

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет Інженерії
(повне найменування факультету)

Кафедра Хімічної інженерії та екології
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

освітнього ступеня магістр
(бакалавр, магістр)

спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія
спеціалізація Хімічні технології неорганічних речовин
(шифр і назва спеціальності)

на тему **Дослідження можливості використання сполук стронцію в процесі знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти**

Виконав: здобувач вищої освіти групи ТНР-19зм

Данильченко Н.Ю.
(прізвище, та ініціали) _____
(підпис)

Керівник Золотарьова О.В.
(прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Завідувач кафедрою Суворін О.В.
(прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Рецензент Кравченко І.В.
(прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Севєродонецьк - 2021 р.

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля**

Факультет

Інженерії

Кафедра

Хімічної інженерії та екології-

Освітній

ступінь

магістр

(бакалавр, магістр)

Спеціальність

161

-

Хімічні

технології

та

інженерія

Спеціалізація

"Хімічні

технології

неорганічних

речовин"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою ХІЕ

О.В. Суворін

“ _____ ” _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Данильченко Надія Юрївна

1. Тема роботи :

Дослідження можливості використання сполук стронцію в процесі
знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти

Керівник проекту (роботи) Золотарьова Олена В'ячеславівна, к.пед.н.

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

затверджені наказом по інституту від 19.11.2020 р. № 162/15.25

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи - 15 січня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: літературні, патентні та регламентні дані.

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

Вступ. 1. Аналітичний огляд. 2. Обґрунтування вибраного напрямку роботи. 3. Теоретична частина. 4. Експериментальна частина. 5. Прикладна частина. 6. Екологія та охорона навколишнього середовища. 7. Охорона праці. 8. Економічна частина. Висновки. Анотація. Список використаної літератури.

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

1. Схема експериментальної установки (1 лист).
 2. Експериментальні дані (2 листи).
 3. Технологічна схема (1 лист).
 4. Матеріальний баланс (1 лист).
 5. Реактор. Вид загальний (1 лист).
- 6. Дата видачі завдання - 09 листопада 2020 року.**

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	09.11.2020	
2	Аналітичний огляд	19.11.2020	
3	Обґрунтування вибраного напрямку роботи	27.11.2020	
4	Теоретична частина	07.12.2020	
5	Експериментальна частина	17.12.2020	
6	Прикладна частина	27.12.2020	
7	Екологія та охорона навколишнього середовища	03.01.2021	
8	Охорона праці	10.01.2021	
9	Економічна частина	12.01.2021	
10	Висновки	12.01.2021	

Здобувач вищої освіти
Н.Ю.

(підпис)

Данильченко

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Золотарьова О.В.

(прізвище та ініціали)

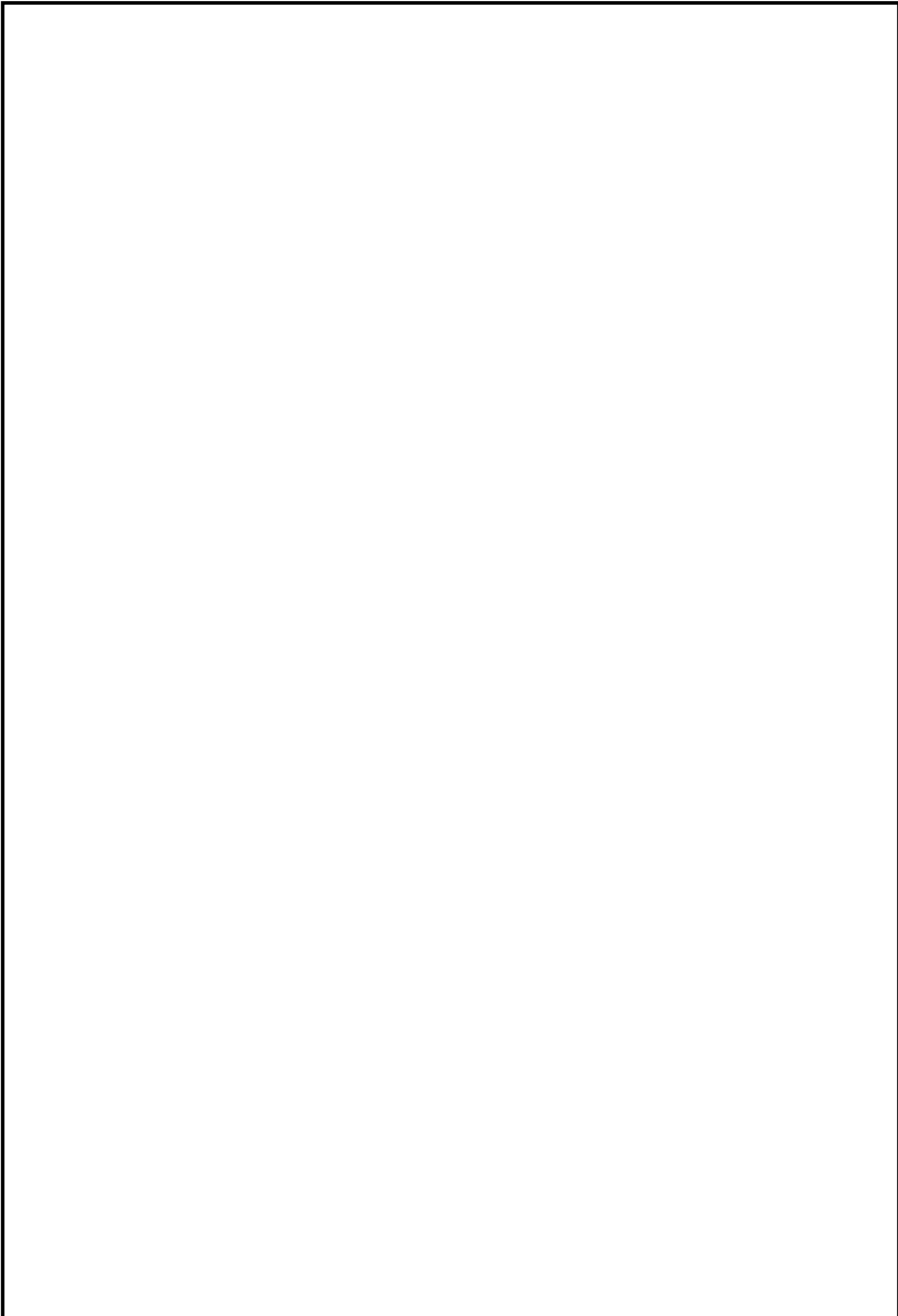
ЗМІСТ

	Вступ	8
1	Аналітичний огляд	10
1.1	Огляд науково-технічної та патентної літератури	10
2	Обґрунтування вибраного напрямку роботи	19
3	Теоретична частина	21
3.1	Фізико-хімічні властивості речовин, що використовуються в роботі	21
3.2	Теоретичні основи знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти	22
4	Експериментальна частина	31
4.1	Мета експерименту	31
4.2	Методика експерименту та опис експериментальної установки	31
4.2.1	Методика проведення процесу знесульфачування фосфатної кислоти карбонатом стронцію	31
4.2.2	Методика проведення освітлювання фосфатної кислоти, очищеної карбонатом стронцію	33
4.3	Методика аналізів	34
4.3.1	Методика визначення сульфат-іонів в екстракційній фосфатній кислоті	34
4.3.2	Методика визначення фторидів в екстракційній фосфатній кислоті	38
4.3.3	Методика визначення P ₂ O ₅ в екстракційній фосфатній кислоті	42
4.4	Результати експерименту та їх обговорення	46
4.4.1	Дослідження процесу знесульфачування фосфатної кислоти карбонатом стронцію	46

					<i>ДР.04.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Данильченко</i>			<i>Зміст</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник.</i>		<i>Золотарьова</i>				6	107	
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав.каф</i>		<i>Суворін О.В.</i>						

4.4.2	Визначення параметрів процесу освітлювання фосфатної кислоти, очищеної карбонатом стронцію	51
4.5	Висновки	55
5	Прикладна частина	57
5.1	Рекомендації з промислової реалізації результатів експерименту	57
5.2	Опис рекомендованої технологічної схеми процесу	57
5.3	Матеріальний і тепловий розрахунок	60
5.3.1	Матеріальний баланс стадії знесульфачування екстракційної фосфатної карбонатом стронцію	60
5.3.2	Тепловий баланс стадії знесульфачування екстракційної фосфатної карбонатом стронцію	63
5.4	Вибір і розрахунок основного апарату	66
5.4.1	Механічний розрахунок реактора	66
5.4.2	Конструктивний розрахунок змійовикового теплообмінника	68
6	Екологія та охорона навколишнього середовища	70
7	Охорона праці	78
7.1	Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, вибухо- і пожежонебезпечність речовин, що використовуються та одержуються в виробництві	80
7.2	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори на виробництві	82
7.3	Заходи щодо запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів	84
7.3.1	Розрахунок вентиляції науково-дослідної лабораторії	84
7.3.2	Розрахунок опалення науково-дослідної лабораторії	86
7.3.3	Розрахунок освітлення науково-дослідної лабораторії	87
7.3.4	Розрахунок заземлення науково-дослідної лабораторії	91
7.4	Заходи пожежної безпеки	93
8	Економічна частина	97
	Висновки	99
	Анотація	101
	Список використаної літератури	103

						Арк
						7
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



					ДР.04.01.ПЗ	Арк
						8
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

На сьогоднішній день фосфатна кислота є одним з крупнотоннажних продуктів хімічної промисловості. Вона застосовується не тільки в виробництві добрив, але й у виробництві технічних і харчових солей, що споживаються різними галузями промисловості – харчовою, цукровою, керамічною, скляною, текстильною та ін. Найбільшого застосування фосфатна кислота набула в виробництві фосфатів натрію, що широко використовуються для водопом'якшення, одержання синтетичних миючих засобів. У харчовій промисловості вона споживається при виготовленні напоїв для надання їм кислого смаку, при очищенні цукрових сиропів у виробництві цукру-рафінаду. Присутність фосфатної кислоти в харчових продуктах визнається корисною, оскільки сполуки фосфору відіграють важливу роль у харчовальному раціоні людини. Вона є складовою частиною препаратів, які використовуються для захисту металів від корозії та багато іншого.

Зростання масштабів виробництва фосфатної кислоти визначається як збільшенням попиту з боку традиційних споживачів, так і розширенням областей її застосування. Фосфатну кислоту з природних фосфатів отримують двома основними способами: термічним і кислотним. За термічним способом виробництва можливе одержання кислоти будь-якої концентрації (навіть до 100% мас. H_3PO_4), а також високого ступеня чистоти при переробці будь-яких фосфатів, у тому числі й низькоякісних, без їх попереднього збагачення. Кислотний спосіб заснований на розкладанні сильними кислотами (в основному сульфатною) природних фосфатів і подальшого відділення рідкої фази від сульфатного осаду. Отримана таким чином кислота називається екстракційною. Кількість домішок у такій кислоті може досягати 15% мас. [1, 2].

					<i>ДР.04.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вступ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Данильченко</i>						8	107
<i>Керівник</i>	<i>Золотарьова</i>							
<i>Консультант</i>								
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>					<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		

Історично склалося так, що екстракційна фосфатна кислота застосовується в основному в виробництві добрив, кормових і технічних фосфатів. Фосфатну кислоту харчової та реактивної кваліфікації (з подальшим використанням їх для виробництва харчових і реактивних фосфатів) одержували шляхом очищення термічної фосфатної кислоти.

95% витрат у виробництві термічної фосфатної кислоти приходяться на сировину – елементарний фосфор, і, оскільки він є енергоємним продуктом, то витрати на його одержання залежать від рівня цін на електроенергію. В даний час економічно більш доцільним є одержання фосфатної кислоти харчової кваліфікації шляхом очищення екстракційної фосфатної кислоти.

Збільшення потреби в чистій фосфатній кислоті, зростаюча ціна на неї, необхідність переробки низькоякісної фосфатної сировини обумовлюють інтенсивний розвиток досліджень та дослідно-промислових розробок, пов'язаних з глибоким очищенням екстракційної фосфатної кислоти [3].

Оскільки домінуючою домішкою в екстракційній фосфатній кислоті є сульфат-іони, то в більшості випадків першим і визначальним ступенем в процесі очищення екстракційної фосфатної кислоти є їх видалення.

Одним з основних сучасних способів знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти є її обробка природною фосфатною сировиною з утворенням важкорозчинного сульфату кальцію. Досягти більш глибокого знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти можна за допомогою сполук стронцію.

									Арк
									9
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Огляд науково-технічної та патентної літератури

Основним способом виробництва екстракційної фосфатної кислоти є різні варіанти екстракції сульфатною кислотою з природних фосфатів. Оскільки фосфати є природним продуктом, вони містять багато домішкових мінералів, що включають щонайменше 20 хімічних елементів. Мінерали, що містять забруднення, зазвичай досить тісно пов'язані зі структурою апатиту, тому їх не можна видалити на стадії звичайного збагачення у процесі виробництва товарного фосфату. При розкладанні фосфатної сировини домішки частково або повністю переходять у фосфатну кислоту, або виділяються в твердій фазі. Таким чином, екстракційна фосфатна кислота містить до 15% мас. домішок різного характеру [2].

В залежності від призначення фосфатної кислоти та виду вихідної сировини ступінь очистки та хімічний склад фосфатів різноманітні. Так, для виробництва поліфосфатної кислоти та рідких комплексних добрив необхідно видалити іони магнію та фтору, у випадку кормових засобів – іони фтору. Кислота, що витрачається на споживання в харчовій, медичній та електронній промисловості, повинна бути достатньо глибокою очищеною від усіх наявних домішок.

Сучасні способи очистки фосфатної кислоти за природою ефекту, що лежать в їх основі, можна об'єднати в дві групи: фізичні та фізико-хімічні.

Фізичні – спрямовані на відділення тонкодиспергованих колоїдно-розчинених твердих домішок, наприклад, методом осадження або осадження після попередньої коагуляції різними типами флокулянтів, виділенням чистої кислоти шляхом розчинення її гідратів з водного розчину та відділення розчинних домішок за допомогою іонообмінних смол.

					<i>ДР.04.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Данильченко</i>			<i>Аналітичний огляд</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Золотарьова</i>					10	107
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н. Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						

Фізико-хімічні методи полягають в осадженні домішок катіонного та аніонного характеру за допомогою речовин, які утворюють з ними малорозчинні або практично нерозчинні сполуки. До цієї категорії відноситься екстракція з розчинниками, що не змішуються або частково змішуються з водою.

При зберіганні та транспортуванні екстракційної фосфатної кислоти слід враховувати, що при зниженні температури зменшується розчинність домішок, що в ній містяться. Це призводить до значного збільшення кількості осаду, що виділяється з кислоти. Кількість і склад осадів залежать від умов отримання фосфатної кислоти. Осади складаються зазвичай з напівгідратів і суміші ізоморфних кислих однозаміщених ортофосфатів заліза, алюмінію та калію ймовірного складу: $(\text{Fe,Al})_3\text{KH}_{14}(\text{PO}_4)_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Наявність осаду призводить до зниження вмісту P_2O_5 в основному продукті – H_3PO_4 . Це ускладнює подальшу переробку кислоти [3].

З часів перших робіт з фільтрації в виробництві екстракційної фосфатної кислоти великі зусилля були спрямовані на розробку методів отримання більш чистої кислоти. На деяких заводах-виробниках кислота перед відправкою споживачеві відстоюється в баках-відстійниках. Однак, з огляду на малу швидкість осадження твердих домішок, об'єм сховищ для відстоювання досить великий. Обладнання, що використовується для простого відстоювання, складається з бака з опущеною до дна лінією подачі кислоти, механізму для пересування осаду до вивантаження та перетоку для зливу освітленої кислоти. Таке обладнання придатне лише при осадженні великих твердих частинок, наприклад, сульфатів кальцію.

Флокулюючі агенти застосовуються для інтенсифікації процесу освітлення. Серед них: органічні полімери типу поліакриламід (ПАА), полісахариди, полістироли та їх солі. Встановлено позитивний вплив на процес осадження твердої фази суспензій, що утворюються при одночасному знефторюванні та знесульфачуванні екстракційної фосфатної кислоти

									Арк
									11
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.04.01.ПЗ

флокулянта СП-ОЕП-МЕА (сіль з моноетаноламіном продукту сульфування відходів електронної промисловості) [4-6]. Показано, що додавання СП-ОЕП-МЕА і ПАА + СП-ОЕП-МЕА в кількостях 0,8-1,2 мг/л відповідно дозволяє збільшити швидкість осадження в 2,8-8,6 разів і зменшити питому поверхню відстоювання в 2,5-6,8 раз. Тверді домішки, що присутні в кислоті, видаляються фільтрацією через шар діатоміту, перліту або пропіленової тканини при оптимальній температурі фільтрації 57-77°C або додаванням подрібненого вуглецю та флокулянта, які сприяють осадженню [7].

Запропоновано спосіб видалення зважених домішок у фосфорній кислоті шляхом додавання високомолекулярного полімеру карбонової кислоти, сульфокислот або їх солей з наступним відділенням твердих домішкових частинок.

В процесі концентрування екстракційної фосфатної кислоти розчинність деяких сполук різко падає з ростом концентрації кислоти, і вони випадають у вигляді осаду. В основному цей осад складається з кристалогідратів сульфату кальцію та фторсилікатів лужних металів, які осідають на стінках випарного обладнання, що призводить до утворення інкрустацій. Ефективне зменшення інкрустації гріючих трубок досягнуто при випарюванні кислоти в процесах, в яких циркулююча упарена фосфатна кислота змішується з вихідною розбавленою. В результаті цього домішки, що містяться в вихідній кислоті, виділяються в основному не в випарному апараті, а при змішуванні її з концентрованою кислотою. Їх відокремлюють у відстійнику, а освітлену кислоту направляють в випарної апарат [3].

Під час видалення деяких домішок з екстракційної фосфатної кислоти дуже ефективними способами є сорбційні методи. У ряді робіт розглядається можливість вилучення домішок металів (іонів кальцію, магнію, заліза, алюмінію) і аніонних домішок (іонів фториду та сульфату), що заважають концентруванню, зберіганню та використанню кислоти для одержання кормових і харчових фосфатів за допомогою сорбентів і іонообмінних смол.

									Арк
									12
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.04.01.ПЗ

Так, в якості сорбенту при очищенні екстракційної фосфатної кислоти від домішок кальцію, заліза, магнію та алюмінію можуть бути використані силікагель, діоксид кремнію та активоване вугілля.

Домішки кальцію та деяких двовалентних металів, що не утворюють міцних фосфатних комплексів в 10-30%-вих розчинах фосфатної кислоти, досить ефективно сорбуються з сульфокатіонами типу КУ-2.

Для сорбції іонів тривалентних металів рекомендовано використання фосфорольованої целюлози або фосфорнокислих катіонітів з макропористою структурою КФ-11 і СФ-5. Катіоніти типу КФ-11 і СФ-5 після спеціальної обробки розчинами комплексоутворюючих реагентів (оксалат амонію) знову придатні для використання в процесі глибокої очистки фосфатної кислоти.

Недоліком вищезгаданих способів є неможливість видалення з кислоти аніонних домішок (F^- , SO_4^{2-} і т. д.). Є роботи, в яких пропонується проведення очистки кислоти на аніонітах [8-14].

Сульфат-іони є домінуючою домішкою в екстракційній фосфатній кислоті, їх вміст становить 1,2-2,5 % мас.

Рідинна екстракція екстракційної фосфатної кислоти органічними розчинниками є одним з найбільш поширених способів її очистки. Перевагою даного методу є можливість отримання очищеної фосфатної кислоти високої якості, здійснення безперервного, повністю автоматизованого процесу та високої селективності очистки.

Екстракційні способи очистки засновані на різній розчинності компонентів екстракційної фосфатної кислоти в органічних розчинниках і проводяться по двох напрямках. В одному випадку з забрудненої екстракційної фосфатної кислоти виділяють домішки, а в другому – в органічну фазу екстрагують фосфатну кислоту.

З метою зниження вмісту сульфату-іонів у очищеній кислоті запропоновані способи очистки, що полягають в пригніченні екстракції

						Арк
					ДР.04.01.ПЗ	13
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

сульфатної кислоти шляхом додавання в вихідний або промивний розчин солей одновалентних катіонів або сполук магнію.

Для знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти можуть використовуватися високомолекулярні аміни. Первинні аміни непридатні для очистки фосфатної кислоти через схильність до осадження в вигляді їх солей. Вторинні та третинні аліфатичні аміни, що містять менше 7 атомів вуглецю в двох групах заміників, розчинні у воді. Вторинні та третинні аміни, що містять більше 15 атомів вуглецю в двох групах заміників, не розчиняються в органічній фазі. Ароматичні аміни є плохими екстрагентами .

Для регенерації екстрагента використовують воду або розчин лужних речовин (у разі застосування вільних амінів) та розчинів кислот (у разі застосування солей амінів).

Знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти за допомогою способів осадження базується на утворенні малорозчинних сульфатів лужноземельних металів, які легко відділяються від очищеної кислоти. Найбільшого розповсюдження отримала методика очистки екстракційної фосфатної кислоти від сульфатів кальційвмісними сполуками. Залишковий вміст SO_4^{2-} в очищеній фосфатній кислоті складає 0,2-0,5%мас.

В якості кальцієвмісного реагенту в більшості випадків використовують природні фосфати: апатит, фосфорит, вапняк. Концентрація вихідної кислоти може коливатися від 20%мас. P_2O_5 до 50-52%мас. P_2O_5 .

Пропонований температурний режим при проведенні очистки коливається від 45 до 90-100°C. Встановлено, що підвищення температури позитивно впливає на глибину очистки від сульфатів.

Після очистки кислоти охолоджують до 15-40°C, відстоюють і відокремлюють освітлену кислоту від утвореного осаду.

При збільшенні норми фосфату в порівнянні зі стехіометричним складом степінь очистки також зростає [15-22].

									Арк
									14
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

В табл. 1.1 представлений огляд патентної літератури з досліджуваної теми.

Таблиця 1.1 – Огляд патентної літератури

Країни, за якими проведено пошук	Індекси патентної класифікації	Вид використаних джерел	Найменування і коротка характеристика винаходу
1	2	3	4
СРСР	C01B 25/234	http://patents.su/3-1174374-sposob-ochistki-fosfornojj-kisloty-ot-sulfatov.html	<p>А.с. № 1174374 від 23.08.1985 C01B25/234 Гриневич А. В., Коняхина Л. В., Целищев Г. К., Скорнякова Р. А., Токмакова Т. В., Гольнко А, С. «Способ очистки фосфорной кислоты от сульфатов»</p> <p>Спосіб включає обробку ЕФК неорганічними сполуками, змішування з органічним розчинником – трибутилфосфатом в суміші з гасом із наступним відділенням органічної фази від водної і реекстракцію фосфатної кислоти водою.</p> <p>В якості неорганічної сполуки використовується карбонат або гідроксид магнію в кількості 0,65-1,0 моль на 1 моль сульфат-іону.</p>
Російська Федерація	C01B 25/234	https://ru.espacenet.com/publicationDetails/biblio?D=B=ru.espacenet.com&II=0&ND=3&adjacent=true&locale=ru_RU&FT=D&date=20040220&CC=RU&NR=2002119289A&KC=A#	<p>Патент РФ № 2214361 від 20.10.2003 C01B 25/46 Черненко Ю. Д., Бродский А. А., Гриневич А. В., Корнева З. Н., Мошкова В. Г., Ракчеева Л. В., Токмакова Т. В., Родин В. И. «Способ очистки экстракционной фосфорной кислоты»</p> <p>Спосіб включає ступінчасту екстракцію фосфатної кислоти трибутилфосфатом з подальшим розділенням водної та органічної фаз при отриманні екстракту та повторної екстракції фосфатної кислоти для утворення емульсії під дією повітря в пульсуючому режимі; при цьому в вихідну ЕФК додають сполуки магнію або стронцію в кількості, що забезпечує мольне співвідношення Mg/SO_4^{2-} або Sr/SO_4^{2-}, яке дорівнює (1,1-10) : 1.</p> <p>Екстракція проводиться при об'ємному співвідношенні органічних і водних фаз, що дорівнюють (2,5-8) : 1; інтенсивність пульсації при екстракції підтримується в межах 100-900 мм/хв; промивку екстракту водою або</p>

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ДР.04.01.ПЗ

Арк

15

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
			розчином фосфатної кислоти здійснюють при об'ємному співвідношенні органічних і водних фаз, що дорівнюють (5-25) : 1; процес триває до тих пір, поки масова частка P ₂ O ₅ в промитому екстракті не досягне 7,3-15,5%.
Російська Федерація	C01B 25/234	https://ru.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=RU&NR=2131842C1&KC=C1&FT=D&ND=3&date=19990620&DB=ru.espacenet.com&locale=ru_RU	<p>Патент РФ № 2131842 від 20.06.1999 C01B 25/234 Алексеев А. И., Коваль В. И., Перевалов Ю. Д., Ракчеева Л.В., Цибульник А.В. «Способ очистки экстракционной фосфорной кислоты»</p> <p>Сутність включає упарювання екстракційної фосфатної кислоти, обробку її апатитовим концентратом, додавання коагулянту, освітлення та наступне відділення згущеного осаду від продукту, для упарювання використовують ЕФК, що містить 34-40%мас. P₂O₅.</p> <p>Її упарюють до концентрації P₂O₅ 52-57%мас., підтримуючи масове співвідношення F : P₂O₅ і SO₄²⁻ : P₂O₅ в кислоті після упарювання в межах 0,003-0,008 і 0,02-0,05 відповідно. Потім кислоту оброблюють апатитовим концентратом в такій кількості, щоб масове співвідношення SO₄²⁻ : P₂O₅ в кислоті після обробки знаходилося в межах 0,003-0,010. ЕФК після обробки освітлюють. Швидкість освітлення складає 0,18-0,24 м/годину. Вміст сульфатів в процесі очистки знижується від 1,1-2,4%мас. до 0,15-0,5%мас. в перерахунку на SO₄²⁻.</p>
Болгарія	C01B 25/234	https://ru.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=RU&NR=40385C1&KC=C1&FT=D&ND=3&date=19860921DB=ru.espacenet.com&locale=ru_RU	<p>Патент Болгарії № 40385 від 21.07.1986 C01B 25/234 Грудев Г.С., Бояджиева М. Х. «Способ очистки экстракционной фосфорной кислоты от фтора и сульфата»</p> <p>Сутність винаходу полягає в видалення іонів F⁻ і SO₄²⁻ з ЕФК шляхом її обробки водною суспензією суміші карбонатів кальцію та натрію з додаванням перліту, активованого вугілля та частини вже очищеної кислоти при 25-30°C. Кількість іонів Ca²⁺ повинна бути стехіометричною по відношенню до SO₄²⁻, а Na⁺ складає 200-300% від стехіометричного по відношенню до SiF₆.</p> <p>В очищеній ЕФК відношення F : P₂O₅ і SO₄²⁻ : P₂O₅ становить 1: (250 - 300) і 1: (105 - 150 відповідно).</p>

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

Вміст сульфат-іонів в екстракційній фосфатній кислоті може бути значно знижено повільною обробкою її сполуками барію, в більшості випадків це карбонат барію. Вихідною сировиною може служити фосфатна кислота, що містить 15-20%мас. [23], 37-38%мас. [24] і від 0,4 [25] до 2,7 %мас. SO_4^{2-} .

Знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти може проводитися з надлишком карбонату барію до 1,1 від стехіометричного [25] і температурі від 50°C [24] до 70°C [23].

Використання карбонату барію дає можливість знизити вміст сульфат-іонів до 0,028 [24] або 0,66% [25] залежно від умов проведення процесу та якості вихідної кислоти. Можливість досягнення такого низького вмісту іонів SO_4^{2-} пояснюється низькою розчинністю осаду сульфату барію, яка складає $2 \cdot 10^{-10}$ % мас.

Реакція, що лежить в основі очистки, повністю закінчується за 60 хв.

Однак, наряду з можливістю глибокої очистки від сульфат-іонів, даний метод має ряд недоліків:

- седиментація осаду в отриманій суспензії відбувається дуже повільно [24], що робить нерентабельним використання процесу декантації очищеної фосфатної кислоти в реальному виробництві. Вихід освітленої частини 75% досягається через 10-12 годин;
- використання солей барію вимагає дотримання особливої обережності, оскільки розчинні нессульфатні солі барію характеризуються високою токсичністю та представляють небезпеку для здоров'я людини.

Все це призводить до необхідності розробки такого способу знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти, котрий об'єднав б переваги та виключив недоліки описаних вище способів.

Кальцій і барій відносяться до основної підгрупи другої групи періодичної системи і носять назву лужноземельних елементів. Стронцій стоїть з ними в одному ряді та має близькі з ними хімічні властивості. Багато солей стронцію мають меншу розчинність у воді, ніж солі кальцію. У той же

									Арк
									17
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

час сполуки стронцію відносяться до малонебезпечних речовин (IV клас небезпеки) на відміну від сполук барію (II клас небезпеки).

В літературі практично відсутня інформація з знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти з використанням сполук стронцію. Єдиними дослідженнями в цій області є роботи [26,27].

Процес видалення сульфат-іонів з вихідної освітленої фосфорної кислоти, що містить від 20 до 60%мас. P_2O_5 і до 8%мас. SO_4^{2-} досліджується в температурному інтервалі 75-95°C. Зниження вмісту сульфат-іонів до 0,01% мас., досягнуто за рахунок низької розчинності осаду $SrSO_4$, що складає 0,011%мас.

Осадження та освітлення завершується за 4 години для розчину 20-30%мас. P_2O_5 і не більше 100 годин для концентрованих розчинів екстракційної фосфорної кислоти.

Застосування сполук стронцію для знесульфачування фосфатної кислоти має ряд переваг:

- більш глибока очистка від сульфат-іонів, ніж при використанні апатиту;
- менша токсичність порівняно зі сполуками барію.

						Арк
						18
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.04.01.ПЗ	

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ

Літературний огляд показав, що способи очистки екстракційної фосфатної кислоти різноманітні. В різних галузях промисловості висуваються різні вимоги до якості використовуваної кислоти. Однак досягнення глибокої очистки від суми домішок можливо лише шляхом використання комбінування різних способів. У більшості випадків обов'язковою стадією очистки екстракційної фосфатної кислоти є її знесульфачування, тобто очистка від сульфат-іонів. Необхідність проведення попередньої стадії видалення сульфатів у процесі глибокої очистки екстракційної фосфатної кислоти обумовлена тим, що більшість способів очистки не дозволяють досягти значного зниження вмісту сульфат-іонів. Крім того, присутні в фосфатній кислоті сульфат-іони можуть знизити ступінь очистки від деяких домішок. Так, наприклад, у присутності сульфат-іонів падає селективність аніонітів і виділення фтору з екстракційної фосфатної кислоти методом іонного обміну відбувається не в повній мірі [15].

Найбільшого поширення набуло знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти шляхом застосування кальцієвих або барієвих солей. Використання кальцієвмісних реагентів не дозволяє отримати значного зниження вмісту іонів SO_4^{2-} в кислоті. Застосування солей барію дає можливість високої очистки кислоти, проте пов'язано з небезпекою утворення токсичних сполук і складністю відділення дрібнодисперсного осаду сульфату барію.

На сьогоднішній день практично відсутні відомості про використання при знесульфачуванні екстракційної фосфатної кислоти солей стронцію, котрий є близьким хімічним аналогом кальцію та барію. Низька розчинність сульфату стронцію та менша токсичність у порівнянні зі сполуками барію

					<i>ДР.04.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Данильченко</i>			<i>Обґрунтування вибраного напрямку роботи</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник.</i>		<i>Золотарьова</i>					19	107
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля</i>		
<i>Н.Контроль</i>						<i>каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Зав. каф.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						

припускають можливість використання солей стронцію для знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти.

У зв'язки з цим основним задачами роботи є:

- дослідження процесу знесульфачування фосфатної кислоти карбонатом стронцію;
- визначення параметрів процесу освітлювання фосфатної кислоти, очищеної карбонатом стронцію.

					ДР.04.01.ПЗ	Лист
						20
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Фізико-хімічні властивості речовин, що використовуються в роботі

Фосфатною кислотою зазвичай називають ортофосфатну кислоту H_3PO_4 . Молекулярна маса – 98,0 г/моль. В чистому безводному вигляді вона представляє собою безбарвні гігроскопічні кристали, що плавляться при $42,35^{\circ}C$. В переохолодженому стані при $15^{\circ}C$ представляє собою густу маслянисту рідину густиною 1880 кг/м^3 . Вона утворює водні розчини будь-яких концентрацій.

Фізичні властивості розчинів фосфатної кислоти залежать від їх концентрації: з підвищенням концентрації густина, в'язкість і температура кипіння розчинів фосфатної кислоти збільшуються.

З концентрованих розчинів фосфатна кислота кристалізується в вигляді напівгідрату $H_3PO_4 \cdot 0,5H_2O$ з температурою плавлення $28,36^{\circ}C$.

При нагріванні з розчинів фосфатної кислоти спочатку випаровується вода – розчинник, а потім разом з випаровуванням починається процес дегідратації молекул фосфатної кислоти. В результаті термічної дегідратації утворюється висококонцентрована поліфосфатна кислота [2].

В якості вихідного експериментального об'єкту в лабораторних дослідженнях було використано промислову упарену фосфатну кислоту, що містить, % мас.: $52,0-56,6 P_2O_5$, $0,8-2,5 SO_4^{2-}$, $0,24-0,6 F^-$.

Карбонат стронцію, вуглекислий стронцій ($SrCO_3$) представляє собою безбарвні кристали, малорозчинні в воді. Існує три модифікації $SrCO_3$: до $925^{\circ}C$ існує α -модифікація з ромбічною кристалічною решіткою типу арагоніт; вище $925^{\circ}C$ – стійка гексагональна β -модифікація з кристалічною решіткою типу кальциту; більше $1416^{\circ}C$ і тиску 2 МПа виникає γ -модифікація кубічної сингонії.

					<i>ДР.04.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Данильченко</i>				<i>Теоретична частина</i>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Золотарьова</i>						21	107
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>							

Молекулярна маса – 147,6 г/моль.

Термічні властивості карбонату стронцію: температура плавлення – 1494°C; температура розкладання – 1350°C; молярна теплоємність – 82,42 Дж/моль · К; ентальпія утворення – - 1227 кДж/моль.

В природі зустрічається в вигляді мінералу стронціаніту, що має разом з целестином промислове значення [28].

В якості осаджувального реагенту для знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти використовувався карбонат стронцію марки «чда», що містить 98%мас. SrCO₃.

Поліакриламід – порошок білого кольору з розміром часток не більше 2 мм, без запаху; розчинний у воді, формаміді, крижаній оцтовій та молочній кислотах, гліцерині; набухає в пропіонової кислоті, пропіленгліколі; не розчиняється в спиртах, кетонах. Хімічна формула – (C₃H₅NO)_n, молярна маса досягає $\approx 1 \cdot 10^6$ г/моль. Щільність – 1150-1200 кг/м³. Наявність в полімері карбоксильних груп може дуже вплинути на в'язкість поліакриаміду [29].

Для освітлювання екстракційної фосфатної кислоти, очищеної від сульфат-іонів карбонатом стронцію, використовується поліакриламід АК 631.

3.2 Теоретичні основи очистки екстракційної фосфатної кислоти

Кристалізація – це утворення нової твердої фази, яка виділяється з розчину, розплаву або пари. Кристалізація з розчинів служить засобом виділення з них цільових продуктів або забруднюючих домішок, тобто є методом розподілення та очищення речовин.

Утворення твердої фази може відбуватися тільки з пересичених розчинів. Насичені розчини можуть знаходитися в динамічній рівновазі з твердою фазою, але загальна маса останньої залишається при цьому незмінною.

									Арк
									22
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.04.01.ПЗ				

Способи кристалізації розрізняються насамперед прийомами, за допомогою яких досягається пересичення розчинів. Речовини, розчинність яких при підвищених температурах помітно перевищує їх розчинність при більш низьких температурах, кристалізують шляхом охолодження їх насичених розчинів – це політермічна кристалізація, яка відбувається при незмінному вмісту води в системі. При цьому пересичення залежить від переохолодження розчину, тобто від різниці температур насиченого та пересиченого розчинів. Якщо розчинність зменшується при підвищенні температури, кристалізація буде проходити при нагріванні системи. Другим способом пересичення розчину є видалення з системи розчинника. Речовини, які мало змінюють свою розчинність при зміні температури, кристалізують шляхом випаровування води при постійній температурі – це ізотермічна кристалізація. Випаровування води може відбуватися інтенсивним способом при кипінні розчину або при повільному поверхневому випарюванні.

Досить розповсюдженим у хімічній промисловості видом кристалізації є осадження речовин з розчинів за допомогою реагентів. Якщо при цьому утворюється практично нерозчинний продукт реакції, він відразу осаджується зі швидкопересиченого розчину. Якщо продукт реакції розчинний, його кристалізація починається після досягнення необхідного пересичення і триває в міру подачі реагенту.

При кристалізації відбувається перехід речовини з пересиченого розчину в тверду фазу, яка має меншу енергію. Надлишок енергії перетворюється в теплоту, яка зменшує переохолодження (пересичення), що сповільнює кристалізацію.

Утворення одиничного кристала складається з двох послідовних стадій:

- виникнення в пересиченому розчині центру кристалізації – зародка майбутнього кристала;
- росту кристала на базі цього зародка.

									Арк
									23
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.04.01.ПЗ

При не дуже великому пересиченні розчини можуть знаходитися в метастабільному стані, тобто бути досить стійкими. Кристалізація з них починається лише після деякого індукційного (латентного) періоду, тривалість якого іноді дуже велика – вона може вимірятися десятками й сотнями годин. Існують пересичені розчини, в яких мимовільна кристалізація взагалі не починається. В інших випадках індукційний період дуже малий, кристалізація відбувається відразу ж при виникненні пересичення.

Індукційний період скорочується з ростом пересичення і при деякому його ступені метастабільний розчин перетворюється в лабільний, нестійкий, з якого відбувається мимовільна кристалізація. Концентраційна границя між метастабільним і лабільним станом розчину (граничне пересичення) змінюється з температурою та залежить від складу розчину, тобто від наявності в ньому домішок, але розміщення її на діаграмі розчинності, на відміну від розміщення кривої розчинності, не завжди є цілком визначеним, її положення може залежати від часу та інших умов існування системи.

Якщо сіль може існувати в вигляді декількох кристалогідратів (або поліморфних модифікацій), то в пересиченому розчині спочатку завжди утворюються зародки менш стабільної форми, яка має більшу розчинність, а потім відбувається перекристалізація з утворенням стабільної фази.

Вважають, що розчинені частки утворюють у пересиченому розчині скупчення, орієнтовані як у кристалічній решітці, але, на відміну від останньої, вони нестійкі. В результаті флуктуацій, викликаних тепловим рухом іонів і молекул, виникають і знову розпадаються до зародкові асоціати – субмікроскопічні утворення з часток розчиненої речовини. Існування в пересиченому розчині субмікрокристалів, близьких за розмірами до колоїдних часток, наближає цей розчин до колоїдних систем. Субмікрокристали перебувають у кінетичній рівновазі з рідкою фазою, і середньостатичне їх число, а також розміри збільшуються зі зростанням

						Арк
					ДР.04.01.ПЗ	24
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

пересичення. Зі збільшенням числа субмікрокристалів зростає ймовірність зіткнень, які приводять до їх зрощування, тобто до збільшення їх розмірів.

Субмікрокристали, які з'являються в розчині мають надзвичайно велику питому поверхню, яка має надлишкову енергію Гіббса. Вони не можуть бути стійкими в насичених або в незначно пересичених розчинах, енергія Гіббса яких невелика. Але при зростанні ступеня пересичення субмікрокристали, які мають найбільші розміри, стають стійкими і можуть виконувати роль зародків майбутніх кристалів. З ростом пересичення стійкими стають все більше дрібні субмікрокристали.

Субмікрокристал, для якого робота утворення максимальна, називають критичним зародком. Асоціати з розмірами, більшими за критичний, стійкі і становляться зародками, які виростають в кристал. Метастабільна фаза може існувати невизначено довгий час, але при появі в ній зародку стабільної фази вона перетворюється в цю стабільну фазу.

Чим менше робота утворення зародка, тим ймовірніше його виникнення. З цим пов'язано переважна поява стійких зародків на сторонніх частках, що знаходяться в розчині, частках пилу, особливо які мають електричний заряд, на поверхнях твердих тіл (стінки апаратів).

Розмір субмікрокристалу – зародка, який перебуває в рівновазі з пересиченим розчином можна розрахувати за наступним рівнянням

$$r = 2 \sigma M / [\rho RT \ln(x' / x_0)], \quad (1)$$

де σ – поверхневий натяг;

M – молярна маса твердої фази;

ρ – густина речовини.

Швидкість виникнення стійких зародків зі статистичного аналізу флуктуації визначається функцією

$$J = K \exp [-A / RT], \quad (2)$$

						Арк
						25
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.04.01.ПЗ	

де K – коефіцієнт пропорційності;

A – робота утворення зародка, яка складається з роботи, що витрачається на утворення поверхні розподілу фаз σF і роботи утворення маси зародка $\Delta P \cdot V$;

F і V – площа поверхні та об'єм зародка;

$\Delta P = 2\sigma / r$ – тиск усередині зародка, викликаний силою поверхневого натягу.

Імовірність утворення зародків зростає з підвищенням температури внаслідок її впливу на властивості рідкої фази та зменшення критичного розміру зародків. Утворенню зародків сприяють також механічні й інші збурювання всередині розчину, викликані перемішуванням, струшуванням або накладенням ультразвукових, електричного, магнітного полів. Термодинамічно стійкі зародки збільшують свою масу за рахунок розчиненої речовини і виростають в кристали.

Для обґрунтованого вибору оптимальних умов здійснення хіміко-технологічного процесу потрібно володіти інформацією про швидкість реакції залежно від ряду чинників, тобто знати кінетику процесу.

Згідно з законом діючих мас – за постійної температури швидкість хімічних реакцій прямо пропорційна концентрації реагуючих речовин і описується рівнянням

$$v = k\Delta C, \quad (3)$$

де k – константа швидкості;

ΔC – рушійна сила процесу.

Для збільшення швидкості хімічної реакції необхідно збільшити визначальні параметри, тобто k і ΔC . Як правило, існує завжди декілька шляхів їх збільшення, тому прагнуть вибрати найбільш раціональний шлях, що вимагає для конкретного процесу найменших виробничих витрат.

									Арк
									26
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

Збільшення константи швидкості процесу можна досягнути наступним шляхами: 1) підвищення температури взаємодіючої системи; 2) збільшення перемішування реагуючих мас (турбулізація системи) в процесах, що лімітуються міжфазним перенесенням; 3) застосування каталізатору для процесів, що протікають в кінетичні області.

Підвищення температури сильно підвищує константу швидкості реакції. Оскільки константа швидкості процесу є величиною підсумковою та визначається значеннями констант прямої, зворотної й побічних реакцій, то при підвищенні температури до деякої межі k збільшується. Гранична температура підвищення k визначається величиною, при якій швидкість зворотної або побічних реакцій починає набувати суттєвого значення.

Для більшості процесів, що протікають в кінетичній області, залежність константи швидкості від температури визначається рівнянням Арреніуса

$$k = A e^{\frac{-E_a}{RT}}, \quad (4)$$

де A – передекспоненційний множник;

E_a – енергія активації;

R – молярна газова стала;

T – температура.

Однак на практиці не завжди можна безмежно збільшувати температуру процесу для його інтенсифікації.

Перемішування збільшує константу швидкості процесу за рахунок заміни молекулярної дифузії конвективною. При цьому знижуються дифузійні гальмування, що заважають взаємодії компонентів. Таким чином, перемішування доцільно застосовувати для процесів, які протікають в дифузійній області, причому інтенсифікацію перемішування здійснюють до того моменту, коли константа швидкості не припинить залежати від

						Арк
						27
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.04.01.ПЗ	

коефіцієнту дифузії, тобто до переходу процесу з дифузійної області в кінетичну.

Каталізатори збільшують швидкість хімічних реакцій заміною одностадійного процесу, що вимагає більшої енергії активації, багатостадійним, з меншою енергією активації. Оскільки каталізатори не збільшують швидкість дифузійних етапів, то вони застосовуються для процесів, що протікають лише в кінетичній області.

Флокуляція – процес агрегації зважених часток дисперсної фази внаслідок зчеплення при зіткненнях, що відбуваються внаслідок броунівського руху в рідкому дисперсійному середовищі, при додаванні високомолекулярних сполук – флокулянтів.

Механізм дії флокулянтів заснований на адсорбції макромолекул флокулянта скоагульованими або зваженими частинками. Ступінь полімеризації високомолекулярних флокулянтів коливається від 1000 до 5000 ланок, тому кількість активних центрів, здатних до адсорбції, дуже велика. Одна макромолекула флокулянта може адсорбуватися за рахунок окремих фрагментів відразу декількома твердими частинками.

Флокуляція складається в закріпленні кінців макромолекул на поверхні частинок і в адсорбції сегментів, які проникли в глибину.

Закономірності процесу флокуляції:

- оптимальні умови флокуляції досягаються при дозах флокулянтів, що забезпечують покриття доступних ділянок поверхні твердих частинок;
- пересичення поверхні частинок молекулами полімеру призводить до погіршення флокуляції, через адсорбцію вільних кінців макромолекул на тій же поверхні з утворенням петель і зменшенням числа мостових зв'язків між сусідніми частинками;
- інтенсивне перемішування здатне зруйнувати полімерні зв'язки, при цьому відбувається роз'єднання сфлокульованих частинок;

									Арк
									28
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

- між оптимальною дозою полімеру й площею, доступною для адсорбції поверхні частинок дисперсної фази, існує лінійна залежність.

Процес флокуляції включає наступні стадії:

- адсорбцію полімеру на колоїдній частці з фіксуванням одного кінця флокулянта;
- утворення мостоподібної структури між двома частинками з адсорбованими молекулами причому, полімер стає містком між двома частинками; така взаємодія частинок протікає дуже швидко і по всьому об'єму системи, а утворення полімерних містків між макромолекулами, сорбованих твердими частинками, є умовою успішного проходження процесу флокуляції;
- безпосередньо флокуляція.

Якщо адсорбція макромолекули на поверхні частинки не супроводжується взаємодією між утворюваними агрегатами, то відбувається стабілізація системи. Макромолекули флокулянта пов'язують велику кількість скоагульованих частинок і взаємодіють одна з іншою, утворюючи великі швидкозростаючі пластівці.

Причиною флокулюючої дії високомолекулярних флокулянтів є адсорбційне закріплення кінців макромолекул на твердих поверхнях. При цьому катіонні флокулянти адсорбуються переважно за катіонообмінним механізмом на міжшаровій і зовнішній поверхнях, а аніонні – за аніонообмінним механізмом на позитивно заряджених ділянках. При дисоціації у воді катіонні полімери утворюють органічний полікатион і простий аніон, а аніони поліелектролітів – органічний поліаніон і простий катіон.

Швидкість і величина адсорбції полімерів залежать від властивостей їх макромолекул. Витягнуті макромолекули адсорбуються краще, і в цьому одне з головних переваг синтетичних флокулянтів над природними.

										Арк
										29
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						

Швидкість і ефективність флокуляції залежать від вмісту зважених часток і властивостей їх поверхні, наявності розчинних домішок, перемішування й дози реагентів, послідовності введення флокулянтів, а також інших факторів. Витрата флокулянта визначається питомою поверхнею частинок і зі збільшенням останньої зростає.

Інтенсивність і тривалість перемішування дуже впливають на розміри та щільність утворених пластівців. Перемішування сприяє більш рівномірному розподілу макромолекул полімеру, а також прикріплення великого числа сегментів полімеру до максимального числа частинок, скорочення довжини полімерних мостиків і руйнування агрегатів з укороченими містками. Тому швидкість перемішування повинна бути такою, щоб утворювалися великі та міцні пластівці, виключаючи їх руйнування.

Важливе значення має доза флокулянтів. При малих або великих кількостях полімеру може спостерігатися стабілізація дисперсної системи. При надмірній кількості флокулянта утворюється сітка асоційованих молекул полімеру, які перешкоджають зближенню та агрегації частинок [30].

						Арк
					ДР.04.01.ПЗ	30
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Мета експерименту

З метою дослідження процесу знесульфачування фосфатної кислоти карбонатом стронцію буде визначено тривалість реакції, кількість карбонату стронцію, що використовується для осадження сульфат-іону та вплив температурного режиму на процес очистки. Процес освітлювання фосфатної кислоти, очищеної карбонатом стронцію, буде досліджуватися без і з використанням флокулянту (поліакриламід), будуть встановлені сприятливі для його протікання значення температури та концентрації сульфат-іону в вихідній фосфатній екстракційній кислоті.

4.2 Методика експерименту та опис експериментальної установки

Експериментальна установка представлена на рис. 4.1.

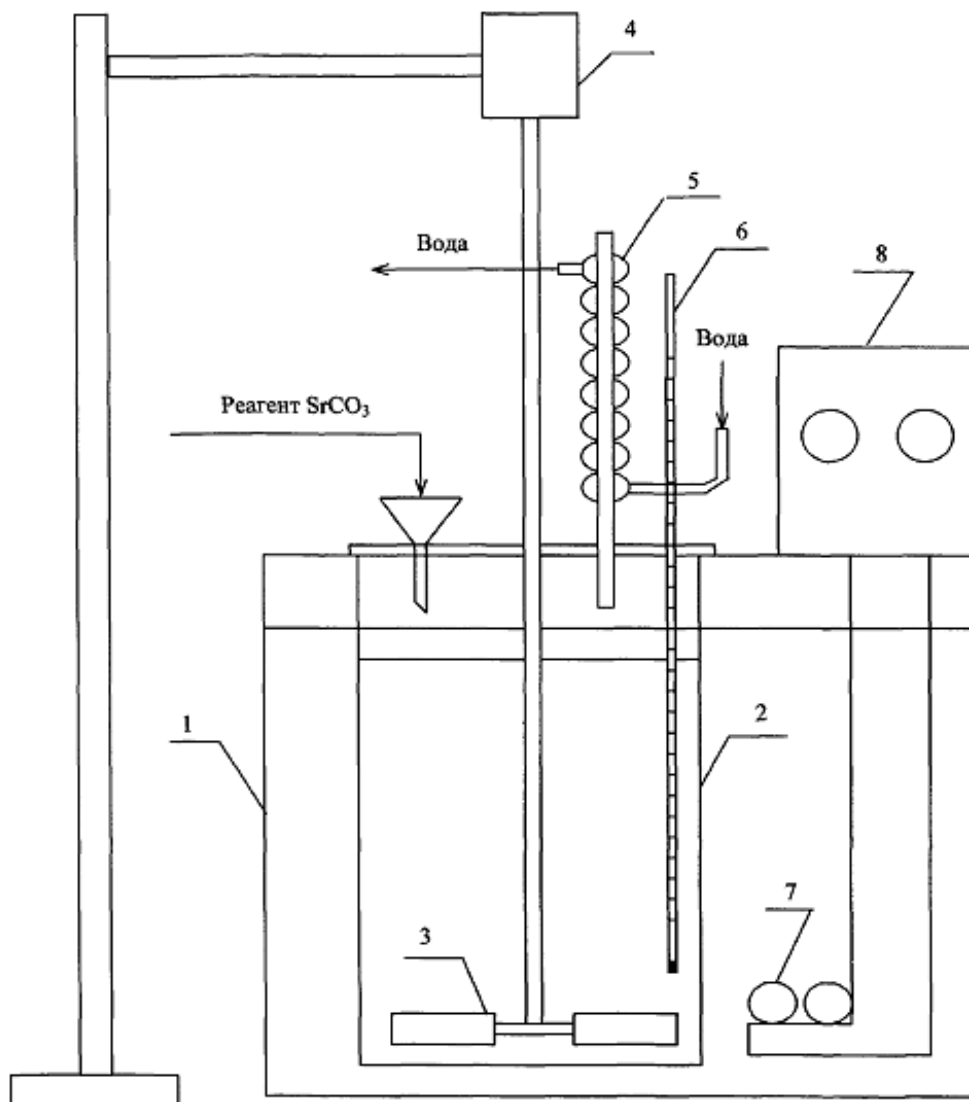
Експериментальна установка включає термостатований фторопластовий реактор (поз. 2) об'ємом 1 л, що постачається мішалкою (поз. 3), яка забезпечує при швидкості обертання 200 об./хв значення критерію $Re \sim 45000$, тобто турбулентний режим, сприятливий як для реакції, так і для процесів утворення та росту кристалів.

4.2.1 Методика проведення процесу знесульфачування фосфатної кислоти карбонатом стронцію

У вихідну екстракційну фосфатну кислоту, нагріту до заданої температури, завантажувався карбонат стронцію невеликими порціями, щоб не допустити інтенсивного піноутворення. Після подачі карбонату стронцію реакційну суміш витримується при постійній температурі та безперервному

					<i>ДР.04.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Данильченко</i>			<i>Експериментальна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Золотарьова</i>					31	107
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						

перемішуванні протягом 0,5-2 годин. З метою визначення оптимальних технологічних параметрів знесульфачування фосфатної кислоти карбонатом стронцію було проведено кілька серій досліджень в різних умовах.



1 – термостат; 2 – реактор; 3 – мішалка; 4 – привід мішалки; 5 – зворотний холодильник; 6 – термостат; 7 – нагрівальний елемент; 8 – блок управління

Рисунок 4.1 – Схема експериментальної установки знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію.

Досліджувався вплив на процес очищення:

- часу перемішування;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- температури реакції;
- надлишку карбонату стронцію.

Після закінчення кожного дослідження отримана суспензія розділялася шляхом фугування на центрифугі з числом обертів 3000 об./хв. протягом 30 хв. Освітлену частину аналізувалася на вміст P_2O_5 , F^- і SO_4^{2-} .

4.2.2 Методика проведення освітлювання фосфатної кислоти, очищеної карбонатом стронцію

Після закінчення кожного дослідження зі знесульфачування екстракційної фосфорної кислоти карбонатом стронцію утворена пульпа поміщалася в чотири циліндри об'ємом 500 мл для дослідження процесів освітлення. У два з чотирьох циліндрів для збільшення швидкості освітлення додавався 0,1%-вий розчин поліакриламідів з розрахунку 1 мг сухого полімеру на 1 л суспензії. Після того, як досліджувана суспензія була залита в циліндр і перемішана для досягнення рівномірного розподілу твердої фази за об'ємом, на поверхню пульпи подавався флокулянт. Далі перемішування здійснювалося за допомогою спеціальної дискової мішалки протягом 15-25 с. Перший зразок з добавкою поліакриламідів та другий зразок без добавки поліакриламідів освітлювався при температурі очистки (70, 80 і 90°C відповідно), а два інших циліндра з кислотою освітлювали при кімнатній температурі. Через певні проміжки часу в кожному циліндрі розраховувалася об'ємна частка освітленої кислоти α (% об.) за формулою (5):

$$\alpha = \frac{V_{\text{осв}}}{V_{\text{заг}}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

де $V_{\text{осв}}$ і $V_{\text{заг}}$ – об'єм освітленої фосфатної кислоти та загальний об'єм кислоти.

						ДР.04.01.ПЗ	Арк. 33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

4.3 Методика аналізів

4.3.1 Методика визначення сульфат-іонів в екстракційній фосфатній кислоті

Вміст сульфат-іонів у вихідній екстракційній фосфатній кислоті визначався титриметричним способом, в очищеній – фотоколориметричним.

4.3.1.1 Визначення сульфат-іонів титриметричним способом

Метод заснований на титруванні сульфат-іонів розчином хлористого барію. Іони барію зв'язують сульфат-іони, утворюючи слабозчинний осад сірчаноокислого барію. У точці еквівалентності надлишок іонів барію реагує з індикатором – нітхромазо – з утворенням комплексної сполуки, при цьому відбувається зміна фіолетового забарвлення на блакитне.

Для зменшення розчинності осаду сірчаноокислого барію титрування проводять в водно-ацетоновому середовищі.

Засоби вимірювання, допоміжне обладнання, реактиви, матеріали: піпетки градуйовані (ГОСТ 29227); індикатор нітхромазо; калій сірчаноокислий (ГОСТ 4145); ацетон за ГОСТ 2603, ч.д.а.

Приготування стандартного розчину хлориду барію. Розчин хлористого барію концентрацією 50 ммоль/дм³ готують із стандарт-титру (фіксаналу) відповідно до інструкції з його застосування шляхом розбавлення дистильованою водою до необхідної концентрації. З приготованого розчину готують розчин хлористого барію концентрацією 10 ммоль/дм³ наступним шляхом: в мірну колбу місткістю 500 см³ вносять 100 см³ вихідного розчину та доводять до мітки дистильованою водою.

Приготування 0,2%-вого водного розчину індикатору нітхромазо. В мірну колбу місткістю 50 см³ вносять 0,1 г індикатору нітхромазо, розчиняють в невеликій кількості дистильованої води та доводять до мітки дистильованою водою.

						Арк.
					ДР.04.01.ПЗ	34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приготування розчину соляної кислоти молярної концентрації 1 моль/дм³. У склянку місткістю 500 см³ вносять 200 см³ дистильованої води та 85 см³ концентрованої соляної кислоти, перемішують, переносять в мірну колбу місткістю 1000 см³ і доводять об'єм до мітки дистильованою водою.

Визначення коефіцієнта поправки для приведення концентрації розчину хлористого барію до 10 ммоль/дм³. У конічну колбу місткістю 100 см³ вносять 10 см³ розчину сірчаноокислого калію концентрацією 10 ммоль/дм³ та доводять рН розчину до 4, додаючи одну краплю розчину соляної кислоти. Потім додають 10 см³ ацетону, дві краплі 0,2%-вого розчину нітхромазо. Титрують розчином хлористого барію молярною концентрації 10 ммоль/дм³ при постійному перемішуванні до переходу фіолетового забарвлення в блакитне. Титрування проводять повільно й продовжують до тих пір, поки блакитне забарвлення буде зберігатися протягом 2-3 хв. Реєструють об'єм розчину хлористого барію, витраченого на титрування.

Коефіцієнт поправки для приведення концентрації розчину хлористого барію 10 ммоль/дм³ розраховують за формулою

$$\hat{E} = \frac{10}{V}, \quad (6)$$

де 10 – об'єм розчину сірчаноокислого калію, см³;

V – об'єм розчину хлористого барію, який витрачено на титрування, см³.

Значення коефіцієнта поправки розраховують для проведених трьох титрування, і за остаточний результат приймають середньоарифметичне значення, яке повинне знаходитися в межах $1,00 \pm 0,03$.

Титрування. У дві конічні колби місткістю 100 см³ вносять по 20 см³ аліквоти екстракційної фосфатної кислоти, потім в кожен колбу додають 20 см³ ацетону, дві краплі 0,2%-вого розчину індикатора нітхромазо та титрують розчином хлористого барію до зміни фіолетового забарвлення на

						Арк.
					ДР.04.01.ПЗ	35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

блакитне, при цьому титрування слід проводити повільно, при енергійному перемішуванні до тих пір, поки блакитне забарвлення буде зберігатися протягом 2-3 хв.

Обробка результатів. Масову концентрацію сульфат-іонів SO_4^{2-} (в мг/дм^3) в аналізованій пробі визначають за формулою

$$\tilde{O} = \frac{V_1 \cdot K_2 \cdot 96 \cdot C}{V_2}, \quad (7)$$

- де V_1 – об'єм розчину хлористого барію витраченого на титрування, см^3 ;
 K – коефіцієнт поправки для приведення концентрації розчину хлористого барію до 10 ммоль/дм^3 ;
 96 – молярна маса сульфат-іону, мг/ммоль ;
 C – молярна концентрація розчину хлористого барію, ммоль/дм^3 ;
 V_2 – об'єм проби екстракційної фосфатної кислоти, взятої для титрування, см^3 [31].

4.3.1.2 Визначення сульфат-іонів фотоколориметричним способом

Метод заснований на вимірюванні оптичної щільності суспензії сірчаноокислого барію, утвореної при взаємодії сульфатів з іонами барію та стабілізованої додаванням крохмалю.

Засоби вимірювання, допоміжне обладнання, реактиви, матеріали: кислота ортофосфатна за ГОСТ 6552-80, х.ч. (25 г кислоти вносять в мірну колбу на 250 см^3 і доводять до мітки); розчин 1 (25 г ортофосфатної кислоти розчиняють в дистильованій воді в мірній колбі місткістю 250 см^3 , доводять об'єм розчину водою до мітки і перемішують); хлористий барій за ГОСТ 4108-72, х.ч. (розчин з масовою часткою хлористого барію 10%); крохмаль розчинний за ГОСТ 10163-76 (розчин з масовою часткою крохмалю розчинного 1%, свіжоприготований і профільний); розчин А, що містить 1 мг

									Арк.
									36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.04.01.ПЗ

SO_4^{2-} , готують за ГОСТ 4212-76 (1,4790 г натрію сірчаноокислого розчиняють в воді та доводять об'єм розчину дистильованою водою до 1 дм^3); розчин Б, що в 1 см^3 містить 20 мкг SO_4^{2-} , готують з розчину А (20 см^3 розчину А вносять в колбу місткістю 1 дм^3 і доводять об'єм водою до мітки, ретельно перемішуючи); вода дистильована за ГОСТ 6709-72; колориметр фотоелектричний концентраційного типу КФК-2; ваги лабораторні загального призначення за ГОСТ 24104-88 2-го класу точності; бюретки, піпетки за ГОСТ 20292-74; колби мірні, циліндри мірні за ГОСТ 1770-74.

Побудування градуовального графіку. Для побудови градуовального графіка готують серію зразкових розчинів: в мірні колби місткістю 25 см^3 вносять 1,25; 2,5; 3,75; 5; 7,5 см^3 розчину Б, що відповідає 25; 50; 75; 100; 150 мкг SO_4^{2-} .

У кожен розчин додають 8 см^3 розчину фосфатної кислоти, 3 см^3 крохмалю та ретельно перемішують. Потім додають 5 см^3 хлористого барію, доводять об'єм розчину водою до мітки і знову перемішують.

Одночасно готують розчин порівняння, що не містить SO_4^{2-} . Для цього в мірну колбу місткістю 50 см^3 додають в подвійній кількості і в тому ж порядку всі реактиви, як і до зразкових розчинів.

Через 30 хв. вимірюють оптичну щільність зразкових розчинів по відношенню до розчину порівняння. Вимірювання здійснюють в кюветі з товщиною світлопоглинаючого шару 50 мм на фотоелектроколориметрі зі світлофільтром № 5 (490 нм). За отриманими даними оптичної щільності будують градуовальний графік, відкладаючи по осі абсцис маси SO_4^{2-} (в мкг), що містяться в зразкових розчинах, по осі ординат – відповідні їм значення оптичної щільності.

Проведення аналізу. 5 см^3 розчину 1 поміщають в мірну колбу місткістю 25 см^3 , додають 6,5 см^3 розчину ортофосфатної кислоти, 3 см^3 розчину крохмалю, 3 см^3 води і ретельно перемішують. Потім до розчину додають

						Арк.
					ДР.04.01.ПЗ	37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 см³ хлористого барію, доводять об'єм розчину водою до мітки, закривають колбу і знову перемішують. Через 30 хв. розчин фотометрують.

Масову частку сульфатів у відсотках обчислюють за формулою

$$\tilde{O} = \frac{m_1 \cdot 250 \cdot 100}{m \cdot 5 \cdot 10^6}, \quad (8)$$

де m_1 – маса сульфатів, знайдена за градувальним графіком, мкг;

m – маса наважки аналізованої кислоти, г

За результат аналізу приймають середнє арифметичне двох паралельних визначень, допустимі розбіжності між якими при довірчій ймовірності $P = 0,95$ не повинні перевищувати 0,001% [31].

4.3.2 Методика визначення фторидів в екстракційній фосфатній кислоті

Метод дозволяє визначати сумарну концентрацію фторидів (усіх його форм: іона фтору, його комплексних сполук). Для визначення використовують електродну систему, що складається з фторидного іоноселективного електрода та допоміжного хлор-срібного електрода. Вимірювання потенціалу фторидного електрода проводять іономіром.

Засоби вимірювання, допоміжне обладнання, реактиви, матеріали: іономер типу ЕВ-74; термометр; мішалка магнітна; електрод фторидний типу ЕГ-У1 за ТУ-6-08-487; колби за ГОСТ 1770; піпетки за ГОСТ 20292; склянки за ГОСТ 25336; натрій фтористий за ГОСТ 4463; натрій лимоннокислий тризаміщений за ГОСТ 22280; натрій сірчанокислий, триводний за ГОСТ 199; кислота соляна за ГОСТ 3118; натрій хлористий за ГОСТ 4233; кислота оцтова за ГОСТ 61; трилон Б за ГОСТ 10652; спирт етиловий ректифікований за ГОСТ 5962; вода дистильована за ГОСТ 6709.

Приготування основного градувального розчину фтористого натрію концентрацією 0,1 моль/дм³. У мірну колбу місткістю 1000 см³ поміщають

									Арк.
									38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.04.01.ПЗ

4,1990 г фтористого натрію, висушеного попередньо до постійної маси при 105°C, розчиняють в дистильованій воді та доводять об'єм розчину до мітки. Цей розчин має значення $pF = 1$ (масову концентрацію фториду 1,9 г/дм³). Розчин зберігають в поліетиленовому посуді з щільно закритою пробкою.

Приготування робочих градуювальних розчинів фтористого натрію концентрацією 0,01; 0,001; 0,0001 і 0,00001 моль/дм³. Для приготування 0,01 моль/дм³ розчину фтористого натрію 10 см³ основного градуювального розчину розбавляють дистильованою водою до 100 см³ в мірній колбі. Цей розчин має значення $pF = 2$ (масову концентрацію фториду 190 мг /дм³).

0,001 моль/дм³ розчин фтористого натрію готують розбавленням 10 см³ 0,01 моль/дм³ розчину до 100 см³ дистильованою водою в мірній колбі. Даний розчин має значення $pF = 3$ (масову концентрацію фториду 19 мг/дм³).

Для приготування 0,0001 моль/дм³ розчину фтористого натрію 10 см³ 0,001 моль/дм³ розчину розбавляють дистильованою водою до 100 см³ в мірній колбі. Цей розчин має значення $pF = 4$ (масову концентрацію фториду 1,9 мг/дм³).

Для приготування 0,00001 моль/дм³ розчин фтористого натрію готують розбавленням 10 см³ 0,0001 моль/дм³ розчину до 100 см³ дистильованою водою в мірній колбі. Цей розчин має значення $pF = 5$ (масову концентрацію фториду 0,19 мг/дм³).

Всі робочі градуювальні розчини готують в день побудови та перевірки градуювального графіка та зберігають їх в поліетиленовому посуді.

Приготування ацетатно-цитратного буферного розчину ($pH = 5 \pm 0,2$). У мірну колбу місткістю 500 см³ поміщають 52,00 г оцтевокислого натрію, 29,20 г хлористого натрію, 3,00 г лимонкислого натрію, 0,30 г трилону Б і 8 см³ оцтової кислоти. Доливають 200-300 см³ дистильованої води, розчиняють солі та доводять об'єм розчину до мітки дистильованою водою. pH розчину перевіряють потенціометрично і, при

						Арк.
					ДР.04.01.ПЗ	39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідності, доводять до необхідного значення рН розчином їдкого натру або оцтовою кислотою.

Новий фторидний електрод слід попередньо витримати зануреним у розчин фтористого натрію концентрацією $0,001 \text{ моль/дм}^3$ протягом доби, а потім ретельно промити дистильованою водою.

Побудова градуовального графіка. У склянку місткістю 50 см^3 вливають $20,0 \text{ см}^3 0,00001 \text{ моль/дм}^3$ робочого градуовального розчину ($\text{pF} = 5$), поміщають в розчин магніт від магнітної мішалки, доливають 10 см^3 ацетатно-цитратного буферного розчину. Стале значення рівноважного потенціалу вимірюють в мілівольтах при перемішуванні розчину магнітною мішалкою. Після цього електроди ретельно кілька разів відмивають в дистильованій воді. У другій склянку місткістю 50 см^3 наливають $20 \text{ см}^3 0,0001 \text{ моль/дм}^3$ ($\text{PF} = 4$) робочого градуовального розчину, занурюють в розчин магніт, доливають 10 см^3 буферного розчину, включають магнітну мішалку та вимірюють стале значення потенціалу в мілівольтах. Далі аналогічним способом вимірюють потенціали електрода в $0,001 \text{ моль/дм}^3$ робочому градуовальному розчині ($\text{pF} = 3$) і в $0,01 \text{ моль/дм}^3$ розчині ($\text{PF} = 2$). При виконанні вимірювань необхідно стежити за тим, щоб на поверхні мембрани фторидного електрода не налипали бульбашки повітря.

Час встановлення рівноважного потенціалу в діапазоні $\text{pF} = 5$ і вище становить 10 хв , при більш високих концентраціях фториду, тобто при pF менше 5 , час встановлення рівноваги 3 хв .

За результатами вимірювань будують градуовальний графік, відкладаючи по осі абсцис значення pF градуовальних розчинів, а по осі ординат – значення потенціалу в мілівольтах.

Градуовальний графік слід перевіряти кожен раз перед роботою по двом-трьом робочим градуовальним розчинам. При побудові градуовального графіка перевіряють одночасно правильність роботи фторидного електрода (крутизна характеристики електрода). При вимірюванні потенціалів робочих

						Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.04.01.ПЗ	

градувальних розчинів він повинен змінюватися від розчину до розчину на значення (56 ± 3) мВ. Якщо така залежність значення потенціалу від рF не дотримується, то фторидний електрод слід регенерувати вимочуванням в $0,001$ моль/дм³ розчині фтористого натрію протягом доби, а потім ретельно відмити дистильованою водою.

Проведення аналізу. У склянку місткістю 50 см³ поміщають 20 см³ аналізованої проби очищеної екстракційної фосфатної кислоти. Потім поміщають в розчин магніт від магнітної мішалки, доливають 10 см³ ацетатно-цитратного буферного розчину і занурюють в розчин ретельно промиті дистильованою водою фторидний і допоміжний електроди, стежачи за тим, щоб до поверхні мембрани фторидного електрода не прилипали бульбашки повітря. Перемішують розчин магнітною мішалкою і через $3-10$ хв. відраховують стає значення рівноважного потенціалу в мілівольтах. За градувальним графіком знаходять значення рF аналізованої проби. Знаючи значення рF аналізованої проби фосфатної кислоти за таблицею перерахунку (табл. 4.1) знаходять масову концентрацію фторидів в мг/ дм³.

У склянку місткістю 50 см³ поміщають 20 см³ аналізованої фосфатної кислоти, вводять градувальну пробу із заздалегідь відомою концентрацією фторидів (добавку). Значення концентрації добавки в отриманому розчині повинно знаходитися в тому ж діапазоні, що і концентрація фторидів, визначена перед цим. Визначення масової концентрації фторидів в аналізованій пробі фосфатної кислоти з введеною в неї добавкою проводять як в попередньому випадку.

Обробка результатів. За остаточний результат аналізу приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень. Результат вважають задовільним, якщо знайдене значення похибки не перевищує $25-30\%$ з $P = 0,95$ при масовій концентрації фторидів $0,1-0,15$ мг/дм³; 15% при концентрації $0,2-0,5$ мг/дм³ і 7% при концентрації фторидів більше $0,5$ мг/дм³ [32].

									Арк.
									41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.04.01.ПЗ

Таблиця 4.1 – Таблиця перерахунку рF в мг/дм³ фторидів

рF	мг/дм ³	рF	мг/дм ³	рF	мг/дм ³	рF	мг/дм ³	рF	мг/дм ³	рF	мг/дм ³	рF	мг/дм ³
5,28	0,10	4,86	0,26	4,54	0,55	4,22	1,15	3,90	2,39	3,58	4,99	3,26	10,45
5,24	0,11	4,84	0,27	4,52	0,57	4,20	1,20	3,88	2,50	3,56	5,23	3,24	10,93
5,20	0,12	4,82	0,28	4,50	0,60	4,18	1,26	3,86	2,62	3,54	5,47	3,22	11,46
5,16	0,13	4,80	0,29	4,48	0,63	4,16	1,31	3,84	2,76	3,52	5,74	3,20	11,99
5,13	0,14	4,78	0,32	4,46	0,66	4,14	1,38	3,82	2,87	3,50	6,00	3,18	12,56
5,10	0,15	4,76	0,33	4,44	0,69	4,12	1,44	3,80	2,90	3,48	6,29	3,16	13,15
5,07	0,16	4,74	0,35	4,42	0,72	4,10	1,51	3,78	3,15	3,46	6,59	3,14	13,78
5,04	0,17	4,72	0,36	4,40	0,76	4,08	1,58	3,76	3,31	3,44	6,89	3,12	14,42
5,02	0,18	4,70	0,38	4,38	0,79	4,06	1,65	3,74	3,46	3,42	7,22	3,10	15,09
5,00	0,19	4,68	0,40	4,36	0,83	4,04	1,73	3,72	3,63	3,40	7,56	3,08	15,81
4,98	0,20	4,66	0,42	4,34	0,87	4,02	1,81	3,70	3,80	3,38	7,92	3,06	16,55
4,96	0,21	4,64	0,44	4,32	0,92	4,00	1,90	3,68	3,97	3,36	8,30	3,04	17,33
4,94	0,22	4,62	0,46	4,30	0,95	3,98	2,00	3,66	4,16	3,34	8,68	3,02	18,15
4,92	0,23	4,60	0,48	4,28	1,00	3,96	2,09	3,64	4,35	3,32	9,10	3,00	19,00
4,90	0,24	4,58	0,50	4,26	1,05	3,94	2,19	3,62	4,56	3,30	9,52		
4,88	0,25	4,56	0,52	4,24	1,09	3,92	2,28	3,60	4,77	3,28	9,975		

4.3.3 Методика визначення P₂O₅ в екстракційній фосфатній кислоті

Метод заснований на утворенні жовто-забарвленого фосфорно-ванадієво-молібденового комплексу та фотометричному вимірюванні оптичної щільності цього комплексу відносно розчину порівняння, що містить певну кількість фосфору.

Засоби вимірювання, допоміжне обладнання, реактиви, матеріали: фотоелектроколориметр зі світлофільтром № 4; кювети з товщиною світлопоглинаючого шару 10 мм; шафа сушильна електрична; ексікатор за ГОСТ25336; колби мірні за ГОСТ 1770; склянки за ГОСТ 25336; циліндри мірні за ГОСТ 1770; піпетки градуйовані за ГОСТ29227; бюретки за ГОСТ 29251; вода дистильована за ГОСТ 6709; вода дистильована за ГОСТ 6709; калій фосфорнокислий однозаміщений за ГОСТ 4198, х. ч.; кислота азотна за ГОСТ 11125, ос. ч.; кислота соляна за ГОСТ 3118, ч. д. а.; натрію гідроксил за ГОСТ 4328 ч. д. а.; фенолфталеїн; амоній ванадієво-кислий мета за ГОСТ 9336, ч. д. а; амоній молібденовокислий за ГОСТ 3765, ч. д. а.

														Арк.
														42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										

ДР.04.01.ПЗ

Приготування розчину азотної кислоти. Азотну кислоту розбавляють дистильованою водою у співвідношенні 1 : 2 за об'ємом.

Приготування розчину соляної кислоти з масовою часткою 20%. У мірну колбу місткістю 500 см³ вносять приблизно 100-200 см³ дистильованої води та обережно невеликими порціями при перемішуванні приливають 263 см³ соляної кислоти. Перемішують і доводять об'єм в колбі дистильованою водою до мітки.

Приготування розчину гідроксиду натрію з масовою часткою 10%. Розчин гідроксиду натрію з масовою часткою 10% готують за ГОСТ 4517.

Приготування розчину фенолфталеїну з масовою часткою 0,1%. Розчин фенолфталеїну з масовою часткою 0,1% готують за ГОСТ 4919.1.

Приготування розчину мета ванадієво-кислого амонію з масовою часткою 0,25%. (2,50 + 0,01) г мета ванадієво-кислого амонію розчиняють в мірній колбі місткістю 1000 см³ в 500 см³ дистильованої води, нагрітої приблизно до 80°C і доливають 20 см³ концентрованої азотної кислоти. Розчин охолоджують, доводять об'єм в колбі дистильованою водою до мітки, перемішують і фільтрують.

Приготування розчину молібденовокислого амонію з масовою часткою 5%. (50,00 + 0,01) г молібденовокислого амонію розчиняють в мірній колбі місткістю 1000 см³ в 500 см³ дистильованої води, нагрітої до 50°C. Розчин охолоджують, доводять об'єм в колбі дистильованою водою до мітки, перемішують і фільтрують.

Приготування реактиву на фосфати. Змішують в склянці рівні об'єми розчинів азотної кислоти, мета ванадієво-кислого амонію та молібденовокислого амонію в зазначеній послідовності. Якщо розчин каламутний, його фільтрують.

Приготування розчину п'ятиоксиду фосфору (P₂O₅) масовою концентрацією 0,5 мг/см³. 4-5 г однозаміщеного фосфорнокислого калію зважують поміщають в бюкс, сушать в сушильній шафі при 100-105°C

						Арк.
					ДР.04.01.ПЗ	43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

протягом 2 годин і потім охолоджують в ексикаторі протягом 40-60 хв. Потім 0,9588 г висушеного однозаміщеного фосфорнокислого калію розчиняють в мірній колбі місткістю 1000 см³ в 100-200 см³ дистильованої води, доливають 5 см³ концентрованої азотної кислоти, доводять об'єм розчину дистильованою водою до мітки і перемішують.

Приготування розчину порівняння (розчину п'ятиокису фосфору (P₂O₅) масовою концентрацією 0,05 мг/см³). 100 см³ розчину п'ятиокису фосфору (P₂O₅) масової концентрації 0,5 мг/см³ переносять в мірну колбу місткістю 1000 см³, доводять дистильованою водою до мітки і ретельно перемішують.

Побудова градуувального графіка. Для побудови градуувального графіка готують градуувальні розчини: в чотири мірні колби місткістю 100 см³ бюреткою місткістю 25 см³ вносять розчин п'ятиокису фосфору масовою концентрацією 0,5 мг/см³ в об'ємах: 10, 14, 16, 18 см³. Об'єм розчину в кожній колбі доводять дистильованою водою до 20 см³, доливають по 25 см³ реактиву на фосфати, доводять дистильованою водою до мітки та перемішують. Через 10 хв. вимірюють оптичну щільність градуувальних розчинів відносно розчину порівняння.

За отриманими даними будують градуувальний графік, відкладаючи по осі абсцис маси п'ятиоксиду фосфору, що містяться в градуувальних розчинах в міліграмах, по осі ординат – відповідні їм значення оптичної щільності. Для побудови кожної точки градууваного графіка обчислюють середньоарифметичне значення оптичної щільності результатів двох вимірювань кожного градуувального розчину. Градуувальний графік будують одночасно з проведенням випробування.

Проведення випробування. Аналізований розчин екстракційної фосфатної кислоти відбирають піпеткою в об'ємі 5 см³ і вносять в стакан місткістю 50 см³, доливають 2 см³ розчину соляної кислоти, 10 см³ дистильованої води і кип'ятять протягом 10 хв. Розчин охолоджують і нейтралізують за допомогою фенолфталеїну розчином гідроксиду натрію,

									Арк.
									44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.04.01.ПЗ

додаючи його по краплях до появи рожевого забарвлення, доливають розчин соляної кислоти до зникнення каламуті (приблизно 0,5 см³), а потім додають ще дві краплі розчину соляної кислоти. Вміст склянки кількісно переносять в мірну колбу місткістю 100 см³, доводять дистильованою водою до 20 см³, додають 25 см³ реактиву на фосфати, доводять об'єм колби дистильованою водою до мітки і перемішують. Отриманий розчин фотометрують одночасно з двома градувальними розчинами, найбільш близькими до нього за оптичною щільністю (з більшою і меншою оптичною щільністю, ніж у аналізованого розчину) і відрізняються один від одного по масі фосфору в перерахунку на п'ятиокис фосфору не більше ніж на 0,5 мг.

Масову частку фосфору в перерахунку на P₂O₅ визначається за формулою

$$\tilde{O} = \frac{m_1 \cdot 500 \cdot 100}{V \cdot m \cdot 1000}, \quad (9)$$

- де m_1 – P₂O₅ в аналізованій пробі, обчислена за формулою (10), мг;
 500 – загальний об'єм аналізованого розчину, см³;
 100 – коефіцієнт перерахунку в відсотки;
 V – об'єм аналізованого розчину, взятий для випробування, см³;
 m – маса наважки, г;
 1000 – коефіцієнт узгодження одиниць маси.

Маса P₂O₅ в аналізованій пробі розраховується за формулою

$$m_1 = 0,5 \cdot V_1 + 0,5(V_2 - V_1) \cdot \frac{D - D_1}{D_2 - D_1}, \quad (10)$$

- де 0,5 – масова концентрація розчину п'ятиоксиду фосфору P₂O₅, мг/см³;
 V_1, V_2 – об'єми розчину п'ятиоксиду фосфору P₂O₅ масовою концентрацією 0,5 мг/см³, взяті для приготування градувальних розчинів, см³;

									Арк.
									45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- D – оптична щільність аналізованого розчину, од. о. щ. ;
 D_1, D_2 – оптичні щільності градуювальних розчинів, од. о. щ.

За результат випробування приймають середнє арифметичне двох паралельних випробувань, допустимі розбіжності між якими при довірчій ймовірності $P = 0,95$ [33].

4.4 Результати експерименту та їх обговорення

4.4.1 Дослідження процесу знесульфачування фосфатної кислоти карбонатом стронцію

4.4.1.1 Визначення тривалості реакції

Швидкість і ступінь протікання реакції змінюються в часі. Швидкість реакції, виражена кількістю отриманого продукту за одиницю часу, відповідає низхідній логарифмічній кривій. При наближенні до рівноваги або при значному зниженні концентрації вихідних речовин в необоротних процесах швидкість реакції прагне до нуля.

З метою визначення часу, необхідного для повного завершення реакції з використанням карбонатом стронцію, проводили експеримент за описаною вище методикою. Вихідна кислота мала наступний склад, % мас: P_2O_5 – 56,6; F^- – 0,38; SO_4^{2-} – 1,62.

Після закінчення подачі карбонату стронцію кислоту витримували при постійній температурі та перемішуванні, аналізуючи вміст SO_4^{2-} протягом двох годин: перші півгодини через кожні 10 хв., а далі – через 30 хв. Результати експериментів наведені на рис. 4.2 і в табл. 4.2.

Ступінь знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти розраховується за формулою:

									Арк.
									46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$\gamma = \frac{(\text{SO}_{4\text{нр.}}^{2-} - \text{SO}_{4\text{єр.}}^{2-}) \cdot 100}{\text{SO}_{4\text{нр.}}^{2-}}, \quad (11)$$

де $\text{SO}_{4\text{нр.}}^{2-}$ – вміст сульфат-іонів у вихідній кислоті, %мас;

$\text{SO}_{4\text{єр.}}^{2-}$ – вміст сульфат-іонів в очищеної кислоті, %мас.

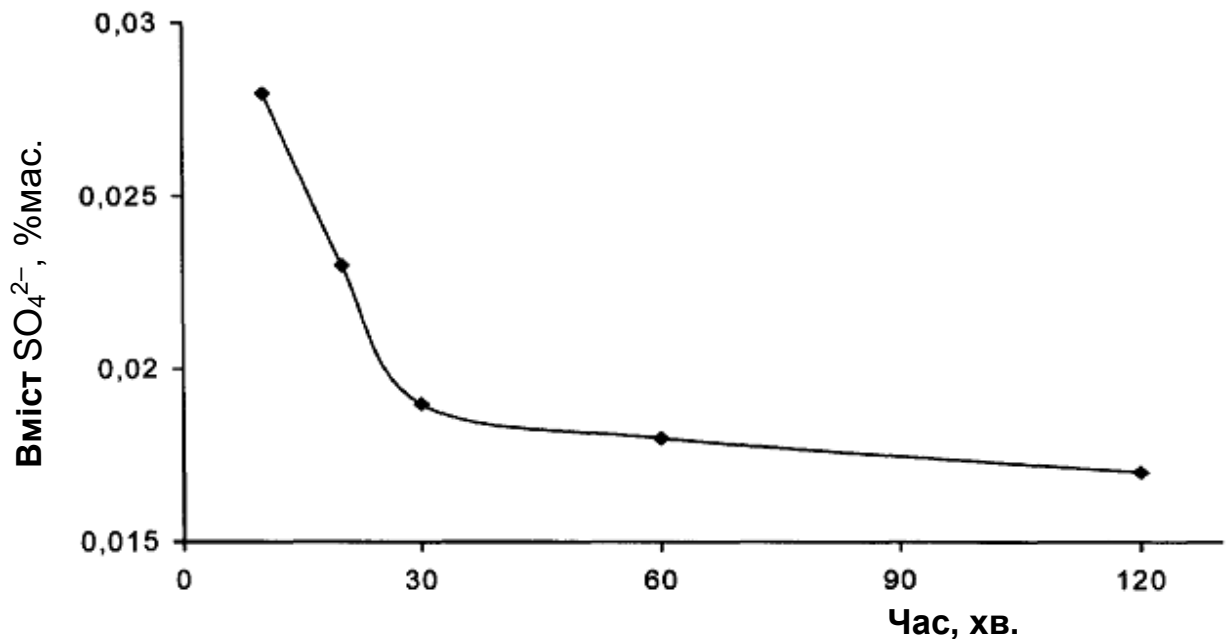


Рисунок 4.2 – Зміна вмісту SO_4^{2-} протягом часу

Таблиця 4.2 – Залежність ступеня знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти від часу перемішування

	Час перемішування, хв				
	10	20	30	60	120
Вміст SO_4^{2-} в кислоті, % мас.	0,028	0,023	0,019	0,018	0,017
Ступінь знесульфачування, %мас.	98,27	98,58	98,70	98,89	98,95

З рис. 4.2 видно, що процес відбувається в початковій стадії з інтенсивною швидкістю, а в кінцевій – сильно сповільнюється. Тому при

проведенні подальших досліджень перемішування після додавання карбонату стронцію проводили протягом 30 хв.

4.4.1.2 Визначення необхідної кількості карбонату стронцію

На константу швидкості реакції впливає концентрація реагентів. З метою визначення оптимальної кількості карбонату стронцію для знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти були проведені експерименти з різним надлишком карбонату стронцію відносно стехіометричного. Досліди проводили за описаною вище методикою. До екстракційної фосфатної кислоти при температурі 90°C додавали карбонат стронцію в стехіометричній кількості, а також з надлишком 10, 20 і 50% по відношенню до необхідної стехіометричної кількості. Вихідна кислота мала наступний склад, % мас: P_2O_5 – 56,6; F^- – 0,38; SO_4^{2-} – 1,62.

В результаті проведення дослідів було встановлено, що ступінь знесульфачування збільшується з підвищенням кількості реагенту. Однак при додаванні 50% надлишку карбонату стронцію вміст сульфат-іонів знижується незначно, в той час як ступінь освітлення очищеної кислоти різко погіршується. Таким чином, було встановлено, що надлишок карбонату стронцію повинен знаходитися на рівні 10-20%. Результати експериментів представлені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Вплив надлишку карбонату стронцію на ступінь знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти при температурі 90°C і часі перемішування 30 хв.

Надлишок $SrCO_3$ відносно стехіометричного, %	Густина очищеної кислоти, $г/см^3$	Склад очищеної екстракційної фосфатної кислоти, %мас.		
		P_2O_5	F^-	SO_4^{2-}
0	1,600	56,5	0,27	0,039
10	1,598	56,0	0,26	0,023
20	1,596	55,7	0,25	0,019
50	1,593	55,5	0,17	0,017

4.4.1.3 Визначення оптимального температурного режиму

Підвищення швидкості реакції в значній мірі залежить від температури. В результаті підвищення температури сумарна швидкість будь-якого процесу збільшується до певної межі, при якій великого значення набувають швидкості зворотної або побічних реакцій. Було проведено кілька серій дослідів при різних температурах. Температуру варіювали від 70 до 90°C. Кількість доданого карбонату стронцію в всіх дослідах було однаковою з урахуванням концентрації сульфат-іонів. Отриману кислоту після очищення аналізували на вміст P_2O_5 , F^- , SO_4^{2-} . Результати наведені на рис. 4.3 і в табл. 4.4.

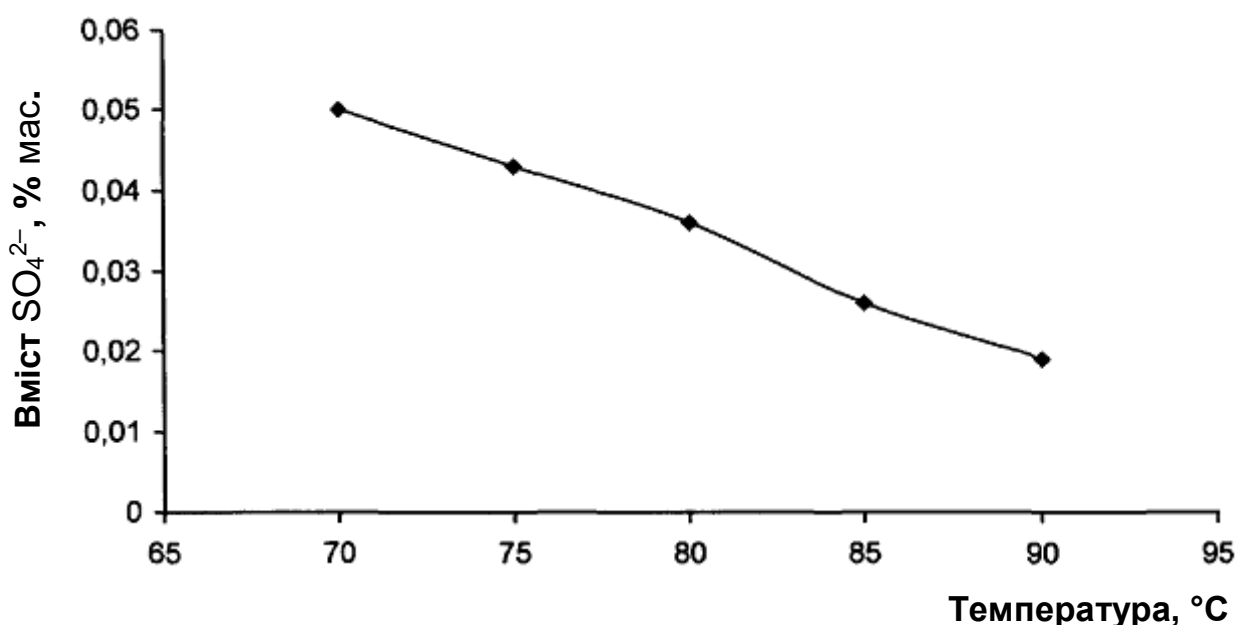


Рисунок 4.3 – Залежність якості знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію від температури

Як видно на рис. 4.3, при інших рівних умовах знесульфачування краще проводити при більш високій температурі, оскільки в цьому випадку досягається швидка завершеність реакції за рахунок підвищення швидкості взаємодії карбонату стронцію з вільною сульфатною кислотою. Найменшого значення за вмістом сульфат-іонів в кислоті можна домогтися при 90°C. При

знижених температурах вміст SO_4^{2-} в очищеній кислоті зростає, мабуть, внаслідок зменшення швидкості утворення та осадження SrSO_4 . При більш високій температурі збільшується витрата енергії на підігрів і зростає корозія обладнання.

Таблиця 4.4 – Залежність якості знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти від температури

Температура, °С	Густина очищеної кислоти, г/см ³	Склад очищеної екстракційної фосфатної кислоти, %мас.		
		P ₂ O ₅	F ⁻	SO ₄ ²⁻
70	1,590	55,4	0,25	0,050
75	1,591	55,4	0,23	0,043
80	1,592	55,3	0,23	0,036
85	1,594	55,5	0,24	0,026
90	1,596	55,7	0,25	0,019

Таким чином, встановлено, що найкращими умовами знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію є:

- температура 90°С;
- надлишок реагенту 10-20% від стехіометричного;
- час перемішування після подачі реагенту 30-45 хв.

Ступінь осадження сульфат-іонів та фторидів (γ_1 і γ_2 відповідно) розраховується за формулою:

$$\gamma = \frac{(\tilde{n}_{\text{п.з.}} - \tilde{n}_{\text{е.з.}}) \cdot 100}{\tilde{n}_{\text{п.з.}}}, \quad (12)$$

де $c_{\text{поч.}}$ – концентрація, що відповідає іону в вихідному розчині;

$c_{\text{кін.}}$ – концентрація, що відповідає іону після обробки.

Використовуючи отримані значення вмісту сульфат-іонів і фторидів в очищеній екстракційній фосфатній кислоті, маємо

$$\gamma_1 = \frac{(1,62 - 0,019) \cdot 100}{1,62} = 98,8\%.$$

$$\gamma_2 = \frac{(0,38 - 0,25) \cdot 100}{0,38} = 34,2\%.$$

4.2 Визначення параметрів процесу освітлювання фосфатної кислоти, очищеної карбонатом стронцію

По закінченню кожного дослід з знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію проводили розділення фаз – освітлювання утвореної пульпи від осаду. Для розділення суспензії можна використовувати метод відстоювання, фільтрацію та центрифугування.

Застосування центрифуг здорожує процес з огляду на їх високу вартість і складність обслуговування.

Неможливість застосування фільтрації для освітлювання очищеної кислоти пояснюється високою її в'язкістю та маленьким розміром частинок осаду сульфату стронцію, що сильно ускладнює процес, оскільки гранулометричний склад твердої фази в пульпі дуже впливає на кінцеві показники фільтрування.

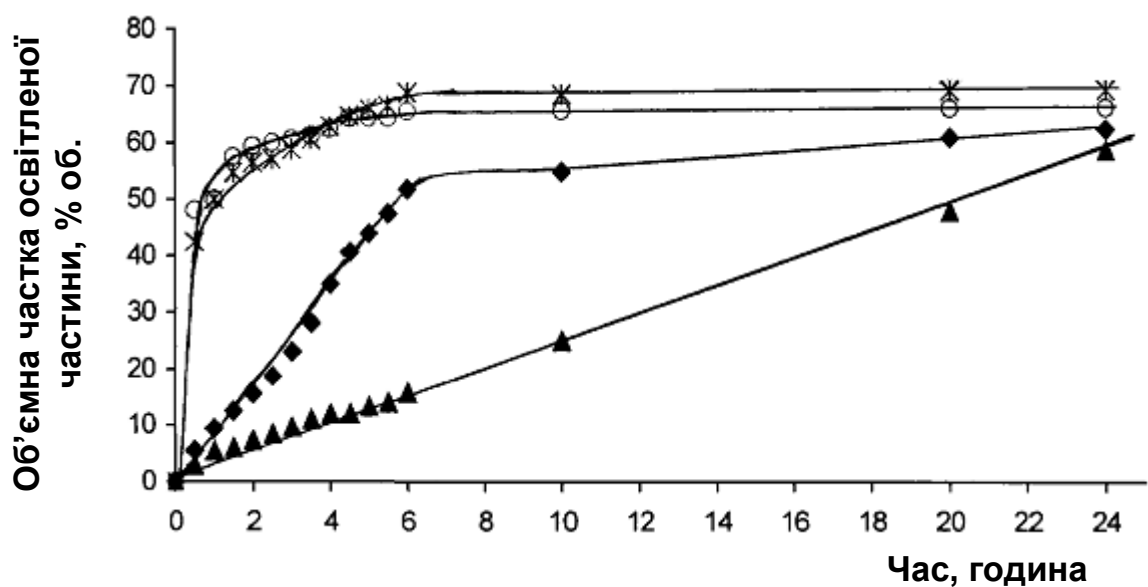
На підставі цього освітлювання очищеної кислоти було вирішено проводити методом відстоювання. З метою інтенсифікації процесу відстоювання було використано 0,1%-вий розчин поліакриламіді АК 631.

На підставі проведених дослідів складені табл. 4.5 – 4.7 і рис. 4.4 – 4.6. Як видно з таблиць і побудованих графічних залежностей, додавання поліакриламіді в всіх випадках призводить до поліпшення результатів. Освітлювання кислоти без додавання поліакриламіді на повітрі відбувається лише на 50-60% об. і протікає значно повільніше, ніж при використанні поліакриламіді та в термостатованих умовах.

									Арк.
									51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 4.5 – Об'ємна частка освітленої екстракційної фосфатної кислоти, очищеної при 70°C

Час, година	Об'ємна частка, %			
	Умови освітлювання			
	При температурі очистки		При кімнатній температурі	
	Без добавки поліакриламід	З добавкою поліакриламід	Без добавки поліакриламід	З добавкою поліакриламід
0	0,0	0	0	0
0,5	5,6	48,1	3,3	42,4
1	9,4	50,0	5,5	50,0
1,5	12,5	57,5	6,1	54,7
2	15,6	59,4	7,3	56,5
2,5	18,8	60,0	8,5	57,1
3	23,1	60,6	9,7	58,8
3,5	28,1	61,3	11,0	66,0
4	35,0	62,5	12,0	62,9
4,5	40,6	64,4	12,0	64,7
5	43,9	64,4	13,3	65,9
5,5	47,5	64,4	14,0	66,5
6	51,9	65,6	15,8	68,8
10	55,0	65,7	25,0	68,8
20	61,0	66,2	48,0	69,2
24	62,5	66,3	58,8	69,4

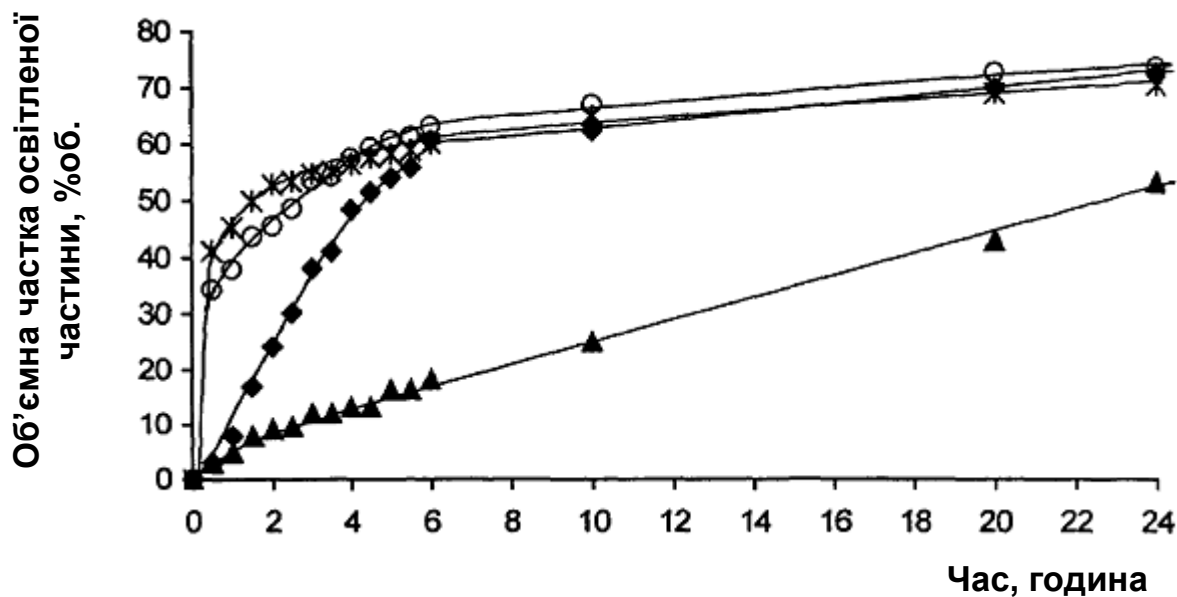


- ◆ – освітлювання при 70°C без поліакриламід;
- – освітлювання при 70°C з поліакриламідом;
- ▲ – освітлювання при кімнатній температурі без поліакриламід;
- * – освітлювання при кімнатній температурі з поліакриламідом

Рисунок 4.4 – Освітлювання екстракційної фосфатної кислоти при 70°C

Таблиця 4.6 – Об’ємна частка освітленої екстракційної фосфатної кислоти, очищеної при 80°C

Час, година	Об’ємна частка, %			
	Умови освітлювання			
	При температурі очистки		При кімнатній температурі	
	Без добавки поліакриламід	З добавкою поліакриламід	Без добавки поліакриламід	З добавкою поліакриламід
0	0,0	0	0	0
0,5	3,0	34,4	3,0	41,2
1	7,9	38,0	4,9	45,3
1,5	17,0	43,8	7,9	50,0
2	24,2	45,6	9,1	52,9
2,5	30,3	48,8	9,7	53,5
3	38,2	53,8	12,1	54,7
3,5	41,2	54,4	12,1	55,3
4	48,5	57,5	13,3	56,5
4,5	51,5	59,4	13,3	57,6
5	54,0	60,6	16,4	58,2
5,5	55,8	61,3	16,4	58,8
6	60,6	63,1	18,2	60,0
10	62,3	67,0	25,0	65,0
20	70,0	72,8	43,0	69,1
24	72,7	73,8	53,3	70,6

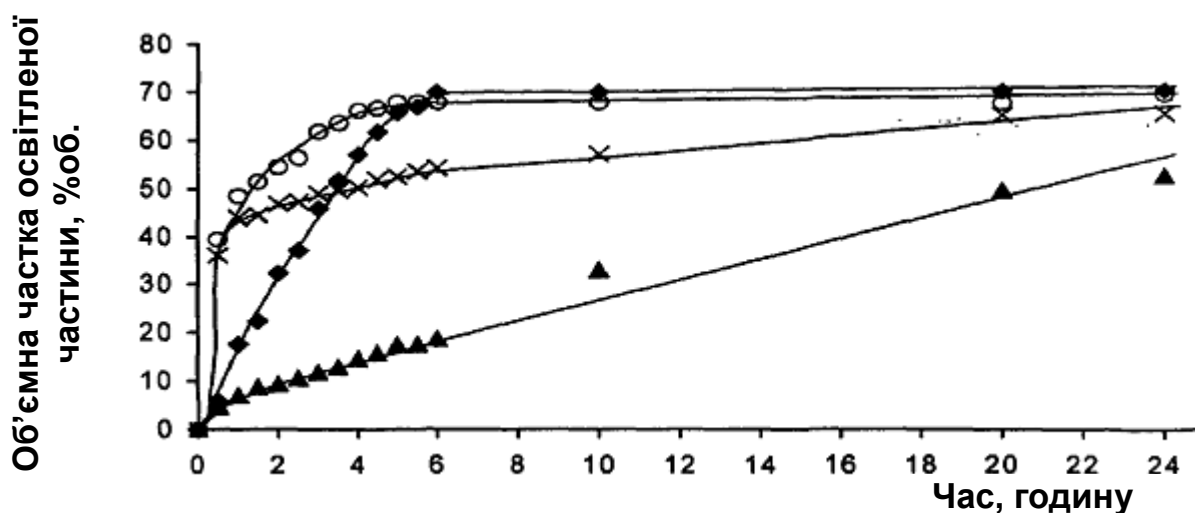


- ◆ – освітлювання при 80°C без поліакриламідом;
- – освітлювання при 80°C з поліакриламідом;
- ▲ – освітлювання при кімнатній температурі без поліакриламідом;
- * – освітлювання при кімнатній температурі з поліакриламідом

Рисунок 4.5– Освітлювання екстракційної фосфатної кислоти при 80°C

Таблиця 4.7 – Об'ємна частка освітленої екстракційної фосфатної кислоти, очищеної при 90°C

Час, година	Об'ємна частка, %			
	Умови освітлювання			
	При температурі очистки		При кімнатній температурі	
	Без добавки поліакриламід	З добавкою поліакриламід	Без добавки поліакриламід	З добавкою поліакриламід
0	0,0	0	0	0
0,5	5,9	39,4	4,7	36,0
1	17,6	48,5	7,1	44,0
1,5	22,3	51,5	8,8	44,6
2	32,3	54,5	9,4	46,9
2,5	37,1	56,4	10,6	47,4
3	45,9	61,8	11,8	49,1
3,5	51,8	63,6	12,9	49,7
4	57,1	66,1	14,7	50,3
4,5	61,8	66,7	15,9	52,0
5	65,9	67,9	17,6	52,6
5,5	67,0	67,9	17,6	53,7
6	70,0	67,9	18,8	54,3
10	70,1	67,9	33,0	57,2
20	70,4	67,9	49,8	65,4
24	70,6	69,7	52,9	65,7



- ◆ – освітлювання при 90°C без поліакриламід;
- – освітлювання при 90°C з поліакриламідом;
- ▲ – освітлювання при кімнатній температурі без поліакриламід;
- * – освітлювання при кімнатній температурі з поліакриламідом

Рисунок 4.6 – Освітлювання екстракційної фосфатної кислоти при 90°C

Освітлювання кислоти при кімнатній температурі з добавкою поліакриламідю показує результати, близькі до отриманих при відстоюванні екстракційної фосфатної кислоти при температурі знесульфачування. В останньому випадку вихід освітленої частини при інших рівних умовах приблизно однаковий як з добавкою поліакриламідю, так і без нього. Що стосується кислоти, очищеної при 90°C, то її освітлювання більш повно протікає при цій же температурі. Об'ємна частка освітленої кислоти при цьому становить 70-73%, тоді як при 80°C – 63-67%, а при 70°C – 62-66%. Вміст зважених часток в освітленій кислоті не перевищує 0,1%. Мірою інтенсивності процесу вважали швидкість освітлювання (U, м/годину) очищеної кислоти, яку розраховували за відомою методикою, заснованою на вимірюванні швидкості переміщення кордону розділу фаз.

Суспензію екстракційної фосфатної кислоти, очищеної при 90°C, поміщали в мірний літровий циліндр з нанесеними на нього поділками, дозували розчин поліакриламідю, інтенсивно перемішували протягом 20 с, залишали стояти до появи чіткої лінії розділення між пульпою та розчином, а потім спостерігали, роблячи відліки через кожні 30 хв. після зниження поверхні каламуті та збільшення шару освітленої кислоти. Знаючи об'єм циліндра, що припадає на 1 м його висоти, проводили розрахунок середньої швидкості осадження за розглянутий період часу.

Отримана середня швидкість освітлювання очищеної карбонатом стронцію екстракційної фосфатної кислоти склала 0,043 м /годину.

4.5 Висновки

В результаті виконаних досліджень вивчено процес знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію.

Показана можливість знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти до вмісту сульфатів < 0,02% мас.

									Арк.
									55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.04.01.ПЗ

Встановлено, що збільшення часу протікання реакції більше 30 хв. майже не позначається на ступені знесульфачування.

Найменшого значення за вмістом сульфат-іонів в кислоті можна домогтися при 90°C.

Відзначено, що підвищення дози карбонату стронцію на 50% від стехіометричного також не призводить до помітного поліпшення показників.

Таким чином, встановлено, що найкращими умовами знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію є:

- температура 90°C;
- надлишок реагенту 10-20% від стехіометричного;
- час перемішування після подачі реагенту 30-45 хв.

В результаті досліджень встановлено, що при використанні в якості реагенту-осаджувача карбонату стронцію також відбувається додаткова очистка кислоти від фторидів. Ступінь очистки від сульфатів і фторидів становить 98,8 і 34,2% відповідно.

В результаті проведених досліджень встановлено, що освітлювання екстракційної фосфатної кислоти, яка очищена карбонатом стронцію та містить 52-54% мас. P₂O₅ і близько 0,02% мас. SO₄²⁻, можливо при температурі 90°C без поліакриламід, або при кімнатній температурі з додаванням поліакриламід у вигляді 0,1%-вого розчину в кількості 1 мл на 1 л кислоти. Швидкість освітлювання очищеної екстракційної фосфатної кислоти при цьому становить в середньому 0,043 м/годину, вихід освітленої кислоти 70-73% об.

									Арк.
									56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.04.01.ПЗ

5 ПРИКЛАДНА ЧАСТИНА

5.1 Рекомендації з промислової реалізації результатів експерименту

На існуючих підприємствах з метою знесульфачування екстракційна фосфатна кислота оброблюється апатитом, органічними екстрагентами, концентрується. В результаті отримують наступні марки фосфатної кислоти: «Знесульфачена», Т2, Т3, «Поліпшена», в яких вміст сульфатів-іонів складає 0,15-0,5%мас. Однак, цього показника не достатньо для харчової якості, оскільки згідно ГОСТу на харчову термічну фосфатну кислоту, вміст сульфатів в ній не повинен перевищувати 0,01% мас. Цього значення можна досягнути, використовуючи на заключній стадії очистки в якості осаджувача карбонат стронцію.

На підставі проведених досліджень розроблена технологія знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти (марки Т3) карбонатом стронцію. Принципова технологічна схема наведена на рис. 5.1.

5.2 Опис рекомендованої технологічної схеми процесу

На рис. 5.2 наведена апаратурно-технологічна схема знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію.

Вихідна екстракційна фосфатна кислота надходить в приймальний збірник (поз. 1), з якого насосом (поз. 2₁) подається в реактор (поз. 4), в якому нагрівається до температури 90°C за допомогою парового змійовика з поверхнею нагрівання 2,6 м² протягом 30-40 хв. Після нагрівання при перемішуванні кислоти в реактор дозується реагент – карбонат стронцію, який подається в вигляді суспензії, що готується в баку (поз. 3) шляхом змішування сухого карбонату стронцію з водою. Співвідношення Р : Т = 4 : 3. Дозується суспензія карбонату стронцію поступово, протягом 30 хв.

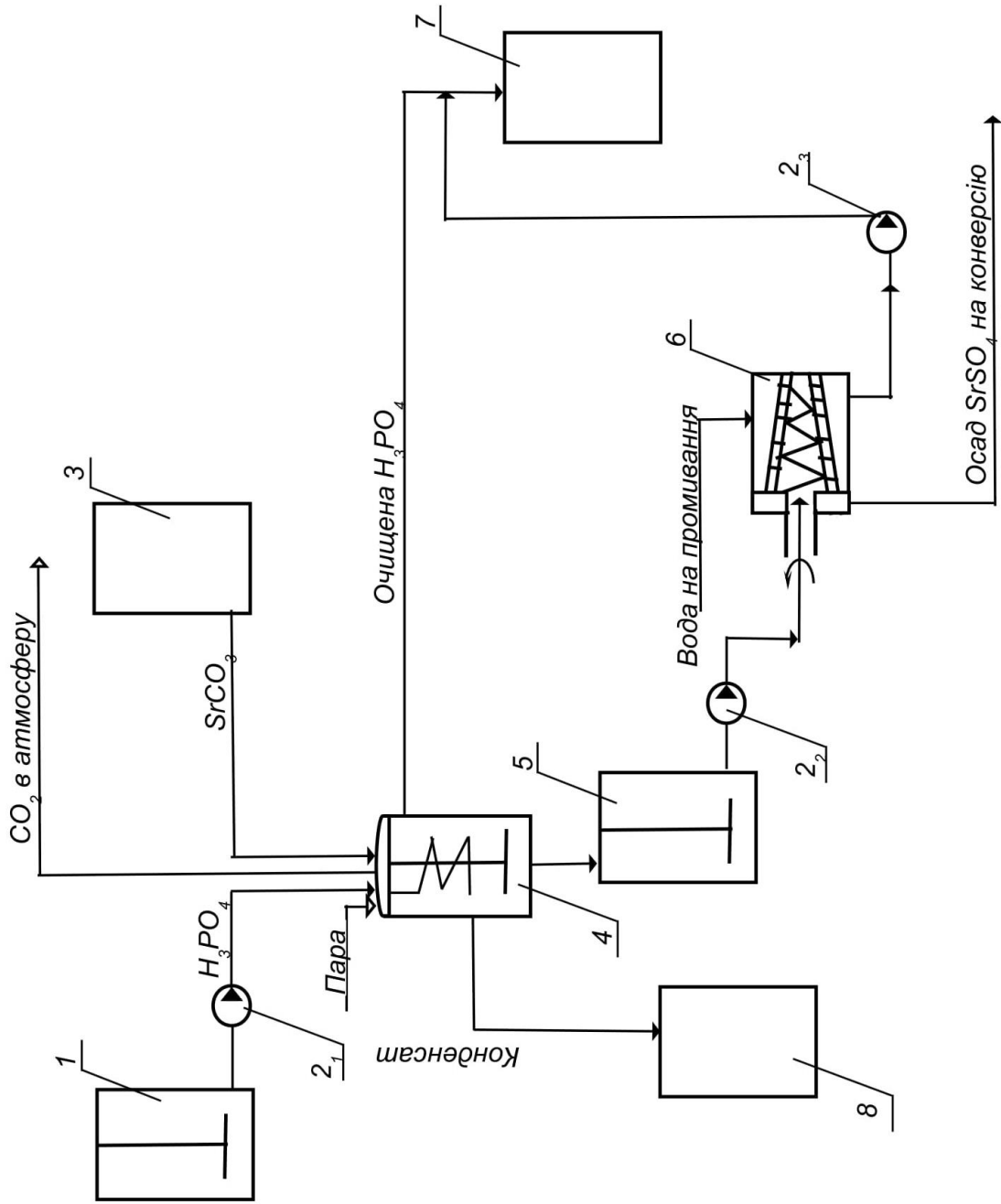
					<i>ДР.04.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Прикладна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Данильченко</i>						57	107
<i>Керівник</i>	<i>Золотарьова</i>							
<i>Консультант</i>								
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>					<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		



Рисунок 5.1 – Принципова технологічна схема знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію

Реакція осадження залишкових сульфат-іонів карбонатом стронцію при температурі 90°C і перемішуванні здійснюється протягом 1 години. З метою запобігання випаровуванню води і відповідно підвищення в'язкості кислоти та погіршення подальшого освітлювання кислоти, процес проводиться в ізольованому реакторі з зачиненими штуцерами на верхній кришці.

Для інтенсифікації процесу освітлювання кислоти після завершення осадження в реактор вноситься 0,1%-вий розчин поліакриламід у кількості



1 – приймальний збірник H_3PO_4 ; 2.1-3 – відцентровий насос; 3 – бак для приготування суспензії $SrCO_3$; 4 – реактор; 5 – збірник шламу; 6 – центрифуга; 7 – збірник очищеної H_3PO_4 ; 8 – збірник конденста

Рисунок 5.2 – Апаратурно-технологічна схема знесульфатування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

5 л/м³ кислоти. Введення розчину поліакриламід у кислоту здійснюється відразу після реакції знесульфачування протягом 15 хв.

Освітлювання фосфатної кислоти проводиться відразу після закінчення основної реакції та флокуляції в реакторі (поз. 4) при температурі 90°C природним шляхом при вимкненій мішалці. Температура підтримується періодичною подачею пари в змішувач. Освітлювання триває до досягнення повної прозорості продукційного розчину фосфатної кислоти (16-24 години) і контролюється за різницею вмісту сульфат-іонів в реальній кислоті та відфугованій пробі до повного вирівнювання.

Освітлена частина фосфатної кислоти самопливом надходить в збірник очищеної фосфатної кислоти (поз. 7). Згущена частина, що представляє собою продукційну фосфатну кислоту з осадом сульфату стронцію, через нижній злив надходить в збірник шламу (поз. 5). Зі збірника шлам насосом (поз. 2₂) подається на розділення в центрифугу (поз. 6), відфугована кислота за допомогою насоса (поз. 2₃) передається в збірник очищеної фосфатної кислоти (поз. 7), а промитий осад сульфату стронцію передається на стадію конверсії.

При знесульфачуванні фосфатної кислоти згущена частина після кожного циклу освітлювання не зливається в збірник шламу (поз. 5), а в реактор (поз. 4) подається нова порція вихідної екстракційної фосфатної кислоти і дозується карбонат стронцію. Після 9 циклів знесульфачування та освітлювання згущена частина через нижній злив поступає в збірник шламу.

5.3 Матеріальний і тепловий розрахунок

5.3.1 Матеріальний баланс стадії знесульфачування екстракційної фосфатної карбонатом стронцію

Матеріальний баланс стадії знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію складається 1 т екстракційної фосфатної

						Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.04.01.ПЗ	

кислоти марки ТЗ, що має наступний склад, %мас.: H_3PO_4 – 74,1; SO_4^{2-} – 0,17; F^- – 0,019; інші домішки – 0,04.

Процес знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти відбувається за наступною хімічною реакцією



Згідно рівняння (13) визначаємо кількість сульфатів в 1 т екстракційної фосфатної кислоти

$$\frac{1000 \cdot 0,17}{100} = 1,7 \text{ т.}$$

Стехіометрична кількість карбонату стронцію, що необхідна для осадження цієї кількості сульфатів, складає

$$\frac{148 \cdot 0,17}{98} = 2,6 \text{ т.},$$

де 148 і 98 – молярна маса SrCO_3 і H_2SO_4 відповідно, кг/кмоль.

Тоді з урахуванням вмісту SrCO_3 (95%мас.) в карбонаті стронцію

$$\frac{2,6 \cdot 100}{95} = 2,7 \text{ т.}$$

Оскільки для осадження сульфат-іонів використовується 20%-вий надлишок карбонату стронцію, то необхідна кількість осаджувача буде дорівнювати

$$2,7 \cdot 1,2 = 3,2 \text{ кг.}$$

Для зняття дифузійного фактору при змочуванні порошку карбонату стронцію фосфатною кислотою застосовується водна суспензія карбонату стронцію (Р : Т = 3 : 4). Кількість води, що необхідна для приготування суспензії дорівнює

$$\frac{4 \cdot 3,2}{3} = 4,3 \text{ т.}$$

									Арк.
									61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

В реакторі знаходиться реакційна суміш в кількості

$$1000 + 7,5 = 1007,5 \text{ кг.}$$

Вихід освітленої екстракційної фосфатної кислоти складає 73%. Отже з реактору виходить наступна кількість освітленої фосфатної кислоти

$$\frac{1007,5 \cdot 73}{100} = 736 \text{ кг.}$$

Очищена фосфатна кислота має наступний склад, % мас.: H_3PO_4 – 75,9; SO_4^{2-} – 0,0009; F^- – 0,013; інші домішки – 0,04.

В результаті реакції (13) утворюється:

– SrSO_4

$$\frac{7,5 \cdot 184}{148} = 9,3 \text{ кг.}$$

– CO_2

$$\frac{7,5 \cdot 44}{148} = 2,2 \text{ кг.}$$

– H_2O

$$\frac{7,5 \cdot 18}{148} = 0,9 \text{ кг.}$$

де 184, 44, 18 – молярна маса SrSO_4 , CO_2 , H_2O відповідно, кг/кмоль.

В збірник шламу уходить наступна кількість шламу

$$1007,5 - 736 - 2,2 - 0,9 = 268,4 \text{ кг.}$$

В цій кількості шламу міститься очищеної фосфатної кислоти

$$268,4 - 9,3 = 259,1 \text{ кг.}$$

						Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.04.01.ПЗ	

В табл. 5.1 представлений матеріальний баланс стадії знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію.

Таблиця 5.1 – Матеріальний баланс стадії знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію

Прихід			Витрата		
Стаття	кг	%мас.	Стаття	кг	%мас.
1. Екстракційна фосфатна кислота			1. Очищена екстракційна фосфатна кислота		
H ₃ PO ₄	741	74,1	H ₃ PO ₄	558,6	75,9
SO ₄ ²⁻	1,7	0,17	SO ₄ ²⁻	0,007	0,0009
F ⁻	0,19	0,019	F ⁻	0,096	0,013
інші домішки	0,4	0,04	інші домішки	0,29	0,04
H ₂ O	256,7	25,67	H ₂ O	177,00	24,05
Разом:	1000	100,0	Разом:	736,0	100,0
2. Карбонат стронцію			2. Шлам з реактора:		
SrCO ₃	3,2	42,7	SrSO ₄	9,3	3,5
H ₂ O	4,3	57,3	H ₃ PO ₄	259,1	96,5
Разом:	7,5	100,0	Разом:	268,4	100,0
			3. З газом:		
			CO ₂	2,2	71,0
			H ₂ O	0,9	29,0
			Разом:	3,1	100,0
ВСЬОГО:	1007,5		ВСЬОГО:	1007,5	

5.3.2 Тепловий баланс стадії знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію

Тепловий баланс стадії знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію складається на підставі матеріального балансу.

Прихід

1. З фосфатною кислотою:

$$Q_1 = 1000 \cdot 2,23 \cdot 90 = 200700 \text{ кДж,}$$

де 2,23 – теплоємність 74,1%-вої H₃PO₄, кДж/кг · °С;

90 – температура реакції, °С.

2. З суспензією карбонату стронцію:

– рідка фаза

$$Q_2 = 4,3 \cdot 4,18 \cdot 20 = 359 \text{ кДж},$$

– тверда фаза

$$Q_3 = 3,2 \cdot 0,56 \cdot 20 = 36 \text{ кДж},$$

де 4,18 і 0,56 – теплоємність H_2O і SrCO_3 відповідно, кДж/кг \cdot $^\circ\text{C}$;

20 – температура суспензії, $^\circ\text{C}$.

$$Q_4 = 359 + 36 = 395 \text{ кДж}.$$

3. З парою на обігрів реактора: X кДж.

Прихід тепла складає

$$Q_{\text{пр}} = 200700 + 395 + X = (201095 + X) \text{ кДж}.$$

Витрата

4. З очищеною фосфатною кислотою:

$$Q_5 = 736 \cdot 2,26 \cdot 90 = 149702 \text{ кДж},$$

де 2,26 – теплоємність 75,9%-вої H_3PO_4 , кДж/кг \cdot $^\circ\text{C}$.

5. Зі шламом:

– рідка фаза

$$Q_6 = 259,1 \cdot 2,26 \cdot 90 = 52701 \text{ кДж},$$

– тверда фаза

$$Q_7 = 9,3 \cdot 0,62 \cdot 20 = 519 \text{ кДж},$$

де 0,62 – теплоємність SrSO_4 , кДж/кг \cdot $^\circ\text{C}$.

									Арк.
									64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$Q_8 = 52701 + 519 = 53220 \text{ кДж.}$$

6. З газом:

– CO₂

$$Q_9 = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 90 = 178 \text{ кДж,}$$

– водяною парою

$$Q_{10} = 0,9 \cdot 2285 = 2057 \text{ кДж,}$$

де 0,9 – теплоємність CO₂, кДж/кг · °С;

2285 – теплота пароутворення, кДж/кг.

$$Q_{11} = 178 + 2057 = 2235 \text{ кДж.}$$

7. Втрати тепла в навколишнє середовище складають: 0,1X кДж.

Загальна витрата тепла складає

$$Q_{\text{вит}} = (149702 + 53220 + 2235 + 0,1X) = (205157 + 0,1X) \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{вит}}$$

$$201095 + X = 205157 + 0,1X, \text{ звідки } X = 4513 \text{ кДж.}$$

Таблиця 5.2 – Тепловий баланс стадії знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію

Прихід		Витрати	
Статті	кДж	Статті	кДж
З фосфатною кислотою	200700	З очищеною фосфатною кислотою	149702
З суспензією карбонату стронцію	395	Зі шламом	53220
З парою	4513	З газом	2235
		Втрати тепла в навколишнє середовище	451
ВСЬОГО:	205608	ВСЬОГО:	205608

5.4 Вибір і розрахунок основного апарату

Для здійснення процесу знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію застосується реактор, що представляє собою вертикальний ємкісний апарат, що складається з корпусу (поз. 1), еліптичної кришки (поз. 2) та еліптичного днища (поз. 3), рамної мішалки (поз. 4), приводу мішалки (поз. 5). Реактор встановлений на опори-лапи (поз. 7). Апарат виконаний з нержавіючої сталі 12Х18Н10Т.

Нагрівання фосфатної кислоти та підтримування заданої температури реакції осадження та освітлювання здійснюється за допомогою парового змійовика з поверхнею теплообміну $2,6 \text{ м}^2$. Пара подається під тиском $0,3 \text{ МПа}$, витрата пари складає 120 кг/годину .

Подача екстракційної фосфатної кислоти, суспензії карбонату стронцію та відведення газу здійснюється через штуцери, що розташовані в кришці апарату. Відведення освітленої фосфатної кислоти та шламу з реактора відбувається через штуцери, розташовані з бічної сторони та в днищі апарату відповідно. Конструкцією апарату передбачені штуцери для встановлення запобіжного клапану, манометра, термометра, а також для технічного обслуговування та ремонту [34].

Враховуючи виконані матеріальні розрахунки для очистки екстракційної фосфатної кислоти від сульфат-іонів карбонатом стронцію вибирається реактор з наступними характеристиками: діаметр корпусу – 1000 мм , загальна висота апарату – 3240 мм , об'єм – 1 м^3 , тиск в апараті – $0,6 \text{ МПа}$, частота обертання мішалки – 200 об/хв , потужність приводу мішалки – 3 кВт

5.4.1 Механічний розрахунок реактора

Виконавча товщина стінки обичайки визначається за формулою [35]:

						Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.04.01.ПЗ	

$$s = \frac{pD}{2[\sigma]\phi - p} + \tilde{N}, \quad (14)$$

- де $p = 0,6$ – тиск в корпусі апарату, МПа;
 $D = 1000$ – діаметр апарату, мм;
 $[\sigma] = 149,5$ – допустиме напруження для сталі Ст. 3, МПа;
 $\phi = 1$ – коефіцієнт міцності зварного шва;
 C – прибавка до розрахункової товщини, мм.

Прибавка до розрахункової товщини розраховується за виразом [35]:

$$C = c_1 + c_2 + c_3, \quad (15)$$

- де c_1 – прибавка для компенсації корозії і ерозії, мм;
 $c_2 = 0,5$ – прибавка для компенсації мінусового допуску, мм;
 $c_3 = 0$ – прибавка технологічна, мм.

Прибавка для компенсації корозії і ерозії визначається за формулою [35]:

$$\tilde{n}_1 = \dot{I} \cdot \tau + \tilde{n}_a, \quad (16)$$

- де $\dot{I} = 0,06$ – швидкість проникнення корозії, мм/рік;
 $\tau = 15$ – строк служби апарату, рік;
 $c_e = 0$ – Прибавка для компенсації ерозії, мм.

$$c_1 = 0,06 \cdot 15 + 0 = 0,9 \text{ мм.}$$

$$C = 0,9 + 0,5 + 0 = 1,4 \text{ мм.}$$

$$s = \frac{0,6 \cdot 1000}{2 \cdot 149,5 \cdot 1 - 0,6} + 1,4 = 3,4 \text{ мм.}$$

						Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховане значення товщини стінки обичайки округляємо до найближчого більшого значення стандартної товщини листа листового прокату, а саме $s = 4$ мм.

Допустимий тиск в обичайці апарату визначаємо за формулою [35]:

$$[\delta] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi_{\delta} \cdot (s - \tilde{N})}{D + (s - \tilde{N})}, \quad (17)$$

$$[p] = \frac{2 \cdot 149,5 \cdot 1 \cdot (4 - 1,4)}{1000 + (4 - 1,4)} = 0,78 \text{ МПа}.$$

Умова міцності

$$P = 0,6 \text{ МПа} < [P] = 0,78 \text{ МПа}$$

виконується.

Перевіряємо умову застосування розрахункових формул [35]:

$$\frac{S - C}{D} < 0,1 \quad (18)$$

$$\frac{S - C}{D} = \frac{4 - 1,4}{1000} = 0,0026 < 0,1.$$

Умова виконується.

5.4.2 Конструктивний розрахунок зміювикового теплообмінника

Конструктивний розрахунок зміювикового теплообмінника включає визначення загальної довжини, числа завитків і висоти зміювика.

Загальна довжина зміювика розраховується за формулою [34]:

$$L = \frac{F}{\pi \cdot d}, \quad (19)$$

де $F = 2,6$ – поверхня теплообміну, м^2 ;

$d = 0,032$ – діаметр трубки зміювика, м.

									Арк.
									68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$L = \frac{2,6}{3,14 \cdot 0,032} = 25,9 \text{ м}$$

Довжина одного завитка змійовика як гвинтової лінії визначається з формули [34]:

$$\ell = \sqrt{(\pi \cdot D_{\text{зі}})^2 + h^2}, \quad (20)$$

де $D_{\text{зм}}$ – діаметр завитка змійовика, м²;

$h = 0,05$ – відстань між осями завитків змійовика, м.

Діаметр завитка змійовика можна визначити за формулою [34]:

$$D_{\text{зм}} = D - 2 \cdot (0,25 \div 4), \quad (21)$$

де $D = 1$ – діаметр реактора, м.

$$D_{\text{зм}} = 1 - 2 \cdot 0,25 = 0,5 \text{ м.}$$

$$\ell = \sqrt{(3,14 \cdot 0,5)^2 + 0,05^2} = 1,6 \text{ м.}$$

Число завитків змійовика [34]:

$$n = \frac{L}{\ell} \quad (22)$$

$$n = \frac{25,9}{1,6} = 10.$$

Загальна висота [34]:

$$H = n \cdot h \quad (23)$$

$$H = 10 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ м.}$$

						Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини – невід’ємна умова сталого економічного та соціального розвитку України.

Політика України в сфері екології спрямована на забезпечення охорони навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, розвиток заповідної справи, поводження з відходами, геологічне вивчення надр, а також топографо-геодезичної та картографічної діяльності. Основною метою екологічної політики є забезпечення конституційного права громадян на безпечне навколишнє природне середовище. Тому інтеграція екологічної політики в усі напрями діяльності є обов’язковою умовою переходу до екологічно збалансованого розвитку держави. Розвиток країни та регіонів, структура економічного зростання, матеріального виробництва та споживання, а також інших видів діяльності суспільства функціонує в межах здатності природних екосистем відновлюватися, поглинати забруднення та підтримувати життєдіяльність теперішнього і майбутніх поколінь.

Роль права у регулюванні взаємодії природи і суспільства полягає у встановленні науково обґрунтованих правил поведінки людини щодо природи. Найбільш суттєві правила такої поведінки закріплюються державою в законодавстві і стають загальнообов’язковими для виконання та дотримання нормами права, які забезпечуються державним примусом у випадку їх невиконання.

					<i>ДР.04.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Екологія та охорона навколишнього середовища	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Данильченко</i>						70	107
<i>Керівник</i>	<i>Золотарьова</i>							
<i>Консультант</i>								
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>					СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм		

Серйозною вадою чинного на сьогодні природоохоронного законодавства є той факт, що формувалося воно за поресурсною ознакою, тобто окремому регулюванню підлягають земельні, водні, гірничі, лісові, атмосфероохоронні та інші відносини. Такий підхід не забезпечував комплексності в регулюванні відносин щодо природного середовища як єдиного організму.

Вже з перших законотворчих кроків суверенної України визначено основи забезпечення екологічних прав людини. Закон "Про охорону навколишнього природного середовища" від 25 червня 1991 року не лише проголошує, але й передбачає систему гарантій екологічної безпеки людини, вносить певну впорядкованість в систему управління в галузі природокористування. Він закріплює право громадян України на безпечне для життя навколишнє середовище. Це невід'ємне право реалізується шляхом участі громадян в обговоренні проектів законодавчих актів та інших рішень в галузі охорони навколишнього середовища; участі в розробці та здійсненні заходів щодо охорони природного середовища, раціонального використання природних ресурсів; об'єднання в громадські природоохоронні організації; отримання повної і достовірної інформації про стан навколишнього природного середовища.

Закон надає громадянам України право звертатися до суду з позовом на підприємства, установи і організації щодо відшкодування збитків, заподіяних здоров'ю та майну внаслідок негативного впливу на навколишнє середовище. Він зобов'язує державні органи надавати всебічну допомогу громадянам у здійсненні природоохоронної діяльності та враховувати їхні пропозиції щодо цього.

Згідно з цим Законом громадяни України мають не лише права, але й обов'язки щодо збереження природи, раціонального використання її багатств, дотримання законодавства про охорону навколишнього природного

						Арк.
					ДР.04.01.ПЗ	71
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

середовища. У Законі встановлені принципи охорони навколишнього природного середовища:

- пріоритетність вимог екологічної безпеки;
- гарантування екологічно безпечного становища для життя та здоров'я людей;
- екологізація матеріального виробництва;
- науково обґрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства;
- збереження просторової та видової різноманітності й цілісності природних об'єктів і комплексів;
- гласність і демократизм при прийнятті рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього середовища, формування у населення екологічного світогляду;
- науково обґрунтоване нормування впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє середовище;
- стягнення плати за спеціальне використання природних ресурсів, за забруднення навколишнього природного середовища та зниження якості природних ресурсів;
- вирішення проблем охорони навколишнього природного середовища на основі широкого міжнародного співробітництва.

Закон закріплює екологічні права та обов'язки громадян України:

- право на безпечне для життя і здоров'я навколишнє природне середовище;
- участь в обговоренні проектів законодавчих актів, матеріалів щодо розміщення та реконструкції об'єктів, які можуть негативно вплинути на стан навколишнього природного середовища;
- участь у проведенні громадської екологічної експертизи;
- одержання повної і достовірної інформації про стан навколишнього природного середовища та його вплив на здоров'я населення;

						ДР.04.01.ПЗ	Арк. 72
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

- право на подання до суду позовів на державні органи, підприємства, установи, організації і громадян про відшкодування збитків, заподіяних їхньому здоров'ю та майну внаслідок негативного впливу на навколишнє природне середовище.

Громадяни України зобов'язані:

- берегти природу, охороняти, раціонально використовувати її багатства, здійснювати діяльність із додержанням вимог екологічної безпеки, екологічних нормативів;
- не порушувати екологічні права та законні інтереси інших суб'єктів;
- вносити плату за спеціальне природокористування;
- компенсувати шкоду, заподіяну забрудненням та іншим негативним впливом на навколишнє природне середовище.

Закон визначає повноваження Верховної Ради України та місцевих рад народних депутатів, органів управління (Кабінету Міністрів України, виконавчих і розпорядчих органів місцевих рад народних депутатів) в галузі охорони навколишнього природного середовища. Спеціально уповноваженим органом управління в цій галузі є Міністерство охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки (Мінекобезпеки України), створене в 1995 році.

Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" визначає поняття екологічної безпеки та заходи щодо її забезпечення, екологічні вимоги до розміщення, проектування, будівництва, реконструкції, введення в дію підприємств та інших об'єктів, про застосування мінеральних добрив, засобів захисту рослин, токсичних хімічних речовин; передбачає заходи щодо охорони навколишнього природного середовища від шкідливого біологічного впливу, шкідливого впливу фізичних факторів та радіоактивного забруднення, від забруднення виробничими, побутовими та іншими відходами.

						Арк.
						73
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ДР.04.01.ПЗ

Закон передбачає, що в Україні громадянам гарантується право загального використання природних ресурсів для задоволення життєво необхідних потреб (естетичних, оздоровчих, рекреаційних, матеріальних тощо).

Законом передбачено, що Україна приєднується до всіх видів міжнародного співробітництва у галузі охорони природи та раціонального використання природних ресурсів, яке здійснюється шляхом укладання договорів, угод, а також участі в природоохоронній діяльності ООН, інших урядових і неурядових організацій.

Земельний кодекс України регулює охорону і раціональне використання земель. У цьому кодексі встановлено три форми власності на землю: державна, колективна і приватна. Право на одержання земельної ділянки у приватну власність за плату або безоплатно мають громадяни України. Земельні ділянки можуть надаватись в постійне або тимчасове користування, в тому числі на умовах оренди. Земельний кодекс встановив переважне надання земель для потреб сільського господарства з метою забезпечення раціонального використання родючих земель.

З метою охорони земель Земельний кодекс встановлює обов'язки власників земельних ділянок та землекористувачів:

- використовувати землю ефективно і відповідно до цільового призначення;
- підвищувати її родючість, застосовувати природоохоронні технології виробництва, не допускати погіршення екологічної обстановки внаслідок своєї господарської діяльності;
- здійснювати захист земель від водної та вітрової ерозії, забруднення та інших процесів руйнування, для збереження і підвищення родючості землі.

Водний кодекс забезпечує правову охорону вод від забруднення, засмічення і виснаження і регулює порядок їхнього використання. Кодекс встановлює пріоритет питного і побутового водокористування. З метою охорони вод, які використовуються для питних і побутових, курортних,

									Арк.
									74
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

лікувальних і оздоровчих потреб, встановлюються округи і зони санітарної охорони із суворим режимом використання, а також водоохоронні зони лісів. У Водному кодексі закріплені обов'язки водокористувачів щодо раціонального використання водних об'єктів, економного використання води, відновлення і поліпшення її якості.

Лісовий кодекс України регулює відносини з охорони і відтворення лісів, посилення їх корисних властивостей та підвищення продуктивності, раціонального використання лісів з метою задоволення потреб суспільства у лісових ресурсах.

У Лісовому кодексі визначені основні завдання, вимоги і зміст організації лісового господарства, критерії поділу лісів на дві групи за їхнім екологічним і господарським значенням; встановлені порядок та види загального і спеціального використання лісових ресурсів, права і обов'язки лісокористувачів; порядок охорони і захисту лісів; плата за використання ресурсів, економічне стимулювання охорони, захисту, раціонального використання та відтворення лісів.

Кодекс України про надра регулює гірничі відносини з метою забезпечення раціонального, комплексного використання надр для задоволення потреб суспільства у мінеральній сировині, охорони надр, гарантування безпеки людей, майна, навколишнього природного середовища при користуванні надрами; визначає поняття про надра, порядок і види користування надрами, основні вимоги в галузі охорони надр.

У Кодексі про надра встановлений перелік правопорушень законодавства про надра, які тягнуть за собою дисциплінарну, адміністративну, цивільно-правову та кримінальну відповідальність згідно з законодавством України.

Закон України про охорону атмосферного повітря спрямований на збереження сприятливого стану атмосферного повітря, його відновлення і поліпшення для забезпечення екологічної безпеки людини, а також

						Арк.
					ДР.04.01.ПЗ	75
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

відвернення шкідливого впливу на навколишнє природне середовище. Закон встановлює екологічні закони і нормативи в галузі охорони атмосферного повітря, екологічної безпеки атмосферного повітря (гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, гранично допустимих викидів забруднюючих речовин для кожного стаціонарного та пересувного джерела викиду).

У Законі встановлено перелік порушень законодавства про охорону атмосферного повітря:

- порушення прав громадян на екологічно безпечний стан атмосферного повітря;
- перевищення лімітів та нормативів гранично допустимих викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря, гранично допустимих рівнів шкідливого впливу на атмосферу повітря фізичних і біологічних факторів;
- здійснення незаконної діяльності, яка негативно впливає на погоду і клімат;
- невиконання розпоряджень і приписів, які здійснюють контроль за станом атмосферного повітря тощо.

Особи, винні у порушенні законодавства про охорону атмосферного повітря, несуть адміністративну чи кримінальну відповідальність, а також повинні відшкодувати збитки, заподіяні внаслідок правопорушень [36].

Міністерство охорони навколишнього природного середовища України (Мінекобезпеки України) є центральним органом державної виконавчої влади, підвідомчим Кабінету Міністрів України.

Міністерство реалізує державну політику в галузі охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, захисту населення і навколишнього природного середовища, від негативного впливу господарської діяльності шляхом регулювання екологічної, ядерної та радіаційної безпеки на об'єктах усіх форм власності.

						Арк.
					ДР.04.01.ПЗ	76
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

- пріоритету життя та здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;
- комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень у галузі науки і техніки та охорони довкілля;
- соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності;
- адаптації трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану;
- використання економічних методів управління охороною праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на ці цілі, отримання яких не суперечить законодавству;
- інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;

					<i>ДР.04.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Данильченко</i>				<i>Охорона праці</i>	<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Золотарьова</i>					78	107	
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля каф. XIЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>							

- забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об'єднань громадян, що розв'язують проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між роботодавцями та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях;
- використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва.

Основним нормативно-правовим актом, що регулює відносини у сфері охорони праці, є Закон України "Про охорону праці" від 14 жовтня 1992 р. № 2694-ХІІ, який визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Охорона праці має соціальні, економічне та правове значення. Соціальне значення охорони праці полягає в тому, що вона сприяє зміцненню (збереженню) здоров'я працівників від шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Економічне значення реалізується у зростанні продуктивності праці, піднятті економіки та збільшенні виробництва. Правове значення охорони праці полягає в правовому регулюванні роботи з урахуванням важкості умов праці, фізіологічних особливостей жіночого організму, організму неповнолітніх і стану працездатності інвалідів тощо. Крім того, питання охорони праці є об'єктом організаційно-управлінських відносин трудового колективу (відповідного профспілкового органу) з роботодавцем, а також соціально-партнерських відносин на національному, галузевому та регіональному рівнях [38].

						Арк
						79
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ДР.04.01.ПЗ

7.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, вибухо- і пожежонебезпечність речовин, що використовуються та одержуються в виробництві

Основні фізико-хімічні властивості та характеристика токсичності хімічних речовин, які використовуються та одержують в процесі знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію, представлені в табл. 7.1, 7.2 [39-40].

Таблиця 7.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин

Назва речовини		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан	Температура плавлення, °С	Температура кипіння, °С
Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура					
Фосфатна кислота	Ортофосфатна кислота	H ₃ PO ₄	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{O}-\text{P}-\text{O}-\text{H} \\ \\ \text{O}-\text{H} \end{array}$	рідина	42,35	158
Стронцій карбонат	Карбонат стронцію	SrCO ₃	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{C} \\ \quad \\ \text{Sr}-\text{O} \quad \text{O} \end{array}$	тверда речовина	1494	–
Полі(2-пропенамід)	Поліакриламід	(C ₃ H ₅ NO) _n ,	$\begin{array}{c} \text{[-CH}_2\text{-CH-]}_n \\ \\ \text{O}=\text{C} \\ \\ \text{H}-\text{N}-\text{H} \end{array}$	тверда речовина	100	–
Стронцій сульфат	Сульфат стронцію	SrSO ₄	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{S}=\text{O} \\ \quad \\ \text{Sr}-\text{O} \quad \text{O} \end{array}$	тверда речовина	1606	–

Таблиця 7.2 – Характеристики застосовуваних і одержаних речовин

Речовина	Клас шкідливості	Характер дії на організм людини	Граничнодопустима концентрація				Засоби індивідуального захисту	
			у повітрі, мг/м ³			у воді, мг/л		
			робочої зони	населеного пункту				
1	2	3		4	С _{мр} *	С _{сд} **	6	7
Фосфатна кислота	2	При ковтанні: небезпека перфорації стравоходу та шлунка (сильний роз'їдаючий вплив). При попаданні в очі: біль, почервоніння, сильні глибокі опіки. При вдиханні: кашель, біль, задуха. При попаданні на шкіру: викликає сильні опіки	1	–	–	–		Захисні окуляри з бічним захистом. Гумові рукавички, кислотостійкий захисний одяг. Респіратор «Пелюстка-200» або «Айстра-2»
Карбонат стронцію	4	При потраплянні в очі викликає подразнення слизоватих оболонок очей, сльозотечу, почервоніння, невеликий набряк). При вдиханні – слабкість, головний біль, кашель, чхання, біль в горлі та області груді, ускладнене дихання)	6	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200». Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи	
Поліакриламід	4	При вдиханні: викликає першіння в горлі, кашель, слабкість. При тривалому потраплянні на шкіру: слабе почервоніння, лущення. При потраплянні в очі: сльозотеча, почервоніння слизоватих оболонок	10	–	–	0,1 0,01 (риб. госп.)	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи	

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
-----	-----	----------	--------	------

ДР.04.01.ПЗ

Арк

81

В результаті виробничої діяльності в повітря приміщень, робочих зон можуть надходити різні шкідливі речовини. Дисперсна система, утворена повітрям зі зваженими в ньому пиловими твердими частинками шкідливих речовин, утворює аерозоль і призводить до запиленості повітря. Наявність в повітрі парів і газів шкідливих речовин призводить до загазованості повітря.

Допустимий вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони регламентують ГОСТ 12.1.007-76 "ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общин требования безопасности" і ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Безпека праці при роботі з шкідливими хімічними речовинами забезпечується виробничими процесами та устаткуванням, засобами колективного та індивідуального захисту, системою спеціальних профілактичних заходів. Для вловлювання шкідливих виділень при екологічно нечистих технологічних процесах застосовуються витяжні шафи і парасольки, вентилявані камери, захисно-знепилюючі кожухи. Обов'язково повинні використовуватися засоби захисту рук (пасти, креми), органів дихання (респіратори, промислові протигази, ізолюючі дихальні апарати).

3. Недостатня освітленість робочої зони. Освітлення робочого місця – найважливіший фактор створення нормальних умов праці. Природне освітлення за своїм спектру є найбільш прийнятним, але не завжди його виявляється достатньо. Це пов'язано і з режимом роботи. Зазвичай застосовується загальне і комбіноване освітлення. Недостатня освітленість приводить до стомлення зору, фізичної втоми організму.

Норми освітленості робочих місць, приміщень, територій встановлюються ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».

3. Небезпека електричного струму.

Електробезпека – це система організаційних і технічних заходів, що забезпечують захист виробничого персоналу від небезпечної та шкідливої дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля, статичної

									Арк
									83
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.04.01.ПЗ

електрики. Вимоги електробезпеки викладено в ГОСТ 12.1.019-79 «ССБП. Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту». Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

- забезпечення недоступності струмопровідних частин для випадкового дотику;
- застосування електроенергії з безпечними величинами напруги;
- усунення небезпеки ураження людей струмом у разі появи напруги на частинах конструкцій електроустаткування;
- застосування індивідуальних захисних засобів від ураження електричним струмом.

4. Рухоме частини виробничого устаткування [40].

7.3 Заходи щодо запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів

7.3.1 Розрахунок вентиляції науково-дослідної лабораторії

Вихідні данні:

Розміри приміщення:

довжина, м	8
ширина, м	5
висота, м	3,5
Кількість працівників	3
Кратність повітрообміну	6

В лабораторії передбачається припливно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням.

Кількість повітря, що подається в приміщення лабораторії, визначається за формулою [41]:

$$W = K \cdot V, \quad (24)$$

де K – кратність повітрообміну, година⁻¹;

V – об'єм робочого приміщення, м³.

$$W = 6 \cdot 140 = 840 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

Для видалення шкідливих виділень хімічні лабораторії обладнуються витяжними шафами. Кількість витяжних шаф (робочих місць) встановлюється залежно від штатного розкладу робітників лабораторії (з розрахунку на одного працівника одна шафа).

Кількість повітря, що видаляється від кожної витяжної шафи визначається за формулою [41]:

$$W_{\text{ш}} = F_{\text{ш}} \cdot v_{\text{ш}} \cdot 3600, \quad (25)$$

де $F_{\text{ш}} = 0,6$ – площа робочого отвору витяжної шафи, м²;

$v_{\text{ш}} = 0,5$ – швидкість руху повітря, що видаляється через отвір витяжної шафи, м/с.

$$W_{\text{ш}} = 0,6 \cdot 0,5 \cdot 3600 = 1080 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

Продуктивність вентилятора для витяжної шафи визначається за формулою [41]:

$$L = W_{\text{ш}} \cdot k, \quad (26)$$

де $k = 1,15$ – коефіцієнт підсмоктування повітря через нещільності витяжної шафи.

$$L = 1080 \cdot 1,15 = 1242 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

За розрахованими об'ємами повітря вибирається тип стандартного промислового вентилятору.

						ДР.04.01.ПЗ	Арк
							85
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

Вибирається вентилятор типа В-Ц4-70 (1-е виконання), що має наступні технічні характеристики:

Продуктивність	1350 м ³ /годину
Номер вентилятора	2,5
Напір	67 мм. вод. ст.
Частота обертання	2500 об/хв.
Тип електродвигуна	4АА63В2
Потужність	0,55 кВт
Кількість необхідних вентиляторів: 1 шт.	

7.3.2 Розрахунок опалення науково-дослідної лабораторії

Опалювання приміщення лабораторії здійснюється від пункту тепlopостачання. В якості опалювальних пристроїв використовуються радіатори.

Розрахункова витрата тепла на опалювання приміщення лабораторії визначається за формулою [41]:

$$Q = q \cdot F \cdot (1 + K), \quad (27)$$

де $q = 152$ – укрупнений показник максимальної витрати теплоти на опалювання 1 м² площі приміщення, Вт/м²;

$F = 40$ – площа приміщення, м²;

$K = 0,34$ – коефіцієнт, який враховує витрату теплоти на опалювання.

Отже витрата теплоти на опалювання:

$$Q_0 = 152 \cdot 40 \cdot (1 + 0,34) = 8147 \text{ Вт}.$$

Площа поверхні опалювальних приладів визначається за формулою [41]:

						Арк
						86
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.04.01.ПЗ	

$$H = \frac{Q}{506}, \quad (28)$$

$$\dot{V} = \frac{8147}{506} = 16,1 \text{ м}^3/\text{с} \quad \text{або} \quad 16,1 \cdot 0,82 = 13,2 \text{ м}^2.$$

Екм – еквівалентний квадратний метр – площа поверхні нагріву приладу, що віддає 506 Вт теплоти при різниці середньої температури теплоносія і температури повітря в приміщенні, що дорівнює 64,5°C.
 $1 \text{ Екм} = 0,82 \text{ м}^2$.

Вибирається радіатор типа М-140 А, у якого площа поверхні нагріву однієї секції 0,254 м², об'єм 5 м³, кількість секцій – 52 шт.

7.3.3 Розрахунок освітлення науково-дослідної лабораторії

Приміщення лабораторії за зоровими умовами робіт відноситься до III (точні роботи) розряду в підрозряді.

7.3.3.1 Розрахунок природного освітлення

Розрахунок природного освітлення зводиться до визначення кількості віконних отворів.

Сумарна площа віконних отворів приблизно розраховується, як добуток площі приміщення на світловий коефіцієнт приміщення та визначається за формулою [41]:

$$S_{\text{вік}} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{6} \right) \cdot S_{\text{п}}, \quad (29)$$

де $S_{\text{вік}}$ – загальна площа віконних отворів, м²;

$S_{\text{п}}$ – площа виробничого приміщення, м²;

$1/6 \div 1/5$ – світловий коефіцієнт для приміщень хімічних виробництв.

						ДР.04.01.ПЗ	Арк
							87
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

$$S_{\text{а\textsubscript{в}}} = \frac{40}{5} = 8,0 \text{ м}^2.$$

Приймається бічне однобічне освітлення через два віконні отвори розміром $1,76 \times 2,37 \text{ м}$.

7.3.3.2 Розрахунок загального штучного освітлення

Для освітлення приміщення лабораторії вибирається світильник типу Ш₀ «Молочна куля» – світильник розсіяного світла.

Кількість рядів світильників у приміщенні лабораторії визначається за формулою [41]:

$$N_{\delta} = \frac{\hat{A}}{(\hat{l} - h_{\delta}) \cdot [L/h]}, \quad (30)$$

де $B = 5$ – ширина приміщення, м;

$H = 3,5$ – висота приміщення, м;

$h_p = 0,8$ – висота робочої поверхні, м;

$[L/h] = 1,5$ – числове значення коефіцієнта світильника.

$$N_{\delta} = \frac{5}{(3,5 - 0,8) \cdot 1,5} \approx 2 \text{ ряд\textsubscript{в}}.$$

Максимально припустима відстань між рядами світильників визначається з виразу [41]:

$$L_{\text{max}} = \frac{\hat{A}}{N_p}, \quad (31)$$

$$L_{\text{max}} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ м}.$$

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею визначається за формулою [41]:

$$h = \frac{L_{\max}}{[L/h]}, \quad (32)$$

$$h = \frac{2,5}{1,5} = 1,7 \text{ м.}$$

Висота звисання світильників від стелі визначається за формулою [41]:

$$h_3 = H - h_p - h \quad (33)$$

$$h_3 = 3,5 - 0,8 - 1,7 = 1 \text{ м.}$$

Для розрахунку штучного освітлення використовується метод світлового потоку, при цьому кількість світильників, необхідна для освітлення приміщення, розраховується за формулою [41]:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K}{F \cdot U \cdot Z}, \quad (34)$$

- де $E = 100$ – мінімально допустима освітленість робочих поверхонь, лк;
 $S = 40$ – освітлювана площа, м²;
 $F = 1000$ – світловий потік однієї лампи накаливання потужністю 100 Вт, лм;
 $K = 1,3$ – коефіцієнт запасу для лампи накаливання в приміщеннях з малим виділенням забруднень;
 $Z = 1,03$ – поправочний коефіцієнт, що залежить від конструкції світильника, тип світильника – Ш_о;
 $U = 0,38$ – коефіцієнт використання освітлювальної установки, який залежить від конструкції світильника, коефіцієнта відбиття стелі і стін, а також показника приміщення $i = 4$.

Кількість світильників складає:

$$n = \frac{100 \cdot 40 \cdot 1,3}{1000 \cdot 0,38 \cdot 1,03} \approx 14 \text{ од.}$$

						Арк
						89
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема розташування світильників зображена на рис. 7.1.

Загальна потужність електроосвітлювальної установки визначається за формулою [41]:

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \quad (35)$$

де $n = 14$ – розрахункова кількість ламп, шт;

$W = 100$ – потужність однієї лампи, Вт.

$$N = \frac{14 \cdot 100 + 0,2 \cdot 14 \cdot 100}{1000} = 1,68 \text{ кВт}.$$

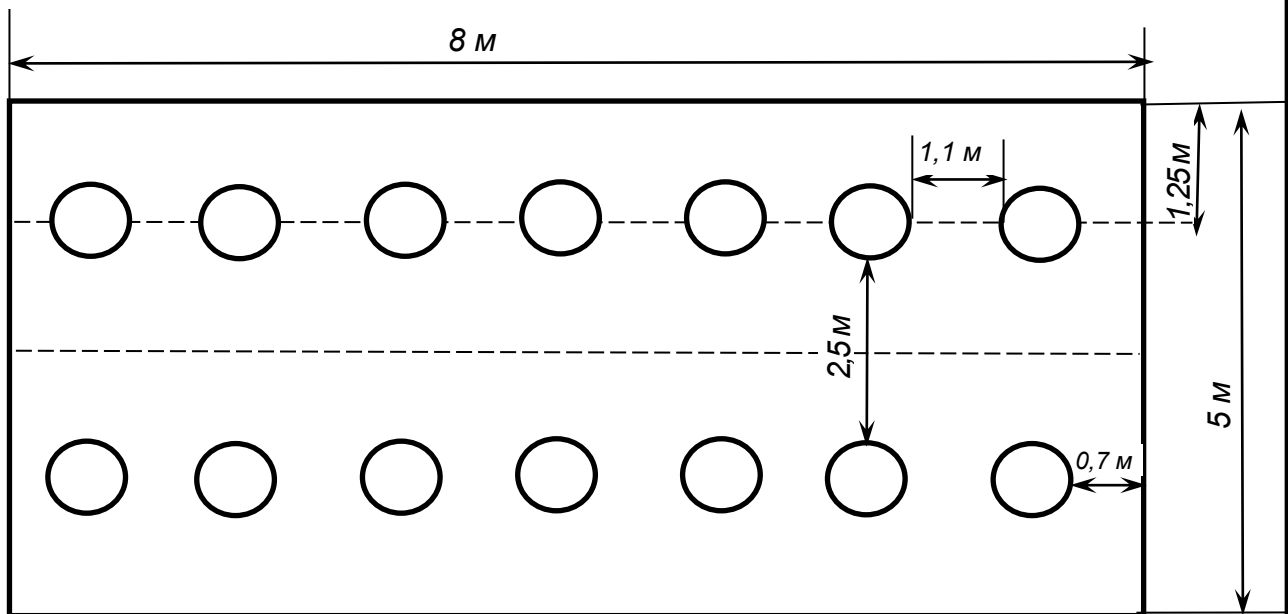


Рисунок 7.1 – Схема розміщення світильників

7.3.4. Розрахунок заземлення науково-дослідної лабораторії

Розрахунок заземлюючого контуру здійснюється, виходячи з умови, що загальний опір заземлюючого контуру $R_{ззп}$ повинен бути меншим за 4 Ом.

Загальний опір захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [41]:

$$R_{\zeta\zeta i} = \frac{R_{\zeta} \cdot R_{\tilde{n}i}}{R_{\tilde{n}i} \cdot n \cdot \eta_{\zeta} + R_{\zeta} \cdot \eta_{\tilde{n}i}}, \quad (36)$$

- де R_{ζ} – опір заземлювача, в якості якого використовується металевий стрижень, Ом;
- $R_{\text{см}}$ – опір металевій смуги, що з'єднує заземлювачі, Ом;
- n – кількість заземлювачів;
- $\eta_{\zeta} = 0,4$ – коефіцієнт екранування заземлювача;
- $\eta_{\text{см}} = 0,6$ – коефіцієнт екранування з'єднуючої смуги

Опір заземлювача визначається за формулою [41]:

$$R_{\zeta} = \frac{\rho}{2\pi \cdot \ell} \left(\ln \frac{2 \cdot \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + \ell}{4 \cdot t - \ell} \right), \quad (37)$$

- де $\rho = 300$ – питомий електричний опір супіску, Ом·м;
- $\ell = 8$ – довжина заземлювача, м;
- $d = 0,02$ – діаметр заземлювача, м;
- $t = 3,3$ – відстань від середини розташованого в ґрунті заземлювача до рівня землі, м.

Опір смуги, що з'єднує заземлювачі, визначається за формулою [41]:

$$R_{\tilde{n}i} = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t'}, \quad (38)$$

- де $L = 26$ – довжина смуги, що з'єднує заземлювачі, м;
- $b = 0,03$ – ширина смуги, м;
- $t' = 0,5$ – відстань від верхнього кінця заземлювача до поверхні землі, м.

Кількість заземлювачів захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [41]:

$$n = \frac{\Psi \cdot R_{\zeta}}{4 \cdot \eta_{\zeta}}, \quad (39)$$

де $\Psi = 2$ – коефіцієнт сезонності, який залежить від кліматичної зони території;

R_3 – опір заземлювача, Ом;

4 – припустимий загальний опір, Ом;

$\eta_3 = 0,4$ – коефіцієнт екранування заземлювача.

$$R_{\zeta} = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 8} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 8}{0,02} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 8}{4 \cdot 3,3 - 8} \right) = 44,4 \text{ } \hat{\Omega};$$

$$n = \frac{2 \cdot 44,4}{4 \cdot 0,4} = 56 \text{ } \phi \delta;$$

$$R_{\hat{\Omega}} = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 26} \cdot \ln \frac{2 \cdot 26^2}{0,03 \cdot 0,5} = 20,5 \text{ Ом};$$

$$R_{\zeta \hat{\Omega}} = \frac{44,4 \cdot 20,5}{20,5 \cdot 56 \cdot 0,4 + 44,4 \cdot 0,6} = 1,9 \text{ Ом}.$$

Оскільки $R_{\text{ззп}} = 1,9 \leq 4 \text{ Ом}$, то можна зробити висновок, що захисний заземлюючий пристрій зможе забезпечити електробезпеку лабораторії.

						Арк
						92
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

7.4 Заходи пожежної безпеки

В науково-дослідній лабораторії забезпечуються організаційні заходи щодо пожежної безпеки відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні, затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій від 19 жовтня 2004 року № 126, зареєстрованих в Міністерстві юстиції України 04 листопада 2004 року за № 1410/10009 (НАПБ А.01.001-2004).

Проведення інструктажу з пожежної безпеки в лабораторії покладається на осіб, відповідальних за пожежну безпеку лабораторії.

Протипожежний інструктаж складається з:

- вступного інструктажу;
- інструктажу на робочому місці – первинного і повторного;
- занять з пожежно-технічного мінімуму.

Працівники лабораторії зобов'язані знати пожежну небезпеку застосовуваних в лабораторії речовин і матеріалів та дотримуватися заходів безпеки при роботі з ними.

Вхід в приміщення лабораторії стороннім особам, безпосередньо не пов'язаних з роботою лабораторії, забороняється.

Лабораторні меблі та обладнання повинні встановлюватися так, щоб вони не перешкоджали евакуації людей.

Робочі поверхні столів, стелажів, витяжних шаф, призначених для роботи з пожежно-вибухонебезпечними рідинами та речовинами, а також із застосуванням відкритого вогню, повинні бути покриті вогнетривкими матеріалами.

Для роботи з кислотами, лугами та іншими хімічно активними речовинами шафи і столи повинні виконуватися з матеріалів, стійких до впливу, з пристроєм бортиків з негорючого матеріалу.

Приміщення лабораторії повинні бути обладнані загальнообмінною вентиляцією, а також місцевими відсмоктувачами з витяжних шаф.

						Арк
						93
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.04.01.ПЗ	

Витяжні шафи, в яких ведуть роботи, що супроводжуються виділенням горючих парів і газів, повинні бути обладнані верхніми відсмоктувачами.

Всі роботи в лабораторії, пов'язані з можливістю виділення токсичних або пожежо-вибухонебезпечних парів і газів, повинні проводитися тільки в витяжних шафах, які повинні підтримуватися в справному стані.

Користуватися витяжними шафами з розбитим склом або несправними місцевими відсмоктувачами забороняється.

Захаращувати витяжні шафи посудом, приладами і лабораторним обладнанням, не пов'язаним з відзначенням роботою, не допускається.

Легкозаймисті та горючі рідини повинні зберігатися в спеціальному вогнетривкій шафі з написом "Вогнебезпечно", а на судинах і склянках повинні бути наклеєні етикетки з назвою міститься в них речовини.

На робочому місці вогнебезпечні рідини можуть перебувати в кількостях, необхідних лише для роботи.

Скляний посуд з вогнебезпечними рідинами, кислотами, лугами та ін. їдкими речовинами дозволяється переносити тільки в спеціальних металевих або дерев'яних ящиках, викладених всередині азбестом. Для сульфатної та нітратної кислот використання дерев'яних ящиків, корзин і стружки допускається за умови їх обробки вогнезахисною сумішшю.

Лужні метали повинні зберігатися в збездвоженому посуді, ретельно закупореному.

При користуванні електроплитками, електронагрівачами з лазнями, а також ін. електроустаткуванням не можна застосовувати їх відразу ж після потрапляння на них хімічних речовин або води.

Не дозволяється застосовувати відкриті плитки в витяжних шафах, а також тримати горючі матеріали поблизу включених електронагрівальних приладів.

Забороняється йти з робочого місця і залишати без нагляду запалені пальники та ін. нагрівальні прилади.

						Арк
						94
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.04.01.ПЗ	

Категорично забороняється нагрівати на відкритому вогні, а також на електронагрівальних приладах судини, що містять низькокиплячі вогненебезпечні рідини (ацетон, бензол, ефіри, спирти та ін.).

Нагрівання вогненебезпечних низькокиплячих речовин повинно проводитися тільки в круглodonних колбах, виготовлених з тугоплавкого скла, на банях, заповнених відповідним теплоносієм.

Зливати в каналізацію вогненебезпечні рідини, а також забруднені води, що містять легкозаймисті та горючі рідини, категорично забороняється.

Мийка посуду з-під легкозаймистих і горючих рідин повинна проводитися тільки в спеціально відведеному для цих цілей приміщенні.

У приміщенні лабораторії категорично забороняється:

- мити підлогу, столи і лабораторне обладнання бензином, гасом і ін. легкозаймистими рідинами;
- зберігати ганчірки, кінці, рушники, одяг і ін. предмети, змочені легкозаймистими рідинами;
- сушити що-небудь на паропроводах і батареях парового та водяного опалення;
- залишати неприбраними розлиті ЛЗР та ЛГП.

При користуванні спиртівками необхідно дотримуватися таких правил:

- спиртівка до її запалювання повинна бути закрита ковпачком;
- запалювати спиртівку необхідно тільки сірником або лучиною, не можна запалювати спиртівку іншою палаючою спиртівкою або папером;
- гасити спиртівку необхідно за допомогою надягання на гніт ковпачка.

Не можна дуети на полум'я.

Після закінчення роботи в лабораторії особа, відповідальна за протипожежний стан приміщення зобов'язана перевірити:

- погашені чи пальника і ін. вогневі прилади та виключені електронагрівальні прилади;
- закриті пробками бутлі та банки з реактивами та ін. рідинами;

									Арк
									95
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

8 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Визначення ефективності виробництва очищеної від сульфат-іонів екстракційної фосфатної кислоти за запропонованою технологією здійснювалося за таких умов:

- витратні норми сировини, матеріалів і енергетичних ресурсів прийняті відповідно до розрахунків матеріальних і теплових балансів;
- вартість сировини і матеріалів прийняті, вихідної екстракційної фосфатної кислоти виходячи з оптових цін;
- вартість енергетичних ресурсів (вода, електроенергія, пар та ін.) прийнята відповідно до діючих у 2020 тарифів;
- основна заробітна плата, а також відрахування в соціальні фонди визначені, виходячи з норм обслуговування та тарифними ставками оплати праці за категоріями працівників;
- загальновиробничі витрати визначені за нормативами, застосовуваними при проектуванні і експлуатації підприємств основної хімічної промисловості.

Калькуляція виробництва очищеної від сульфат-іонів екстракційної фосфатної кислоти станом на 2020 р. приведена в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Калькуляція виробництва очищеної від сульфат-іонів екстракційної фосфатної кислоти за запропонованою технологією

Найменування статей витрат	Одиниця вимірювання	Витрати на одиницю продукції		
		кількість	ціна, грн.	сума, грн.
1	2	3	4	5
Сировина і основні матеріали, в т.ч.				
Апатитовий концентрат	т	2,715	2400	6516
Сульфатна кислота (100%-ва)	т	2,518	11000	27698
Карбонат стронцію	кг	3,2	700	2210
Поліакриламід	кг	0,6	84	50,4
Разом сировина і основні матеріали				36504,4

					<i>ДР.04.01.ПЗ</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Економічна частина					
<i>Розробив</i>	<i>Данильченко</i>							<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Золотарьова</i>								97	107
<i>Консультант</i>								СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм		
<i>Н.Контроль</i>										
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>									

ВИСНОВКИ

Під час виконання магістерської роботи на тему «Дослідження можливості використання сполук стронцію в процесі знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти» зроблені наступні висновки:

1. Літературний огляд та огляд патентної літератури показав, що способи знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти різноманітні, однак досягнути високого ступеня очистки можливо лише при використанні карбонату стронцію, котрий осаджує сульфат-іони в вигляді нерозчинного осаду сульфату стронцію

2. В результаті виконаних досліджень визначені оптимальні умови проведення процесу знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію, а саме:

- температура 90°C;
- надлишок реагенту 10-20% від стехіометричного;
- час перемішування після подачі реагенту 30-45 хв.

3. Встановлено, що при використанні в якості реагенту-осаджувача карбонату стронцію також відбувається додаткова очистка кислоти від фторидів. Ступінь очистки від сульфатів і фторидів становить 98,8 і 34,2% відповідно.

4. В результаті проведених досліджень встановлено, що освітлювання екстракційної фосфатної кислоти, що очищена карбонатом стронцію, відбувається зі швидкістю 0,043 м/годину при кімнатній температурі з використанням флокулянта (поліакриламід) або без поліакриламід при температурі 90°C і досягає 70%об.

5. Показана можливість одержання екстракційної фосфатної кислоти з низьким вмістом сульфат-іонів < 0,02% мас.

					<i>ДР.04.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Данильченко</i>				<i>Висновки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Золотарьова</i>						99	107
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>							

6. На підставі проведених досліджень розроблена технологія знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти (марки ТЗ) карбонатом стронцію.

7. Техніко-економічні розрахунки довели економічну доцільність запропонованих заходів: прибуток від реалізації очищеної від сульфат-іонів екстракційної фосфатної кислоти складатиме 4693,2 грн./т.

					ПД.04.01.ПЗ	Арк
						100
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		