереднім коагулюванням	154	43	40	1,3
% зниження	63,4	74	82,3	89,6

Характеристика сирого осаду, що утворюється при відстоюванні стічної води з додаванням реагентів і без них наведена в табл. 4.4.

Нами була вивчена можливість і ефективність коагулювання стічних вод реакційною сумішшю в схемі прямого фізико-хімічного очищення. Для цього в стічну воду вводилися оптимальні дози реакційної суміші з розрахунку 40-50 мг/л за Al₂O₃, після чого стічну воду піддавали відстоюванню протягом однієї години. Відстояну стічну воду піддавали фільтруванню крізь шар піску висотою 50 см зі швидкістю 10-12 м/год і потім крізь шар пористого завантаження із цеоліту висотою 50 см зі швидкістю 4-5 м/год. Крупність завантаження з піску становила 1 -1,5 мм, а крупність цеоліту 1- 3 мм. Результати досліджень наведені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5. Характеристика сирого осаду, утвореного різними способами.

Реагент	Доза реагенту, мг/л	Обсяг осаду в % від обсягу обробленої води	Вологість, %	Зольність, %
Без реагенту (контроль):	-	0,41	97,7	28,2
Реакційна суміш + N520p:	40	1,65	98,4	34,7
Товарний $Al_2(SO_4)_3$ + N520p	40	1,56	98,5	33,6

Промивання піщаного фільтра у випадку коагулювання стічної води реакційною сумішшю гідроксидного осаду із сірчаною кислотою проводилася через 5-6 год по досягненню граничної втрати напору (1 м), промивання фільтра із завантаженням із цеоліту проводилася через 2 доби при такій же втраті напору(див табл. 4.6)

Для ліквідації негативних наслідків застосування реакційної суміші в схемі фізико-хімічного очищення стічних вод реакційну суміш слід застосовувати в комбінації з товарним коагулянтном (солями алюмінію або заліза), що дозволяє знизити витрати реакційної суміші на одиницю об'єму води, що оброблюється та підвищити якість очищеної води.

4.3.3 Дослідження можливості застосування регенованого коагулянту для очищення виробничих стічних вод

Дослідження проводили на продувних водах водооборотних циклів, а також промислових стічних водах, що пройшли біологічне очищення (табл. 4.7). Глибину очищення стічних вод оцінювали за ступенем їх знебарвлення та зниженням вмісту в них органічних речовин ХСК_{біхр}, які визначали

стандартними методами [47]. Методика проведення досліджень з коагуляції була аналогічна наведених в [46].

Таблиця 4.6. Ефективність очищення стічних вод реакційною сумішшю

Стічна вода	ХСК		БСК ₅		Зважені речовини		PO ₄		pH
	мг/л	% зниження	мг/л	% зниження	г/л	% зниження	г/л	% зниження	
Вихідна	420	-	165	-	225	-	12,4	-	8,12
Після коагулювання та відстоювання	154	63,4	43	74	40	82,3	1,3	89,6	6,9
Після фільтрування відстоюної води крізь пісок	122	71	29	82,5	11	95,2	0,8	93,6	6,9
Після фільтрування крізь пісок і цеоліт	100	76,2	17	89,7	6	95,2	0,6	95,2	7,7

У процесі досліджень вивчено вплив доз регенерованого коагулянту при різних вихідних значеннях pH стічних вод, що оброблювались на ступінь їх доочищення. Данні щодо знебарвлення та очищення від органічних речовин стічних вод, що пройшли біологічне очищення, наведені на рис 4.3, а для стічних вод систем водооборотних циклів - на рис. 4.4.

Із даних наведених на рис 4.3, 4.4 видно, що регенеровані осади, які вміщують алюміній мають ефективні коагуляційні властивості, аналогічні дії стандартного коагулянту - сірчаноокислого алюмінію. Ступінь знебарвлення стічних вод досягає 70- 80%, а видалення органічних речовин близько 40-50%. Зниження ефективності дії випробуваних регенерованих коагулянтів зі збільшенням їх дози, при низьких вихідних значеннях pH , обумовлено зниженням величини pH стічних вод у процесі їх обробки до значень, нижче ізoeлектричної точки коагуляції. У даних умовах хлоп'єутворення незначно або

практично не протікає. Завісь, що утворюється з дрібнодисперсних пластівців стійка протягом тривалого проміжку часу (до 1,5 ч) і надає розчину додаткову каламутність.

Таблиця 4.7. Характеристика стічних вод, що зазнали коагуляційну обробку

Показники	Стічні води	
	Водооборотного циклу після продувки	Після біологічних очисних споруджень
Величина рН,	7,1-7,8	7-8
Кольоровість, град	150-250	500-700
ХСК _{біхр} , г/л	120-170	180-220
Сухий залишок, г/л	1,1-1,2	1-1,1
Прожарений залишок, г/л	0,9-1	0,9-1

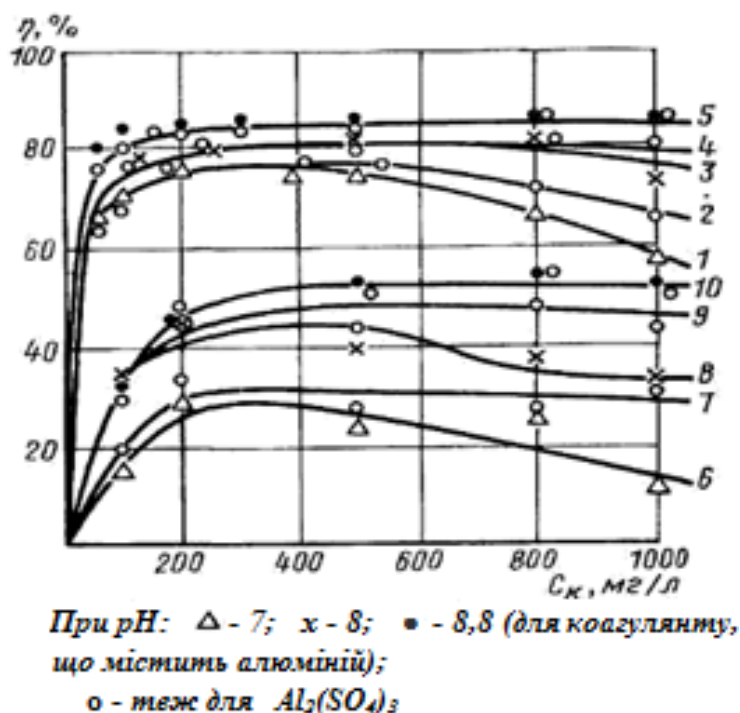


Рис. 4.3-Вплив доз коагулянту та величини рН на ступінь доочищення біологічно очищених стічних вод

1-5 - знебарвлення; 6-10 - видалення органічних речовин (ХСК_{біхр}).

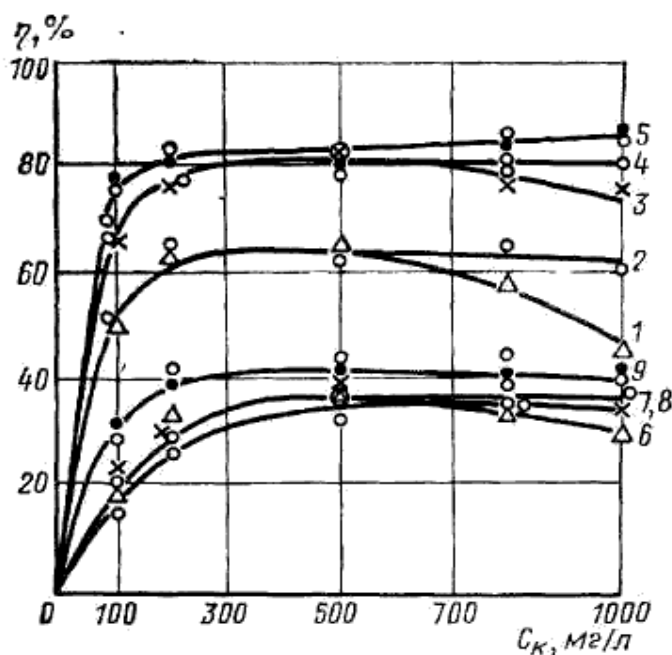


Рис. 4.4. Вплив доз коагулянту й величини рН на ступінь очищення продувних вод водооборотних циклів

1-5 - знебарвлення; 6-9 - видалення органічних речовин (ХПК_{біхр})

Досліджено вплив величини pH стічних вод, що піддають обробці, на ступінь їх очищення (див. табл. 4.8).

Таблиця 4.8 Вплив величини pH на ступінь очищення стічних вод, що пройшли біологічне очищення

Величина pH		Ступінь очищення, %	
до коагуляції	після коагуляції	за кольоровістю	за ХСК _{біхр}
5,5	3,5/3,7*	32/34*	5,0/7*
6,5	4,2/4,7	67/70	42/41
7,5	4,5/5,4	67/73	31/28
8	4,7/5,8	81/80	39/42
8,5	6,4/6,7	81/80	44/53
10	8,2/8,8	60/40	28/25
11	8,5/9,2	32/25	10/9

* У чисельнику наведені дані про використання в якості коагулянту регенерованих осадів, що вміщують алюміній у знаменнику - сірчаноокислого

алюмінію. Доза коагулянту 200 мг/л, вихідна кольоровість стічних вод 550 град., ХСК_{біхр} - 189 мг/л

З аналізу наведених даних видно, що оптимум очищення стічних вод досягається при вихідній величині pH у межах 6,5-9. У цих умовах ступінь знебарвлення становить 65-80%, а видалення органічних речовин 20-50%. У ході досліджень також встановлено, що процеси ущільнення шламів гідролізованих коагулянтів протікають однаково, як у випадку використання як коагулянту шламу, що вміщує алюміній так і при використанні стандартного коагулянту - сірчанокислового алюмінію.

4.3. 4 Вивчення можливості використання коагулянту, отриманого методом лужної регенерації ШФС для очищення природних вод

Дослідження з вивчення властивостей регенованого коагулянту та умов його використання для обробки вод різної вихідної якості проводили на природних і модельних водах стосовно до двоступеневої схеми очищення води. Методом пробного коагулювання в кожному конкретному випадку встановлювали оптимальну дозу товарного коагулянту та можливе співвідношення товарного та регенованого коагулянту.

За результатами досліджень можна зробити висновок про те, що найбільш ефективно застосування регенованого лужного коагулянту при обробці вод з низьким значенням pH і лужності (див. рис. 4.5 а,б,в). Спільне застосування в цьому випадку товарного (Т) і регенованого (Р) коагулянтів дозволяє уникнути істотного зниження pH і лужності Л води, що обробляється, тим самим сприяє інтенсифікації процесу хлоп'єутворення та прояснення води, а також зменшенню її корозійної активності. При цьому зменшується або повністю виключається витрата реагентів, необхідних для підлужування вихідної та стабілізації обробленої води.

Було встановлено, що застосування регенованого коагулянту можливо також і при обробці вод, значення pH яких вище 7 (див. таблицю 4.9).

Таблиця 4.9. Визначення ефективності очищення природних вод різними коагулянтами.

Показники	Т/Р, %		
	100/0	80/20	60/40
Доза реагенту, мг/л: D_T за Al_2O_3	12	0,9	7,2
D_p за Al_2O_3	0	2,4	4,8
$D_{\text{хлора}}$	7	7	7
$D_{\text{ПАА}}$	0,2	0,2	0
Аналіз обробленої води: К, град	20	17	20
каламутність, мг/л	0,95	0,65	0,7
лужність, мг *екв/л	1,5	1,7	1,9
pH	7,38	7,78	7,80
$Al_{\text{ост}}$, мг/л	0	0,036	0,06
Вихідна вода: Ц. - 80 гради; М - 9 мг/л; Л - 2,2 мг- екв/л; pH-7,9			

При використанні коагулянту, регенованого з осаду промивних вод вдалося зменшити витрати товарного реагенту для обробки води р. Самара ($pH=7,9$) на 40% і відмовитися від застосування поліакриламід, необхідного для інтенсифікації процесу хлоп'єутворення. Аналогічні результати були отримані при обробці природних вод з ($pH=7,35$), ($pH=7,9$), ($pH=7,05$).

Частка лужного реагенту в загальній витраті коагулянту залежить від якості води та повинна встановлюватися в кожному конкретному випадку. Збільшення частки лужного реагенту вище оптимальної знижує якість очищення - залишкова кольоровість збільшується, що пов'язане з підвищенням pH води в процесі обробки.

Результати досліджень на природних і модельних водах показали, що кількість регенованого коагулянту, яка може бути використана для більшості джерел водопостачання, звичайно не перевищує 40% його загальної витрати. Таким чином, оптимальні параметри процесу регенерації узгоджується з даними про необхідну кількість регенованого коагулянту.

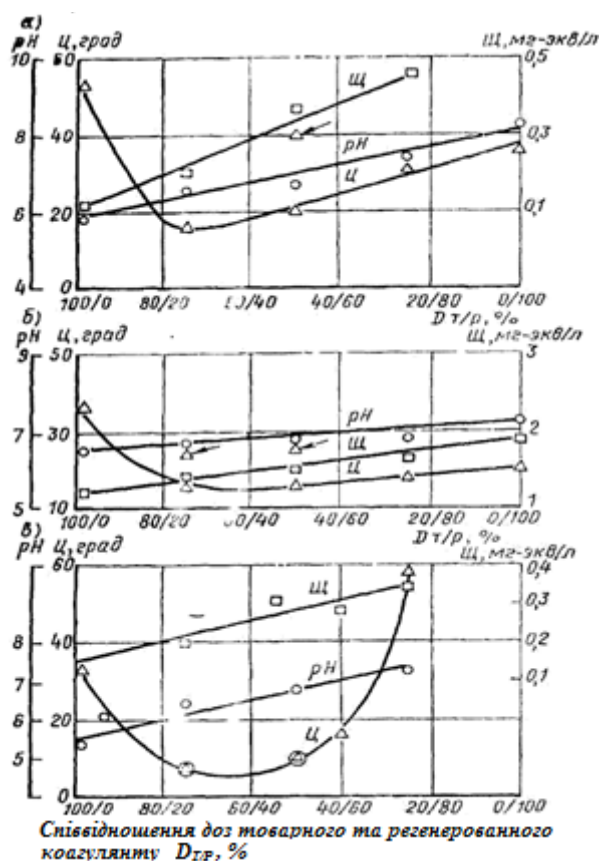


Рис. 4.5-Вплив співвідношення доз товарного (Т) і регенованого коагулянтів (Р) на якість обробленої води

а - pH -6,5; Л-0,5 мг- екв/л; $D_{Al_2O_3}$ - 8 мг/л; б - pH -6,5; Л - 1,5 мг- екв/л; $D_{Al_2O_3}$ - 8 мг/л; в - pH - 7; Л-0,5 мг- экв/л; $D_{Al_2O_3}$ - 10 мг/л.

Дослідженнями встановлене також, що порядок введення реагентів залежить від pH води та впливає на процес очищення. При обробці вод з низьким значенням pH необхідно вводити спочатку регенований коагулянт, а потім товарний (на рис. 4.5,б - стрілкою позначені крапки, відповідні до значення кольоровості при зворотному порядку введення реагентів). При $pH > 7$ порядок введення зворотний; при pH близько 7 ефект очищення не залежить від порядку введення реагентів. Мікроелементи, виявлені в коагулянтах, не переходять в оброблювану воду. В обробленій воді містяться лише ті елементи, які характерні для вихідної води.

В обробленій воді збільшується вміст сухого залишку на 10-20%, що, імовірно, пов'язане із внесенням з коагулянтном іона Ca^{2+} .

4.4 Розробка технологічної схеми обробки шламів фільтрувальних станцій залізничного водопостачання, який містить алюміній

У ході виконання роботи, для обробки осаду водоочисних станцій залізничного водопостачання, нами розроблена технологічна схема, наведена на рис 4.6.

Для підвищення економічної ефективності процесу та з метою поліпшення якості вихідного осаду нами передбачена лужна регенерація коагулянту. За прийнятою технологічною схемою (рис. 4.6) промивні води фільтрів надходять в існуюче спорудження для повторного використання промивної води, а звідти без відстоювання перекачуються на існуючий блок відстійників. Шлам з відстійників разом з висококонцентрованими стічними водами з реагентного господарства надходить у резервуар-усереднювач. Після 4-6 годинного відстоювання в секціях суміш промивних вод і осаду перекачується двома групами насосів: верхній шар перекачується за допомогою гумовотканинного рукава, з'єданого з поплавцем у голову очисних споруджень (у блок прояснювача або відстійників), нижній шар із прямиків перекачується на спорудження з обробки осаду. В останніх, осад інтенсивно перемішується з вапном у баку сирого осаду. Витрата вапна для регенерації коагулянту прийнята 2 кг (за CaO) на 1 кг гідроксиду алюмінію (за Al_2O_3). Перемішування проводиться пропелерною мішалкою. Потім осад перепускається на ущільнювач осаду, обладнаний ворошителями, що перекривають увесь перетин ємності. Кінці лопатей ворошителей обертаються зі швидкістю 0,11 м/с, ущільнення триває 8-11 год. Регенований коагулянт збирається в ємність і перекачується в голову водопровідних очисних споруджень. Ущільнений осад вологістю 96-97% змішується з вапном для зниження його опору зневоднюванню (у кількості 20% CaO від сухої речовини осаду) і розчином флокулянта, після чого подається на фільтр-прес.

У якості фільтр-пресу (поз. 7, рис. 4.6), залежно від типу осаду та продуктивності станції, можуть використовуватися:

-фільтр-прес типу ФПАКМ ($Q = 6-23 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{год}$; ступінь зневоднювання 70%);

-мобільний мембранно-камерний фільтр-прес фірми "Netzsch" ($Q = 2,5-2,8 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{год}$; ступінь зневоднювання 75%);

-стрічкові прес-фільтри ($Q = 0,1-2,3 \text{ м}^3/\text{год}$; ступінь зневоднювання 75%, їхнє використання можливе разом із сітчастими згущувачами замість ущільнювача осаду (див. поз. 4, рис. 4.6));

-центропреси ($Q = 60 \text{ м}^3/\text{год}$; ступінь зневоднювання 80%).

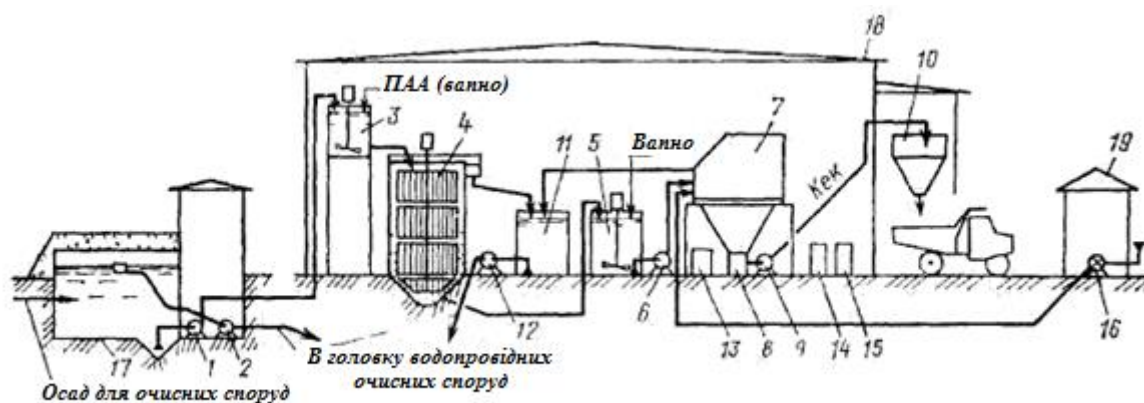


Рис. 4.6-Комплекс з обробки ШФС

1 - насоси для перекачування осаду в головний корпус, 2 - насоси для перекачування відстоюної води в голову водопровідних очисних споруд; 3 - змішувач осаду з поліакриламідом, 4 - ущільнювач із повільним перемішуванням; 5 - змішувач осаду з вапном; 6 - насоси для перекачування осаду на фільтр-преси; 7 - фільтр-прес; 8 - приймальний бункер для зневодненого осаду, 9 - насос для передавлювання осаду в накопичувальні бункери, 10 - накопичувальний бункер; 11 - проміжна ємність для відстоюної води та фільтрату, 12 - насоси для перекачування відстоюної води та фільтрату в голівку очисних споруджень; 13, 14, 15 - насоси; 16 - компресори; 17 - резервуар-усереднювач; 18 - головний корпус; 19 - компресорна.

Як показано нами в розділі 3, найбільш ефективними є флокулянти типу: Праестол 644, Праестол 852, Магнафлок Е-10, Магнафлок N520p, Санфлоки СИ-799 і AS-310p, з дозами 0,3-1,1% від сухої речовини осаду.

У загальному випадку, тип реагентів, їх робочі дози, концентрації робочих розчинів, умови приготування та застосування визначаються експериментальним шляхом для конкретних умов.

Проведені техніко-економічні розрахунки показують, що зниження дози вапна за рахунок використання флокулянтів і присадкових матеріалів дозволяє зменшити експлуатаційні витрати на підготовку осаду до механічного зневоднювання на 30-50%. Витрата електроенергії на обробку 1 кг сухої речовини осідання залежить від продуктивності фільтр-пресів і становить 0,5-1 кВт·год.

Зневоднений осад вологістю 65-75% перекачується насосами в бункер, звідки вивозиться автотранспортом або передається на кислотну регенерацію, з одержанням регенованого коагулянту, який може використовуватися для очищення води на цій же станції водопідготовки або стічних вод близько розташованих об'єктів залізничного транспорту. Як варіант, з бункера-накопичувача 10 зневоднений осад може подаватися на установку виробництва ВАТ ЦНІИЕП інженерного встаткування із продуктивністю 2м³/год, при використанні якої одержують гранульований матеріал для будівництва.

Ефективність роботи всього комплексу залежить значною мірою від вологості та однорідності осаду, що надходить на спорудження зневоднювання осаду. Доцільна заміна попереднього гравітаційного ущільнення в резервуарі-усереднювачі більш інтенсивною обробкою, тому що при гравітаційному ущільненні вологість осаду знижується дуже повільно. Можна також передбачити попередню обробку промивних вод на прояснювачах з рециркулюючим шаром осаду. При цьому необхідно додавання незначних доз ПАА. Прояснені на рециркуляторах промивні води можуть бути повернені не тільки на двоступеневий блок очисних споруджень, де першим щаблем є відстійники або прояснювачі, але й на контактні прояснювачі або контактні префільтри в схемі одноступеневого фільтрування.

6 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОНОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Об'єм води, що очищується за розробленою технологічною схемою становить $Q = 32000 \text{ м}^3/\text{доб}$. Кількість осаду, що утворюється за рік (1% від обсягу води) складає $116800 \text{ м}^3/\text{рік}$. В осаді гідроксидів в перерахунку на Al_2O_3 15%, що становить $17520 \text{ м}^3/\text{рік}$, з урахуванням щільності осаду – $21024 \text{ т}/\text{рік}$.

5.1 Розрахунок капітальних вкладень

Для забезпечення експлуатації запропонованої технологічної схеми лужної регенерації осаду очисної станції необхідно придбати наступне обладнання:

1. Розчинні та витратні баки для вапна – 4 шт. вартість 90000 грн за бак.
2. Фільтр - преси ФПАКМ – 4 шт. вартість 400000 грн.
3. Усереднювач відстійник – 4 шт. вартість 2 млн. грн.
4. Усереднювач ущільнювач – 4 шт 1млн грн.
5. Насоси, насоси дозатори – 200000 грн.

Все інше обладнання може бути використане з діючої технологічної схеми очисної станції. Загальні капітальні вкладення складають:

$$K = 360000 + 400000 + 2000000 + 1000000 + 200000 = 3960000 \text{ грн.}$$

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Витрати на сировину та матеріали наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Витрати на сировину й матеріали

Найменування реагенту	Вартість реагенту, грн./кг	Витрата реагенту, кг/рік	Витрати на реагент, грн./рік
Вапно	500	42000	210000

Витрати на електроенергію наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Витрати на електроенергію (за даними відділу головного енергетика).

Найменування приладу	Кількість, шт.	Кількість спожитої енергії, кВт*ч/рік	Витрати на електроенергію, грн.
1	2	3	4
Насос марки 2-НФ	2	7000	14000
Насос марки 2ДО-6А	2	7000	14000
Разом	-	-	28000

Амортизаційні відрахування на основне обладнання складають 10%.

$A_0 = 960000$

Розрахунок витрат на заробітну плату наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Фонд заробітної плати установки пом'якшення води

Посада	Розряд	Кількість, чол.	Зарплатня одного працівника, грн.	Загальна річна зарплатня, грн.
Майстер-змінник		1	3500	84000
Лаборант хім. аналізу	4	1	3600	43200
Апаратник	4	1	6000	72000
Машиніст	5	1	6000	72000
Всього	-	8	-	187200

Відрахування на соціальне страхування становить 37% від фонду заробітної плати, тобто 69264 грн.

Експлуатаційні витрати становлять:

$$E = 210000 + 28000 + 187200 + 69264 = 494464 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок збитків

Під екологічним збитком розуміється сума витрат на попередження шкідливого впливу забрудненого середовища на реципієнтів (населення, об'єкти житлово-комунального господарства, тварин, рослини й інш.).

Економічна оцінка збитку від складування відходів, що вміщують алюміній становить:

$$B_1 = 474301 \text{ грн/рік. (дані підприємства)}$$

У процесі використання запропонованої схеми очищення, складування відходів не відбувається тому що осади що утворюються регенеруються та використовуються як коагулянти на даній очисній станції. Тому збиток від впровадження природоохоронного заходу умовно приймаємо $B_3 = 0$.

5.4 Визначення чистого економічного ефекту

Під чистим економічним ефектом R розуміється різниця між результатами природоохоронного заходу P та витратами на їх здійснення [48]:

$$R = P - Z,$$

де R - чистий економічний ефект, грн.;

P - результат природоохоронного заходу, грн.;

Z - витрати на здійснення природоохоронних заходів, грн.

$$P = P_y + D,$$

де

$$D = 0;$$

P_y - відвернений річний економічний збиток від забруднення навколишнього середовища, грн., розраховується за формулою:

$$P_y = B_1 + B_2 - B_3,$$

Витрати на здійснення природоохоронних заходів знайдемо за формулою:

$$Z = E + E_n * K,$$

де E_n - коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, приймаємо $E_n = 0,12$.

E - експлуатаційні витрати, грн.;

K - капітальні вкладення, грн.

У річний приріст прибутку включаємо також вартість 40% коагулянту, що повертається у виробництво (6000 грн/т.).

$$P = 474301 + 0 + 200 \cdot 6000 = 1674301 \text{ грн.}$$

Витрати на здійснення природоохоронних заходів

$$Z = 3960000 \cdot 0,12 + 494464 = 970200 \text{ грн.}$$

Чистий економічний ефект склав:

$$R = 1674301 - 970200 = 704100 \text{ грн.}$$

5. 5 Визначення загальної економічної ефективності природоохоронних витрат

Під загальною (абсолютною) економічною ефективністю природоохоронних витрат розуміється відношення повного річного ефекту від введених природоохоронних заходів до викликаних витрат.

Загальна економічна ефективність визначається за формулою [49]:

$$E_z = P/Z,$$

де E_z - загальна економічна ефективність природоохоронних витрат, грн./грн.;

P - результат природоохоронного заходу, грн.;

Z - витрати на здійснення природоохоронних заходів, грн.

Одержуємо загальну економічну ефективність природоохоронних витрат:

$$E_z = 1674301 / 970200 = 1,73 \text{ грн./грн.}$$

5.6 Визначення загальної розрахункової економічної ефективності грошових вкладень в захист навколишнього середовища

Загальна розрахункова економічна ефективність визначається за формулою[49]

:

$$E_p = (P - E) / K,$$

де Р - результат природоохоронного заходу, грн.;

Е - експлуатаційні витрати, грн.;

К - капітальні витрати, грн.

Загальна розрахункова економічна ефективність склала:

$$E_p = (1674301 - 494464) / 3960000 = 0.30 \text{ грн./грн.}$$

Зіставляємо коефіцієнт E_p з нормативним коефіцієнтом E_n для вирішення питання ефективності грошових вкладень і доцільності природоохоронного заходу. При $E_p > E_n$ варіант доцільний з погляду економічних витрат. Можна зробити висновок, що запропонована схема пом'якшення обігової води економічно ефективна.

Термін окупованості грошових вкладень розраховується за формулою [49]:

$$T_p = 1 / E_p,$$

де T_p - термін окупності грошових вкладень, рік;

E_p - загальна розрахункова економічна ефективність грошових вкладень в захист навколишнього середовища.

$$T_p = 1 / 0.30 = 3.3 \text{ року}$$

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що кількість утворених шламів, що містять алюміній, в залежності від якості води, що оброблюється, виду коагулянтів, що застосовуються, конструктивних особливостей споруд, в яких осідає осад, змінюється зазвичай від 0,1 до 1%, а в окремих випадках до 5% обсягу води, що очищується, що призводить до погіршення екологічного стану в районах розташування фільтрувальних станцій. Це, в свою чергу, призводить до економічних санкцій і погіршує показники роботи фільтрувальних станцій залізниць.

2. Досліджено склад та визначені основні характеристики осаду фільтрувальної станції НД вузол;

3. Проведено критичний аналіз існуючих методів та технологічних схем утилізації шламів фільтрувальних станцій залізничного водопостачання;

4. Визначено оптимальні параметри кислотної та лужної регенерації осаду(витрати реагентів, pH , час обробки, ефективність регенерації);

5. Для лужної регенерації встановлені оптимальні параметри обробки осаду вапном, що забезпечують ефективне розчинення гідроксиду алюмінію:

- мольне відношення CaO/Al_2O_3 у реакційній суміші - 3;
- концентрація Al_2O_3 у реакційній суміші, яка встановлюється відповідним розведенням або концентруванням осаду від 1 до 3 г/л;
- концентрація алюмінатних іонів у розчині коагулянту від 0,46 до 0,67 г/л; мольне співвідношення CaO/Al_2O_3 - 2;
- ефективність розчинення гідроксида алюмінію 23-46%.

Розроблена технологічна схема одержання коагулянту при лужній регенерації осаду природних вод.

6. Досліджено можливість використання реакційної суміші для очищення стічних вод залізничних підприємств. Реакційна суміш додається в стічну воду з розрахунку 40 - 60 м /л по Al_2O_3 . Для поліпшення хлоп'єутворення в стічну воду крім реакційної суміші доцільно додавати поліакриламід (ПАА) в кількості 1 - 1,5 мг / л. Визначено, що додавання реакційної суміші гідроксидних осадів з

сірчаною кислотою в поєднанні з поліакриламідом дозволяє підвищити ефективність процесу відстоювання стічних вод більш ніж в два рази за ГСК, в три рази за БСК₅, в два рази за зваженими речовинами і майже в 25 разів по фосфатах. Рекомендовано технологічна схема кислотної регенерації осаду.

7. Проведено випробування регенованого коагулянту для очищення стічних вод. Встановлено, що застосування регенованого коагулянту в порівнянні з товарним $Al_2(SO_4)_3$ дозволяє поліпшити показники якості очищеної води за кольоровістю в 1,18 -1,4 рази, за ХСК - в 1,2 -1,4 рази і за вмістом зважених речовин - в 1,4-2,0 рази. Таким чином, регенований коагулянт за ефективністю не поступається товарному $Al_2(SO_4)_3$, що робить можливим використання його для очищення стічних вод без погіршення якості очищеної води.

8. Розраховано техніко- економічні показники рекомендованої технологічної схеми лужної регенерації коагулянту. Визначено, що загальна розрахункова економічна ефективність складає 0,30 грн/грн термін окупності – 3,3 року.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

- 1 Закон України « Про питну воду та питне водопостачання» / ВВР України, 2002 № 16 с. 112
2. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. А.К Запольський /– К.: Вища школа, 2005., 612 с
3. Вода питна Національна програма: [Електронний ресурс] zakon.rada.gov.ua/laws/show/2455-15/ed20050303.
4. Закон України про відходи: [Електронний ресурс] zakon.rada.gov.ua/go/187/98-вр.
5. Жуков Н.Н., Актуальные задачи в области обеспечения населения России питьевой водой] // Современные технологии и оборудование для обработки воды на водоочистных станциях. Н.Н. Жуков, И. В. Кожин, В. Л. Драгинский – М.: НИИКВОВ, 1997, с. 3-12.
6. Гириль Н.Н., Гириль А.Н., Якимчук Б.Н. и др. Обработка технологических стоков и утилизация осадков станций очистки питьевых вод [Електронний ресурс] // <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/764>.
7. Драгинский В.Л., Коагуляция в технологии очистки природных вод. / В.Л. Драгинский, Л. П. Алексеева, С. В Гетманцев. – М., 2005. – 576 с.
8. Жуков Н.Н. Состояние и перспективы развития сооружений по обработке водопроводных и канализационных осадков в городах России /Н. Н Жуков // ВСТ: Водоснабжение и санитарная техника, 2002, № 12, ч. 1, с. 3-6.
9. Жигаловская Т. Н. Микроэлементы в природных водах и атмосфере. / Т. Н. Жигаловская, Э. П. Махонько, А. И. Шилина – М.: Гидрометеиздат, 1974.– 183 с.
10. Тулакина Н. В. Нормирование алюминия в питьевой воде различной жесткости / Н. В. Тулакина, Ю. В. Новиков, С. И. Плитман и др.//Гигиена и санитария.– 1988.– № 12.– С. 75–77.
11. Грушко Я. М. Ядовитые металлы и их неорганические соединения в промышленных сточных водах. / Я. М Грушко – М.: Медицина, 1972.– 175 с.

12. Grapper D. R. Brain aluminum distribution in alzheimer's disease and experimental neurofibrillary degeneration / D. R. Grapper Krishman S. L., Dalton A. I // Science.– 1973.– 180.–P. 511–513.
13. Некипелов М. И. Экспериментальные исследования к гигиеническому нормированию содержания нитрата алюминия в воде / М. И. Некипелов // Гигиена и санитария.– 1996.– № 8.–С. 16–19.
14. Rapinat M. Recent developments in water treatment in France / M. Rapinat // J. Amer. Water Works Assoc.–1982.–74, N 2.–P. 610–617.
15. Liss L. Aluminium neurotoxicity. –New York: Pathetex Oubl. Inc., 1980. –120p.
16. Costello J. Postprecipitation in distribution systems / J. Costello // J. Amer. Water Works Assoc. –1984, –V.76, –№11, –P.46-50.
17. Waldron-Edward D., Metabolism of PO₄ compounds in the presence of Al / D. Waldron-Edward, P. Chan, C. Skorina // Can. Med. Ass. –1991, –V.105, –P.1297-1299.
18. Л.Я. Васюкович. О пересмотре предельно-допустимой концентрации алюминия в воде. / Л. Я. Васюкович Т. Г. Ламентова, Л. В. Остахова // Гигиена и санитария. –1998, –№5, –С.101-103.
19. Elliot H. Aluminium toxicity syndrome / H. Elliot, MacDoucall A. // Lancet. – 1998, –V.8075, –№3, –P.1203-1209.
20. Ida M. Sayre. International standards for drinking water // J. Amer. Water Works Assoc. –1988, –V.72, –№1, –P.56-60.
21. Волик Ю.И. Классификация осадков водопроводных станций Украины в зависимости от качества водоисточников / Ю.И. Волик, О. И. Терновская, Л. Я. Шевченко // Основные направления развития водоснабжения, очистки природных вод и обработки осадков: Всес. научн.-техн. конф. Тез. докл. (Харьков, 14-16 мая 1986 г.). – Харьков, 1986, с. 136-140.
22. Шевченко Л. Предотвращение загрязнений поверхностных водоисточников отходами водопроводных станций // J. Environ. Engineering and Landscape Management, 2005, XIII, № 2, p. 97a-102a

23. Бабенков Е.Д. Уплотнение и утилизация осадков водопроводных станций / Е.Д Бабенков, Т. П. Лимонова // Химия и технология воды, 1981, № 4, с. 366-374.
24. Беляева С.Д. Обработка алюминий содержащих осадков природных вод / С.Д. Беляева // Современные технологии и оборудование для обработки воды на водоочистных станциях. – М.: НИИКВОВ, 1997, с. 75-79.
25. Любарский В.М. Осадки природных вод и методы их обработки.: В.М. Любарский – М.: Стройиздат, 1980. – 128 с.
26. Осадки водопроводных станций: извлечение и утилизация.: монография / Л. Я. Шевченко, Г.Я. Дрозд, Н.И. Зотов, В.Н. Маслак – СПб., 2004. – 195 с.
27. Обработка и утилизация осадков водопроводных очистных станций [Электронный ресурс] // <http://eprints.ksame.kharkov.ua/872/8/4.doc>.
28. Хамидов М.Г. Технологическое взаимодействие коммунальных систем водоподготовки и канализации в процессах очистки воды и обработки осадков: Автореф. дис... канд. техн. наук. /М. Г. Хамидов – М., 2007. – 25 с.
29. Драгинский В.Л. Обработка промывных вод фильтров водоочистных станций / В.Л. Драгинский, Л. П. Алексеева // Водоснабжение и санитарная техника, 2005. № 8.
30. И. Ю. Шевченко. Рекомендации для проектируемых бессточных схем водопроводных очистных сооружений по характерным группам водоисточников УССР. / И. Ю. Шевченко, Ю. И. Волик – Харьков, 1985. – 24 с.
31. Осадки водопроводных станций: извлечение и утилизация.: монография /Л. Я Шевченко, Г. Я. Дрозд, Н. И. Зотов, В. Н. Маслак – Луганск: Изд-во Луганск. аграрн. ун-та, 2004. –196 с.
32. Козловская С. Б. Преимущества бессточных схем водопроводных очистных сооружений / С. Б. Козловская, Е. Б. Сорокина // Коммунальное хозяйство городов, Научно-технический сборник №74, - 2006, С. 58-64
33. Совместная обработка осадков сточных вод и осадков, образующихся на водопроводных станциях.: монография / С. В. Яковлев, Б. А. Ганин, А. С. Матросов, Б. М. Кольчугин – М.: Стройиздат, 1990. – 104

34. Лазарев В.В. Обезвоживание и утилизация водопроводного осадка на водоочистных станциях Молдовы. / В. В. Лазарев – Кишинев: МолНИИТЭИ, 1992. – 45 с.
35. Скрябин А.Ю. Разработка технологии обезвоживания водопроводных осадков, образованных при осветлении воды с применением флокулянта ВПК-402: Автореф. дис.... канд. техн. наук. / А. Ю. Скрябин – СПб., 2004. – 24 с.
- 36 Запольский А. А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение. / А. К. Запольский, А. А. Баран – Л.: Химия, 1987. – 208 с.
- 37 Кинетическое исследование растворения суспензий гидроокиси алюминия. / Л.А. Кульский, Е.С. Мацкевич и др. // Докл. АН УССР. Сер. Б. –1980, – №6, – С.40-44.
- 38 Вейцер Ю. В. Регенерация коагулянтов из осадков водопроводных станций. / Ю.В. Вейцер –М.: МДИТП, –1981, –24 с.
- 39 Янин Е.П.Осадок водопроводных станций (состав, обработка, утилизация) / Е. П. Янин // Экологическая экспертиза, 2010, № 5 С. 3-45
- 40 Епифанов Ю. В. Физико-химические закономерности процессов кислотной и щелочной регенерации коагулянтов полученных из осадков природных вод. / Ю.В. Епифанов, Е.С. Мацевич // Химия и химическая технология. –1989, –Т.11, –№8, –С.692-695.
- 41 БабенковЕ. Д. Уплотнение и утилизация осадков водопроводных станций. / Е.Д. Бабенков, Т.П. Лимонова // Химия и технология воды. –1981, –Т.3, –№4, – С.366-374.
- 42 Маслов В.И. Обработка осадка водопроводных очистных сооружений / И.В. Маслов, Н. Д. Мхеидзе // Вопросы гидравлики и водоснабжения. Сб. трудов МИСИ, 1980, № 174, с. 166-169. 40
- 43 Шевелев Ф. А. Водоснабжение больших городов зарубежных стран. / Шевелев Ф.А., Орлов Г.А – М.: Стройиздат, 1987. – 351 с.
- 44 Умягчение воды ионитами: монография / А. В. Мамченко, Т.И Якимова, М.С.Новоженюк, А. Г. Еременко. //ХиТв, 1989, т.11 №8 С.728-740.

- 45 Косогіна І. В. Коагуляційний реагент з відходів глиноземних виробництв / І. В. Косогіна, І. М. Стасюк, Н. В. Астрелін, // Праці Одеського політехнічного університету, 2013. Вип. 3(42), С. 281-285
- 46 Донцова М.И. Исследование технологии и разработка метода регенерации шламов – коагулянтов, образующихся при очистке природных и сточных вод. Автореф. дисс...канд. тех. наук/ М. И. Донцова –Киев, –1972, –21 с.
- 47 Лейте В.Н. Определение органических загрязнений в питьевых, природных и сточных водах/ В. Н. Лейте –М., –Химия, –1995, 196 с.
- 48.Колотило Д. М. Екологія і економіка : навчальний посібник / Д. М. Колотило – К. : КНЕУ, 2005. – 576 с.
49. Царенко О. М. Основи екології та економіка природокористування: навч. посіб. / О. М. Царенко, О. О. Нєсветов, М. О. Кадацький. – 2-е вид., стереот. – Суми : Університетська книга, 2004. – 400 с.