

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
« Київський політехнічний інститут »

КАНДА СІМОН
(АНГОЛА)

На правах рукопису
УДК 661.862.002.68
658.567.1

РОЗРОБКА КОАГУЛЯНТІВ І ТЕХНОЛОГІЙ
КОНДИЦІОНУВАННЯ ВИСОКОКАЛАМУТНИХ
І ВИСОКОКОЛІРНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Спеціальність 21.00.08 - Технологія безпеки

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1997



00743586 (X)

Дисертація в рукописі

Робота виконана в Національному технічному університеті України
"Київський політехнічний інститут" Міністерства освіти України.

Наукові керівники: доктор технічних наук, професор
ШУТЬКО Олександр Петрович

кандидат технічних наук, старший
науковий співробітник
СРІБНИЙ Леонід Євгенович,
Національний технічний
університет України «КПІ»,
доцент кафедри технології
целюлозно-паперових виробництв
та промислової екології.

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, професор Терновцев Віталій Омелянович, Київський державний технічний університет будівництва та архітектури, професор кафедри водопостачання.
- доктор хімічних наук, старший науковий співробітник Алексєєв Олег Леонідович, Інститут біологічної хімії НАН України, головний науковий співробітник.

Провідна організація: Український науковий гігієнічний центр МОЗ України,
м.Київ

Захист відбудеться «12» 01 1998 року о 14 год. 30 хв.
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.05 в Національному технічному
університеті України «КПІ» за адресою: 252056, м.Київ-56, просп.Перемоги, 37,
корп.21, ауд.212

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного
університету України «КПІ».

Автореферат розісланий « 11 » 12 1997 року.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н., професор

ВХ/р/с

Круглицька В.Я.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми: Джерелом водопостачання в республіці Ангола є ріки, озера, струмки та підземні води. За допомогою артезіанських свердловин водою забезпечується незначна частина населення, що мешкає у великих містах. Природні водойми та свердловини не мають захисних зон, тому якість питної води навіть у містах не відповідає рекомендаціям Всесвітньої Організації Охорони здоров'я (ВООЗ) практично за всіма показниками, в тому числі і за мікробіологічними, паразитологічними та токсикологічними. Це, безперечно, негативно впливає на здоров'я населення. За даними ВООЗ, кожного року в країнах так званого третього світу, до яких належить і Ангола, від шлунково-кишкових захворювань, які поширюються вірусами через некондиційну питну воду, помирає 11 млн.чоловік. Більш 70% смертей припадає на дітей у віці до 5 років.

Значний вклад у забруднення природних вод припадає на скидання охолоджуючих вод із зворотних систем промислових підприємств при їх продуванні. Об'єм таких вод в загальному об'ємі промислового водопостачання в Анголі складає біля 80%.

Існуюча в Анголі технологія очищення природних вод, що використовується для питного водопостачання, розроблена ще в період колонізації, зараз уже не спроможна забезпечити нормативну якість води. Слід звернути увагу на те, що сьогодні в республіці Ангола практично відсутні сучасні очисні споруди і системи кондиціонування питної води, тому розробка і опанування ефективних технологій водопідготовки є однією з першочергових задач, що стоять перед молодою республікою і спрямовані на підвищення рівня життя людей.

Основною задачею роботи є розробка технології очищення висококаламутних і висококолірних природних вод, які містять біологічні забруднення, для господарсько-питного водопостачання. Другою задачею був вибір і удосконалення технології водопідготовки для зворотних систем водопостачання з метою збільшення кратності використання. Ці проблеми можуть бути вирішені лише при застосуванні інтенсивних фізико-хімічних методів очищення води з залученням таких ефективних коагулянтів як поліалюмінійхлориди (ПАХ) та поліалюмінійхлорсульфати (ПАХС), які могли б виготовлятися в Анголі.

Сировиною для виробництва цих коагулянтів можуть бути відходи металевого алюмінію, алюмінійвміщуючі природні матеріали (каооліни, нефеліни, сієніти) та соляна і сірчана кислоти. В Анголі з місцевих нефелінів одержують металевий алюміній, який використовують для виробництва алюмінієвого посуду та інших виробів. Відходи металевого алюмінію на цих виробництвах складають біля 1,2 тис.т на рік. Крім цього, в Анголі є ще ряд джерел відходів металевого

алюмінію у вигляді шлаків, стружки і т.ін. Із цієї кількості металу можна отримати біля 18 тис.т високоосновного поліалюмінійхлориду, за допомогою якого можливо очистити біля 70 млн.м³ води, що складає приблизно по 4л на добу на кожного громадянина Анголи. Таким чином, тільки з відходів металевого алюмінію в республіці можна одержати таку кількість коагулянтів, яка забезпечить мінімальною кількістю очищеної води все населення країни. Значно більшу кількість коагулянтів можна одержати шляхом кислотного розкладу каоліну, що в повному обсязі забезпечить вимоги населення в якісній питній воді.

Мета роботи: Метою роботи є розробка економічних способів одержання високоефективних коагулянтів ПАХ та ПАХС із ангольської сировини для очищення та знезаражування висококаламутних і висококолірних поверхневих вод промислового і господарсько-питного призначення.

Для досягнення цієї мети необхідно було вирішити такі задачі:

1. Синтезувати коагулянти з промислових відходів металевого алюмінію і каоліну Негажеського родовища (Ангола);
2. Вивчити фізико-хімічні властивості одержаних коагулянтів;
3. Розробити ефективні технології очищення природної води господарсько-питного призначення і води, призначеної для зворотних циклів в промисловому водопостачанні з використанням ПАХ та ПАХС;
4. Розробити технологію утилізації шлаків, що утворюються в процесах кислотного розкладу каолінів при виробництві коагулянтів.

Наукова новизна:

- Вперше обґрунтована доцільність використання ПАХС та експериментально встановлені їх переваги при очищенні і знезараженні природних висококаламутних і висококолірних вод у порівнянні з сульфатом алюмінію і ПАХ;
- В процесі дослідження кінетики розчинення металевого алюмінію в еквімолярних кількостях соляної та суміші 6М соляної і 8М сірчаної кислот був підібраний мідьвміщуючий каталізатор, що дозволяє скоротити процес розчинення металу на завершальній стадії в 1,5-2 рази;
- Вперше показана можливість утилізації кислих шлаків, що утворюються в процесах кислотного розкладу каолінів, та переробки їх в будівельні матеріали;
- Для відкритих зворотних систем водопостачання встановлена залежність інтенсивності солевідкладення на поверхнях теплообміну від крайового кута змочування крапель пересиченого карбонатами кальцію розчину і структури матеріалу, на поверхні якого протікає солевідкладення;

– Вперше виведено залежність утворення і осадження карбонатних солей на теплообмінних поверхнях від добутку кальцієвої жорсткості на квадрат лужності пом'якшеної води, що більш адекватно кількісно описує даний процес.

Практична цінність:

- Розроблені економічні способи одержання ефективних коагулянтів із відходів металевого алюмінію і ангольських каолінів з використанням соляної і сірчаної кислот для очищення природних висококаламутних, висококолірних вод, а також вод з мікробіологічними забрудненнями;
- Розроблені технологічні процеси очищення висококаламутних, висококолірних природних вод з використанням одержаних реагентів;
- Розроблено технологію утилізації кислих шламів, що утворюються при кислотному розкладі каолінів, для виробництва будівельних матеріалів, які необхідні республіці Ангола для вирішення проблем житлового та комунального будівництва;
- Показана доцільність заміни асбоцементних елементів охолоджувачів градирен на полімерні матеріали, що забезпечує зниження інтенсивності солевідкладення на їх поверхнях у 150-200 разів;
- Визначені раціональні способи обробки підживлюючої води для зворотних систем водокористування.

На захист виносяться:

- Способи отримання ПАХС із відходів металевого алюмінію та природних каолінів методом соляно-сірчанокислотної переробки;
- Обґрунтування переваги ПАХС для очищення висококаламутних і висококолірних природних вод, які містять мікробні клітини, для питного водопостачання і ПАХ для очищення вод у зворотних системах водокористування;
- Використання вторинних ресурсів і відходів, які утворюються в процесі кислотного розкладу каоліну для виробництва будівельних матеріалів.

Апробація роботи. Основні положення роботи доповідалися:

- на конференції “Решение экологических проблем энергетики Донбаса”. Донецьк, вересень 1993 року;
- на симпозіумі по стійкому розвитку Анголи. Луанда (Ангола), листопад 1994р.;
- на II Міжнародному конгресі “Вода: екологія и технология”. Москва, вересень 1996р.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 4 наукові статті.

Структура і об'єм роботи. Дисертаційна робота викладена на 237 сторінках і вміщує вступ, огляд літератури, 2 розділи власних досліджень, 1 розділ, що описує

власні технологічні розробки; висновки, список літератури; включас 24 рисунка, 27 таблиць, 5 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

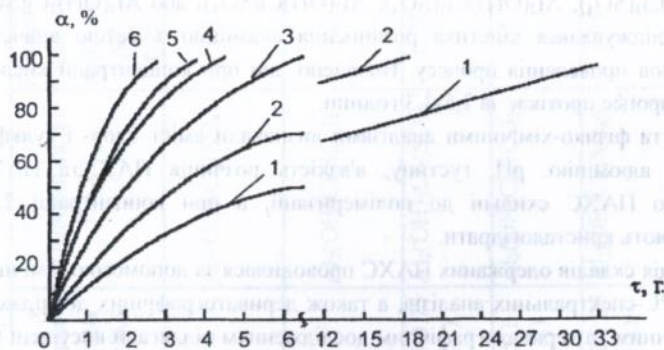
У вступі обґрунтована актуальність роботи і сформульована мета, задачі досліджень і практичні напрямки їх реалізації.

У першому розділі проаналізовані результати досліджень провідних вчених країн світу, присвячених вивченню складу і фізико-механічних властивостей ПАХ і сульфату алюмінію, проведено аналіз і класифікацію відомих способів одержання цих реагентів, показані їх переваги і недоліки, викладено стисло характеристику технологічних процесів з використанням цих речовин. В цьому ж розділі сформульовані задачі роботи.

У другому розділі представлені результати досліджень кінетики розчинення основних видів відходів металевого алюмінію, що є в Анголі, в соляній і суміші соляної та сірчаної кислот концентрацією 6 і 8 моль/дм³ при температурах 40, 60 та 80⁰С. Дослідження проводилися в надлишку і еквімолярних кількостях кислот. За експериментальними даними розраховані кінетичні характеристики процесів і побудовані графіки їх протікання, які показують залежність швидкості розчинення металу від температури реакційного середовища, концентрації кислот (рис.1), каталізатора, а також від його відносної маси.

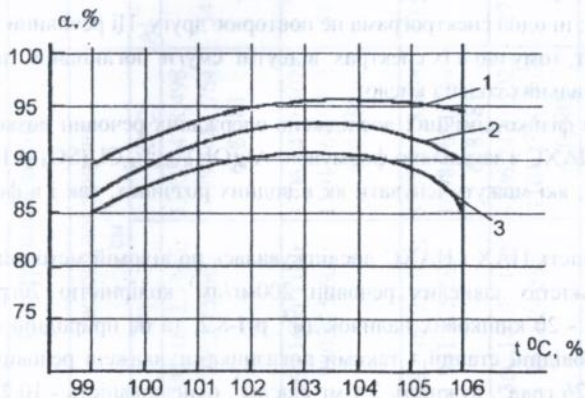
Шляхом розчинення алюмінію в соляній кислоті були одержані ПАХ складів $Al(OH)Cl_2$ та $Al(OH)_2Cl$, а шляхом розчинення металу в суміші соляної і сірчаної кислот - ПАХС складів: $Al_2(OH)Cl_3(SO_4)$; $Al_2(OH)_2Cl_2(SO_4)$; $Al_2(OH)_3Cl(SO_4)$ та $Al_2(OH)Cl(SO_4)_2$.

Як було відзначено раніше, основним джерелом сировини для виробництва в Анголі коагулянтів може бути каолін. Тому були проведені дослідження по одержанню ПАХС із каоліну. Для цього каолін попередньо подрібнювався до розмірів часток менше 2мм, випалювався при 750⁰С впродовж 20 хвилин, а потім розмелювався в млині до розміру часток 100-200 мкм. Підготовлений таким чином каолін оброблявся надлишком 14-20% сірчаної кислоти (1,2 від стехіометричної кількості в перерахунку на Al_2O_3) при $t = 96-106^0C$ і швидкості перемішування 60-80 об/хв впродовж 30 хвилин (рис.2). Потім рідка фаза відфільтровувалась на вакуумфільтрі. Фільтрат-розчин сульфату алюмінію, що вміщує Al^{3+} від 16,5 до 18,6% і надлишок сірчаної кислоти 3,7-4,1%, підігрівався до 95⁰С і до нього додавався надлишок (в 1,2 рази) металевого алюмінію від заданого складу ПАХС. Далі в реакційну масу дозувалася 8М соляна кислота для розчинення алюмінію в кількості, що необхідна для одержання коагулянту заданого складу. Таким чином кислий розчин сульфату алюмінію переводився в основний реагент



1. Переробний алюміній, HCl (6M), $t - 60^{\circ}\text{C}$
2. Харчовий алюміній, HCl (6M), $t - 60^{\circ}\text{C}$
3. Переробний алюміній, 0,5M р-р $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; HCl (6M), $t - 80^{\circ}\text{C}$
4. Переробний алюміній, 0,5M р-р $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; HCl (8M), $t - 96^{\circ}\text{C}$
5. Харчовий алюміній, HCl (8M), $\text{H}_2\text{SO}_4(8\text{M})$, $t - 80^{\circ}\text{C}$
6. Харчовий алюміній, HCl (8M), $t - 96^{\circ}\text{C}$

Рис.1. Залежність ступеня перетворення алюмінію в соляній кислоті, суміші соляної і сірчаної кислот від їх концентрації і температури.



1. $\text{H}_2\text{SO}_4, \text{C} - 20\%$; 2. $\text{C} - 17\%$; 3. $\text{C} - 14\%$

Рис.2. Залежність ступеня вилучення Al_2O_3 із каоліну від концентрації H_2SO_4 і температури реакційного середовища, при $n - 80$ об/хв. алюмінію з метою визначення оптимальних умов проведення процесу.

складу: $Al_2(OH)Cl_3(SO_4)$; $Al_2(OH)_2Cl_2(SO_4)$; $Al_2(OH)Cl(SO_4)_2$ або $Al_2(OH)_2Cl(SO_4)$. При цьому досліджувалася кінетика розчинення алюмінію з метою вивчення оптимальних умов проведення процесу. Виявлено, що при концентрації кислоти 8М і $t=96-98^{\circ}C$ процес протікає за 2,5-3,3 години.

Хімічними та фізико-хімічними аналізами визначали вміст хлор- і сульфат-іонів, кількість алюмінію, рН, густину, в'язкість розчинів ПАХ та ПАХС, встановлено, що ПАХС схильні до полімеризації, а при концентрації 2,5-3 моль/дм³ утворюють кристалогідрати.

Ідентифікація складів одержаних ПАХС проводилася за допомогою хімічного аналізу, ІЧ- і КРС-спектральних аналізів, а також дериватографічних досліджень. ІЧ-спектроскопічним та дериватографічним дослідженням підлягали висушені при $t = 30^{\circ}C$ тверді речовини, КРС- водні розчини цих речовин. Об'єктами порівняння були солі KCl, K₂SO₄ (оскільки для ІЧ-спектроскопії досліджені зразки запересовувались у таблетку з KBr), 6-водний кристалогідрат хлориду і 18-водний кристалогідрат сульфату алюмінію, а також їх суміші у співвідношенні 1:2, 1:1, 2:1. Крім цього, досліджувалися розчини ПАХС, які були одержані розчиненням алюмінію у водному розчині хлориду алюмінію з додатком еквімолярної кількості сірчаної кислоти. Результати досліджень представлені у таблиці 1.

Дослідження показали, що ПАХС, одержані різними способами, є речовинами змінного складу, основність яких є функцією кислотності середовища, в якому вони знаходяться. Спектральні дослідження показали, що ПАХС, як і ПАХ - речовини індивідуальні: ні одна спектрограма не повторює другу. Ці речовини не є сумішшю солей і кислот, тому що в їх спектрах відсутні смуги поглинання, що характерні для індивідуальних солей і кислот.

Аналіз результатів фізико-хімічних досліджень одержаних речовин дозволяє ідентифікувати їх як ПАХС з загальною формулою $Al_n(OH)_{(3n-m-2k)}Cl_m(SO_4)_k \cdot nH_2O$, де $n=2$; $m=1...3$; $k=1...2$, які можуть існувати як в водних розчинах, так і в формі кристалогідратів.

Коагуляційна здібність ПАХ і ПАХС досліджувалась по відомій методиці на модельній воді з кількістю завислих речовин 200мг/дм³ колірністю 70град., значенням колі-індексу - 20 кишкових паличок/дм³, рН-8,2, та на природній воді на Деснянській водопровідній станції з такими показниками: зважені речовини - 10 мг/дм³, колірність - 26 град., лужність 3,4 мг-екв/дм³, окислюваність - 10,2 мг-екв O₂/дм³, рН-8,8. Модельна вода готувалась з використанням органосорбу і замушнювача фірми Alaid Colloids, США. Об'єктом порівняння були розчини сульфату алюмінію і високоосновного ПАХ. Коагуляційна спроможність ПАХ досліджувалась на модельній воді для зворотних систем водокористування тому, що ПАХ в своєму складі не мають сульфат-іонів, які сприяють утворенню

Таблиця 1. Ідентифікація складів ПАХС за результатами фізико-хімічних досліджень.

Спосіб одержання ПАХС	Спектральний аналіз		Хімічний аналіз				Співвідношення Al:Cl:SO ₄	Хімічний склад ПАХС	Концентрація розчинів по Al ³⁺ , г/дм ³
	Частоти поглинання см ⁻¹		Вміст, г/дм ³			pH			
	ІЧ	КРС	Al ³⁺	Cl ⁻	H ₂ SO ₄ ²⁻				
Розчиненням алюмінієвої фольги в водн. розчині AlCl ₃	3382;1612;1105;980;625;600	3355;2478;498;1098;1681;764;618;581	54	71	96	3.17	2:2:1	Al ₂ (OH) ₂ Cl ₂ (SO ₄)	1.0
з додатком еквімолярної кількості H ₂ SO ₄	3360;1600;1100;980;625;600	3306;2470;502;1101;1690;762;620;588	54	35.5	192	2.48	2:1:2	Al ₂ (OH)Cl(SO ₄) ₂	1.0
Розчиненням металевого Al в суміші еквімолярних кількостей HCl та H ₂ SO ₄	3382;1612;1105;981;625;598	3355;2478;498;1098;1681;764;618;581	40.5	47.3	72.0	3.28	1.5:1.5:0.75 (2:2:1)	Al ₂ (OH) ₂ Cl ₂ (SO ₄)	0.75
	3360;1610;1100;960;624;598	3306;2470;502;1101;1690;762;620;588	27	17.8	96	2.63	1:0.5:1 (2:1:2)	Al ₂ (OH)Cl(SO ₄) ₂	0.5
Розкладом коаліну H ₂ SO ₄ з наступним донасиченням Al	3375;1610;1105;980;625;600	3360;2480;496;1096;1680;766;619;577	94.5	186.2	167.5	2.57	3.5:5.2:1.75 (2:3:1)	Al ₂ (OH)Cl ₃ (SO ₄)	1.75
	3390;1615;1105;980;625;600	3335;2478;498;1098;1682;764;617;581	81	53.2	139.6	3.36	3:1.5:1.5 (2:1:1)	Al ₂ (OH) ₃ Cl(SO ₄)	1.5

гіпсових відкладень на теплопередаючих поверхнях систем. Вихідні характеристики води були такі: вміст завислих речовин - 200 мг/дм^3 , загальна лужність - $5,2 \text{ мг-екв/дм}^3$, загальна жорсткість - $5,5 \text{ мг-екв/дм}$, $\text{pH}=7,8$, колірність 60 град , окислюваність $30 \text{ мг } \text{O}_2/\text{дм}^3$.

На модельній і Деснянській воді найкращі результати показали ПАХС складу: $\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{Cl}_2\text{SO}_4$ при дозах $100\text{-}125 \text{ мг/дм}^3$ по Al_2O_3 , відповідно. Ступінь очищення модельної води складав: від завислих речовин - $95\text{-}98\%$, зниження колірності на $90\text{-}96\%$, зниження колі-індексу на $90\text{-}95\%$, $\text{pH}=7,9$. Ступінь очищення деснянської води складав: від завислих речовин - $98,1\text{-}98,8\%$, зниження колірності - $60\text{-}77\%$, лужність $3,3 \text{ мг-екв/дм}^3$, окислюваність - $5,8 \text{ мг-екв } \text{O}_2/\text{дм}^3$, $\text{pH}=8,8$.

Сульфат алюмінію в цих же дослідженнях при таких же дозах показав такі результати: по завислим речовинам на модельній воді - 75% , на деснянській - 29% , по колірності, відповідно - 45% і 16% , по колі-індексу на модельній воді - 10% , зниження лужності на деснянській воді до $3,3 \text{ мг-екв/дм}^3$, окислюваності - до $8,1 \text{ мг-екв/дм}^3$, зниження pH на $0,3$ і $0,1$ одиниці.

Високоосновний ПАХ показав такі результати: по завислим речовинам на модельній воді - 90% , на деснянській - 71% , по колірності, відповідно - 82% і 40% , зниження лужності не спостерігалось, окислюваність знизилась на 35% , $\text{pH} = 8,8$.

Модельна вода для зворотних систем у лабораторних умовах оброблялась ПАХ у кількості $100\text{-}125 \text{ мг/дм}^3$ за Al_2O_3 , а потім пом'якшувалася вапном у кількості $5 - 5,5 \text{ мг-екв/дм}^3$. Кращі результати були одержані при пом'якшенні води вапном у кількості $5,5 \text{ мг-екв/дм}^3$, $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$ у кількості 125 мг/дм^3 . Солевідкладення при цьому зменшилося на $93\text{-}94\%$, окислюваність - на $80\text{-}90\%$, біообростання знизилося до $0,2 \text{ мм}$ за місяць, pH води підвищилася до $8,3$.

Таким чином, коагулянти - $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$ і $\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{Cl}_2(\text{SO}_4)$ - є більш ефективні, ніж $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ і $\text{Al}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ реагенти, як для очищення висококаламутних та висококольорових природних вод, так і для зворотних систем водовикористування з високими показниками каламутності, колірності та жорсткості.

Внаслідок кислотного розкладу каоліну утворюються значні кількості кислих шламів. На t вилученого алюмінію їх утворюється до 6т , що викликає значні перешкоди для промислового налагодження цього способу одержання коагулянтів. Тому були досліджені властивості шламів з метою визначення напрямку їхньої можливої утилізації. Встановлено, що хімічний склад шламів такий: кремнезем - $43,3\text{-}45,2\%$, глинисті речовини $13,2\text{-}15,1\%$, гель кремнійової кислоти $20,3\text{-}23,6\%$, сульфати $1,9\text{-}2,1\%$ при вологості $18\text{-}21\%$. Кислотність шламу складає $2,1\text{г-екв/кг}$ маси, таким чином, така ж кількість луку необхідна для його нейтралізації, що економічно недоцільно. Була досліджена можливість нейтралізації кислоти, що

утримується в шламi, природними карбонатами кальцію і магнію (вапняками). Відходи розпилювання вапняка розмелювалися до 50 мкм, змішувалися з кислим шламом у різних співвідношеннях (вологість суміші доводилась до 30%) і витримувалося впродовж 1 години. Встановлено, що нейтралізовану масу можливо утилізувати в будівельні матеріали після додавання до неї до 40% гіпсу чи 30% цементу. Такий матеріал може бути використаний у цивільному і промисловому будівництві для несучих конструкцій малоповерхових будівель і перегорожок.

У третьому розділі розглянуті питання підвищення ефективності експлуатації зворотних систем водокористування і попередження відкладення солей на теплопередаючих поверхнях. Надійність і економічність роботи цих систем забезпечується, в основному, якістю води. При багаторазовому проході води по зворотних системах у воді накопичуються забруднення. Це, в свою чергу, підвищує інтенсивність утворення відкладень на теплопередаючих поверхнях і на зрошувачах градирень, що викликає підвищення термічного опору забруднень на теплопередаючих поверхнях. Типовим забруднювачем поверхонь нагріву у зворотних системах є карбонат кальцію.

Інтенсивність зростання відкладень при відсутності заходів по кондиціонуванню води достатньо висока. В зв'язку з цим доводиться використовувати коштовні засоби очищення теплопередаючих поверхонь.

Для оцінки ефективності використання різних технологій по очищенню води і попередженню утворення накиму на основі літературних даних і особистих досліджень виведено диференційне рівняння, яке характеризує надходження солей у систему, вихід їх із системи з продувкою і з накипом.

$$\frac{dC}{dT} = \frac{QC_0}{M} - \frac{PQC}{M - kC} \quad (1)$$

де: C_0, C - вміст компонентів відповідно в підживлюючій та циркулюючій воді, мг/кг;

T - час зміни концентрації іонів в циркуляційній системі, г;

M - маса води в циркуляційній системі, т;

Q - витрата підживлюючої води, яка поступає до циркуляційної системи, т/г;

P - доля продувки системи від витрати підживлюючої води, в % від об'єму системи;

k - константа швидкості реакції утворення карбонату кальцію в циркуляційній системі, г⁻¹.

Вирішення цього рівняння дозволило вивести таку залежність:

$$\frac{C_0 - C(P + kM / Q)}{C_0 - C_0(P + kM / Q)} = \exp[-Q(P + kM / Q)T / M] \quad (2)$$

Після встановлення рівноваги в системі константа швидкості утворення накипу складає:

$$k = Q / M(C_0 / C - P) \quad (3)$$

В дисертаційній роботі виведені диференційні рівняння зміни кальцієвої жорсткості води при обробці мережної і підживлюючої вод. Мінімальна кількість карбонату кальцію у зворотній системі забезпечується при очищенні мережної води, що обробляється в освітлювачі $\alpha = (C_0 - PC) / (C - C_{00})$ і при обробці підживлюючої води $\alpha = (C_0 - PC) / (C - C_{00})$.

Аналіз роботи промислових систем показує, що збільшення частки обробленої води до $= 0,8Q_0$ значно підвищує ступінь попередження утворення накипу: при обробці мережної води в 2,35 рази і підживлюючої води в 8,75 рази.

При виборі технології обробки води в освітлювачі обґрунтовано використання режимів, які забезпечують мінімум концентрації $Ca^{2+} CO_3^{2-}$. Для вибору оптимальної технології обробки води запропонований параметр (η) - коефіцієнт очищення, який характеризує ефективність вилучення з води іонів, що утворюють осад і які можуть бути визначені з рівняння:

$$\eta = \frac{Ca_0 L_0 - Ca_{обр} (CO_3^{2-} + OH^-)_{обр}}{Ca_0 L_0} \quad (4)$$

Проведені дослідження по обробці води вапном і вапном з содою показали, що мінімальне значення параметру $Ca^{2+}(CO_3^{2-} + OH^-)$ в обробленій воді досягається при надлишку гідратної лужності 0,15 мг-екв/кг. Мінімальна залишкова кальцієва жорсткість обробленої води досягається при режимі підтримання чистої карбонатної лужності води ($OH=0$).

При обробці води содою і вапном кальцієва жорсткість обробленої води знижується в декілька разів у порівнянні з режимом обробки води тільки вапном. Добуток концентрації іонів $(Ca^{2+})(CO_3^{2-} + OH^-)$ при обробці содою і вапном для високомінералізованих вод знижується в 2,6 рази у порівнянні з режимом обробки тільки вапном. Однак параметр η підвищується тільки на 4%.

Використання дешевого і недефіцитного реагенту - вапна дозволяє забезпечити той же ефект вилучення осадотворюючих іонів при підвищенні потужності освітлювачів на 5-10% у порівнянні з содованапном за рахунок використання для цієї мети ПАХ у кількості 5-6 мг/дм³. Використання кальцієваної соди для обробки як мережної, так і підживлюючої води є нерациональним.

Внаслідок виконаних досліджень процесу утворення накипу на лабораторному устаткуванні показано, що інтенсивність утворення накипу (I_n) для відкритих систем пропорційна добутку концентрації кальцій-іона на квадрат бікарбонатної лужності води (рівняння (5), Рис.3).

$$I_n = Ca \cdot L^2 \quad (5)$$

Для перевірки впливу інтенсивності відкладення карбонату кальцію на поверхнях різних матеріалів зрошувачів проведені досліди, які моделюють роботу градирень. Для цього в насичений розчин бікарбонату кальцію барботували диоксид вуглецю через пересичений розчин карбонату кальцію. Для створення пересичення в розчині з останнього виділявся CO_2 , а на дно посудини клались зерна сілікагелю. Система термостувалась при $t = 45-50^{\circ}C$ з підключенням вакууму 100 мм вод.ст. В термостат підвішували зразки матеріалів, які можуть бути використані як зрошувачі градирень.

Як відомо, практично повсюдно як елементи зрошування використовуються асбоцементні пластини. В останні роки з екологічних міркувань асбоцемент замінюється іншими матеріалами. Як елементи зрошувачів перевірені склотканина, склопластик і поліетилен.

Результати досліджень наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Інтенсивність солевих відкладень залежно від матеріалу зрошувачів.

Матеріал зрошувача	Кут змочування поверхні, град.	Інтенсивність відкладень, $г/м^2р$
Поліетилен	87	0,0088
Склопластик	71	0,0194
Склотканина	57	0.032
Асбоцемент	24	1,74

Встановлено, що більш раціонально як матеріали для зрошувачів градирень використовувати полімерні матеріали, на яких інтенсивність солевідкладення в 150-200 разів нижче, ніж на асбоцементних пластинах, а якщо підготовку води вести вапном у комплексі з ПАХ, то ефект зростає в 3-4 рази. Слід також відзначити, що швидкість біообростання при такій обробці також знижується в 20-25 разів.

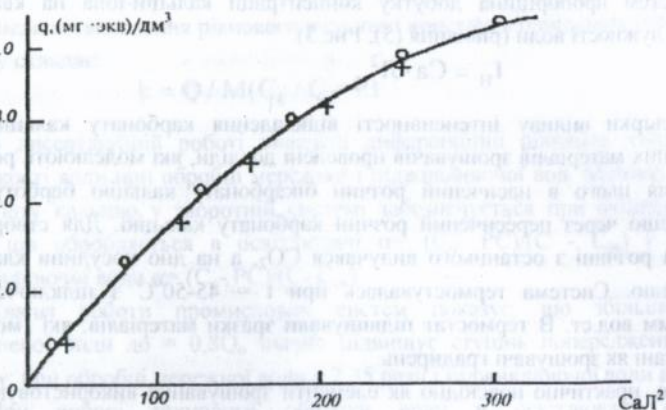


Рис 3. Залежність кількості карбонату кальцію, що випав при двох кратному випаровуванні води, від добутку кальцієвої жорсткості на квадрат бікарбонатної лужності з зміненням кальцієвої (о) і бікарбонатної (+) лужності розчину.

У четвертому розділі дана коротка характеристика природної алюмінійвміщуючої сировини, вапняків і відходів металевого алюмінію існуючих виробництв, а також ринку кислот, гіпсу і цементу.

На основі проведених досліджень були розроблені технологічні процеси одержання коагулянтів із природної алюмінійвміщуючої сировини і промислових відходів металевого алюмінію.

В цьому ж розділі описано розроблену технологію утилізації шламів, які утворюються при кислотному розпаді каолінів в процесах виготовлення коагулянтів.

Найбільш доцільно, виходячи із досліджень властивостей і складу шламу, утилізувати їх в будівельні матеріали шляхом дозування до них вапняків з метою нейтралізації шламів і подальшого змішування одержаної маси з гіпсом або цементом у кількості 30...40%. По цій технології можна одержати будівельні матеріали з такими показниками: $\sigma_{\text{тиск}} = 3,9...4,2 \text{ МПа}$; $\sigma_{\text{згин}} = 1,5...1,9 \text{ МПа}$ для шлагогіпсових виробів; $\sigma_{\text{тиск}} = 10...11,5 \text{ МПа}$; $\sigma_{\text{згин}} = 4,9...5,3 \text{ МПа}$ для шлагоцементних виробів.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблені способи виготовлення поліалюмінійхлоридів (ПАХ) і поліалюмінійхлорсульфатів (ПАХС) із ангольських каолінів і відходів металевого алюмінію, які можуть використовуватися як коагулянти для очищення і знезараження висококаламутних і висококолірних природних вод.
2. Спектроскопічними та хімічними методами аналізу встановлено, що ПАХС, аналогічно ПАХ, є речовинами змінного складу, які описуються загальною формулою $Al_n(OH)_{3n-m-2k}Cl_m(SO)_k$. Основність їх є функцією кислотності середовища, в якому вони утворюються і існують.
3. Розроблено методику для визначення складу ПАХС за результатами потенціометричного титрування, рН-метричних вимірів і фотоколориметричного аналізу для здійснення контролю складу коагулянтів у промислових умовах.
4. Обґрунтовано доцільність і експериментально встановлено переваги ПАХ і ПАХС перед сульфатом алюмінію як коагулянтів для очищення і знезараження висококаламутних і висококолірних природних вод.
5. Встановлено фактори, що впливають на інтенсивність утворення накипу на поверхнях теплообміну і в відкритих зворотних системах водокористування; визначені раціональні способи обробки води для зниження солевідкладення.
6. Показано доцільність заміни асбобетонних елементів охолоджувачів градирень на полімерні матеріали, що забезпечить зниження інтенсивності солевідкладення на їх поверхнях у 150-200 разів.
7. Розроблено технологію утилізації шламів, які утворюються при кислотному розкладі каолінів, в будівельні матеріали, що дозволяє організувати безвідходне виробництво коагулянтів із місцевої ангольської сировини.

Основні положення дисертації викладені в таких публікаціях:

1. Высоцкий С.П., Канда С. Кристаллизация карбоната кальция в оборотных системах охлаждения воды // Химия и технология воды, 1994. т.16. №5. с.541-544.
2. Высоцкий С.П., Мартынюк А.А., Канда С. Повышение надежности эксплуатации систем охлаждения конденсаторов турбин // Экотехнологии и ресурсосбережение, 1995. №2. с.7-13.
3. Шутько А.П., Сулова В.А., Канда С., Срибный Л.Е. Перенективные высокоэффективные коагулянты для очистки питьевой воды // Экотехнологии и ресурсосбережение, 1997. №1. с.69-72.
4. Шутько А.П., Срибный Л.Е., Сулова В.А., Демченко В.Я., Канда С. Использование высокоэффективных коагулянтов при реагентной очистке

питьевой воды на фильтровальных станциях // Экотехнологии и ресурсосбережение, 1997. №2. с.47-51.

Автор висловлює щирю подяку д.т.н., проф. Висоцькому С.П. за консультації, критичні зауваження і поради, а також к.т.н., доц. Шабанову М.В. за допомогу у виконанні та оформленні роботи.

SUMMARY.

Canda S. The elaboration of coagulants and technology conditioning of high-colored and high-turbid waters. The thesis of dissertation for the scientific degree of candidate of technical sciences in speciality 21.00.08.- technogenous safety. The National Technical University of Ukraine "The Kyiv Polytechnical Institute", Kyiv, 1997.

The main results of the defending thesis are published in 4 articles. The dissertation contains the results of the research directed to the elaboration of the technologies of obtaining highly effective coagulants from the aluminium containing wastes and kaolin natural resources of Angola of purifying and disinfective the local natural high-colored and high-turbid water. The results of the investigating directed for increasing the efficiency service of circulating water systems are presented.

On basis of the carried out experiments the technologies of obtaining coagulants, the processes of water purifying with these coagulants, the processes of conditioning water for circulating systems and raising the efficiency of their usage as well as the technologies of utilizing acid slime into the building materials are developed.

Key words: coagulants, technologies of obtaining, aluminium, kaolin, acid slime, building materials, purifying, natural water, circulating water.

АННОТАЦИЯ

Канда С. Разработка коагулянтов и технологий кондиционирования высокомутных и высокоцветных поверхностных вод. Рукопись диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.00.08. - техногенная безопасность. Национальный технический университет Украины. "КПИ", г.Киев, 1997.

Защищается диссертационная работа, основные результаты которой опубликованы в 4 статьях и которая содержит результаты исследований, направленных на разработку технологий получения эффективных коагулянтов из отходов металлического алюминия и каолина Негажеского (Ангола) месторождения для очистки и обеззараживания местных природных высокомутных и высокоцветных вод, а также результаты исследований,

AB 39.229