

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 **Визначення оптимальних умов процесу конверсії сульфату стронцію, отриманого в якості відходу в процесі очистки екстракційної фосфатної кислоти від сульфат-іонів**

Виконав: здобувач вищої освіти групи ТНР-19зм

Мельник Т. С.
(прізвище, та ініціали) _____
(підпис)

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

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

Рецензент Глікiна I.M.
(прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Сєвєродонєцьк - 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

Мельник Тетяна Сергіївна

1. Тема роботи :

Визначення оптимальних умов процесу конверсії сульфату стронцію, отриманого в якості відходу в процесі очистки екстракційної фосфатної кислоти від сульфат-іонів

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. Схеми експериментальної установки (1 лист).

2. Експериментальні дані (1 лист).
 3. Технологічна схема (1 лист).
 4. Матеріальний баланс (1 лист).
 5. Реактор. Вид загальний (1 лист).
 6. Техніко-економічні показники (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

(підпис)

_____ Мельник Т.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

_____ Золотарьова О.В.

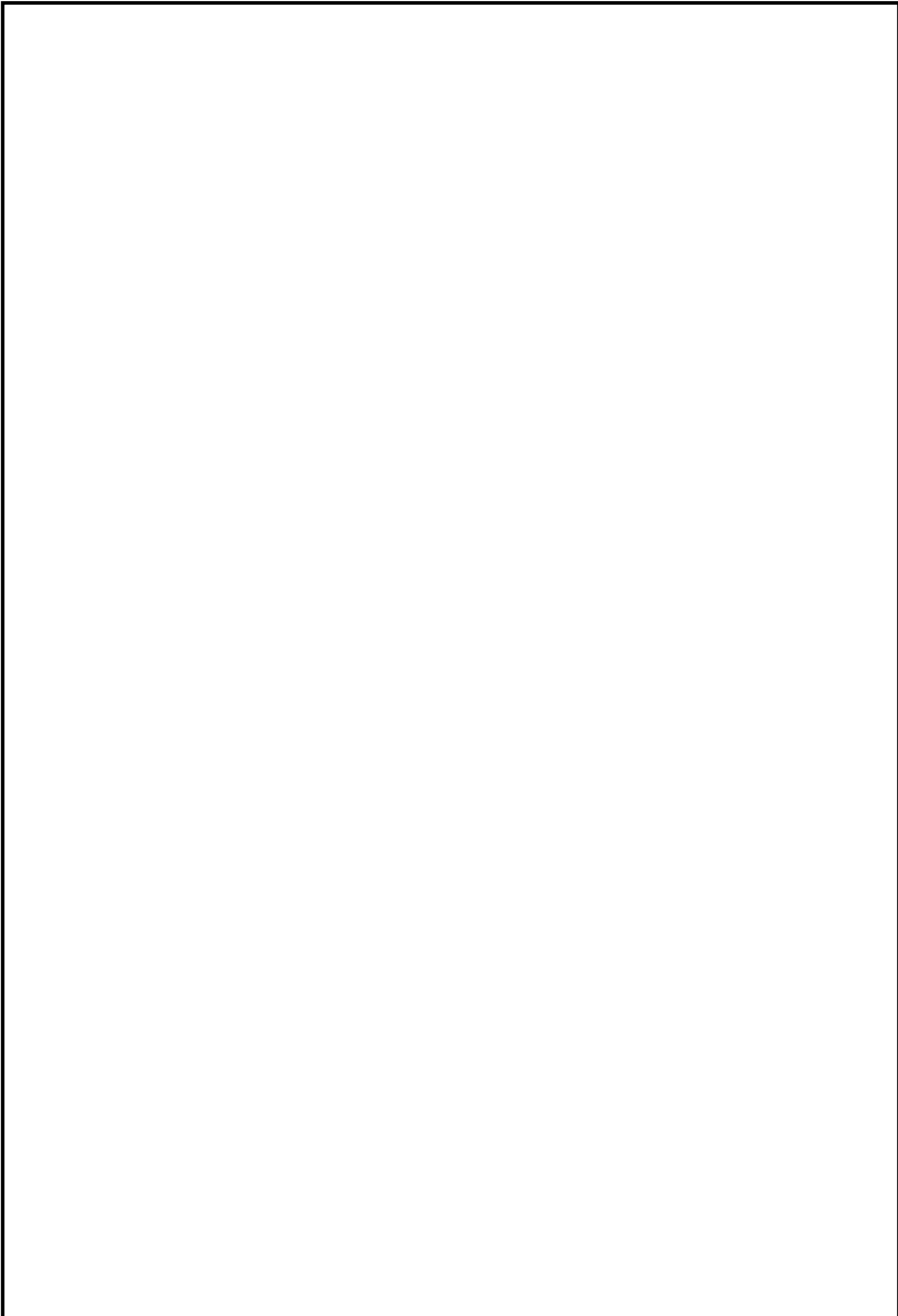
(прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ		8
1 Аналітичний огляд		11
2 Обґрунтування вибраного напрямку роботи		15
3 Теоретична частина		16
3.1 Фізико-хімічні властивості речовин, що використовуються в роботі		16
3.2 Теоретичні основи конверсії сульфату стронцію в карбонат стронцію		18
4 Експериментальна частина		20
4.1 Мета експерименту		20
4.2 Методика експерименту та опис експериментальної установки		20
4.2.1 Методика проведення конверсії сульфату стронцію в карбонат		20
4.2.2 Методика визначення можливості використання конвертованого карбонату стронцію для очищення екстракційної фосфатної кислоти та збільшення кількості можливих циклів конверсії		21
4.3 Методика аналізів		23
4.3.1 Методика визначення масової частки п'ятиоксиду фосфору в екстракційній фосфатній кислоті		24
4.3.2 Методика визначення вмісту фтору в екстракційній фосфатній кислоті		28
4.3.3 Методика визначення масової частки сульфат-іонів в екстракційній фосфатній кислоті		33
4.4 Результати експерименту та їх обговорення		35

					<i>ДР.06.01.ПЗ</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розробив</i>		<i>Мельник</i>			<i>Зміст</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Керівник.</i>		<i>Золотарьова</i>				6	90		
<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>							

4.5	Висновки	40
5	Прикладна частина	42
5.1	Рекомендації з промислової реалізації результатів експерименту	42
5.2	Опис рекомендованої технологічної схеми процесу	42
5.3	Матеріальний і тепловий розрахунок	45
5.3.1	Розрахунок матеріального балансу стадії конверсії сульфату стронцію	45
5.3.2	Розрахунок теплового балансу стадії конверсії сульфату стронцію	47
5.4	Вибір і розрахунок основного апарату	49
5.4.1	Механічний розрахунок реактора	50
6	Екологія та охорона навколишнього середовища	53
7	Охорона праці	58
7.1	Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, вибухо- і пожежонебезпечність речовин, що використовуються та одержуються в виробництві	61
7.2	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори на виробництві	64
7.3	Заходи щодо запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів	65
7.3.1	Розрахунок вентиляції науково-дослідної лабораторії	65
7.3.2	Розрахунок опалення науково-дослідної лабораторії	67
7.3.3	Розрахунок освітлення науково-дослідної лабораторії	68
7.3.4	Розрахунок заземлення науково-дослідної лабораторії	71
7.4	Пожежна безпека	73
8	Економічна частина	79
	Висновки	84
	Анотація	86
	Список використаної літератури	88



					ДР.06.01.ПЗ	Арк
						8
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

В наш час фосфатна кислота має широке застосування. Вона використовується в багатьох галузях промисловості, а також в медицині, машинобудуванні. Але основним її споживачем є сільське господарство. Фосфатна кислота служить сировиною для отримання концентрованих односторонніх і складних добрив. На основі фосфатної кислоти виробляють подвійний суперфосфат, кормовий монокальційфосфат, дикальційфосфат, амофос, діамонійфосфат, нітроамофос. Вона є каталізатором в процесах дегідратування, полімеризації та алкілування вуглеводнів. Харчова фосфатна кислота з успіхом використовується в виробництві безалкогольних напоїв, фруктових соків, дріжджів і ін. Солі фосфатної кислоти широко застосовують у багатьох галузях промисловості (цукровій, харчовій, текстильній, скляній, керамічній), в будівництві, різних галузях техніки, в побуті для захисту від радіації та корозії, для очищення та пом'якшення води, а також для виготовлення синтетичних мийних засобів.

Фосфатну кислоту одержують із природних фосфатів двома методами – електротермічним (ТФК) і екстракційним (ЕФК). Електротермічний спосіб заснований на високотемпературному відновленні елементарного фосфору з природних фосфатів із наступним його окислюванням і гідратацією отриманого фосфорного ангідриду в фосфатну кислоту; екстракційний спосіб – на розкладанні природних фосфатів сильними кислотами, найчастіше сульфатною. Екстракційна неупарена фосфатна кислота містить 19-42%мас. P_2O_5 і забруднена домішками, вміст яких залежить від складу вихідної сировини. Сумарний вміст домішок у екстракційній фосфатній кислоті складає до 15 %мас. Основною з них є іони фтору, сульфат-іони, катіони заліза, алюмінію, кальцію, магнію, натрію, калію. Домішки в екстракційній фосфатній кислоті значно впливають на її фізичні та експлуатаційні

					<i>ДР.06.01.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>Мельник</i>					8	90
<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>		

властивості. Термічна фосфатна кислота відрізняється від екстракційної фосфатної кислоти більш високою концентрацією та чистотою, вона містить 53-65 P_2O_5 (73-90%мас. H_3PO_4).

На сьогоднішній день економічно найбільш вигідним є екстракційний спосіб виробництва фосфатної кислоти. Це пов'язано з меншим його питомим енерговикористанням, порівняно з електротермічним способом (до 200 кВт · годину на 1 т P_2O_5 проти 7500 кВт · годину), і простою можливістю очистки кінцевого продукту – H_3PO_4 .

Питання знесульфачування має вагомим значення в технології кислотної переробки фосфатної сировини на добрива. Мова йде перш за все про сульфат кальцію, який після кислотної переробки апатиту до фосфатної кислоти та відділення утвореного фосфогіпсу фільтрацією залишається в неконцентрованій екстракційній фосфатній кислоті в розчиненому вигляді.

При концентруванні екстракційної фосфатної кислоти розчинність сульфату кальцію падає й в інтервалах вмісту P_2O_5 ~ 40-44%мас. практично весь $CaSO_4$ випадає в осад, викликаючи інкрустацію та забивання гріючого обладнання та перешкоджаючи подальшому здійсненню технологічних операцій. У зв'язку з цим, в даний час практично всі заводи галузі, що випускають концентровані добрива, ведуть процеси з проміжним освітленням. При цьому практично весь сульфат кальцію, а разом з ним і солі заліза та алюмінію відокремлюються з екстракційної фосфатної кислоти. Серед методів освітлення екстракційної фосфатної кислоти найбільш ефективним є відділення твердих осадів в швидкісних тонкошарових відстійниках в присутності інтенсифікуючого коагулянту.

Глибоке знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти (вміст сульфат-іонів не більше 0,02%мас.) необхідне в випадку одержання з неї харчових і технічних фосфорних солей. Цього показника можна досягти тільки осадженням сполуками лужноземельних металів.

					ДР.06.01.ПЗ	Арк
						9
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Використання в якості осаджувача апатиту недостатньо ефективно для тонкого очищення, оскільки дозволяє отримувати екстракційну фосфатну кислоту, що містить 52-57%мас. P_2O_5 із залишковим вмістом фторид-іону $\sim 0,15-0,5$ %мас.

Застосування солей барію пов'язано з небезпекою, обумовленою токсичністю розчинних сполук барію, а також із-за утворення дрібнодисперсних, погано осаджуваних частинок $BaSO_4$, що вимагають для відділення фаз використання центрифуг.

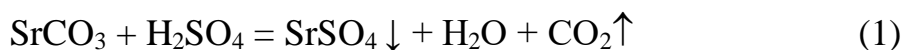
Найбільш перспективним способом очистки екстракційної фосфатної кислоти від сульфат-іонів є використання в якості осаджувача солей стронцію, а саме карбонату стронцію, що дає в кінцевому результаті глибоке очищення з залишковим вмістом $SO_4^{2-} < 0,02\%$ [1].

У зв'язку з високою вартістю карбонату стронцію (700 грн./кг) раціональним рішенням є здійснення конверсії сульфату стронцію, що утворюється в якості відходу, в карбонат стронцію для подальшого його використання в процесі очищення екстракційної фосфатної кислоти.

					ДР.06.01.ПЗ	Арк
						10
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

В процесі очищення екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію в результаті хімічної реакції, що протікає за формулою (1), випадає осад сульфату стронцію



З огляду на високу вартість карбонату стронцію економічно доцільним буде проведення конверсії утвореного сульфату стронцію в карбонат стронцію для його наступного використання в процесі очищення екстракційної фосфатної кислоти.

Відомо, що конверсію сульфату стронцію в карбонат проводять при добуванні стронцію з целестинових руд. З усіх мінералів стронцію целестин (SrSO_4) і стронціаніт (SrCO_3) мають промислове значення.

Для вилучення стронцію з целестинових руд їх попередньо піддають збагаченню механічними, хімічними або комбінованими методами з метою отримання високоякісного концентрату. Вміст SrSO_4 в концентраті має становити не менше 85%мас. [2, 3]. Далі з концентратів шляхом хімічної переробки отримують кінцеві солі стронцію – карбонати, нітрати та ін. [4].

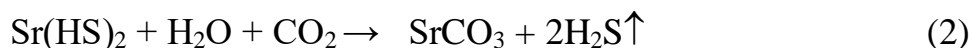
Основними промисловими способами переробки целестинового концентрату є карботермічний і содовий.

Карботермічним спосіб заснований на переведенні сульфату стронцію в розчинний у воді сульфід шляхом нагрівання з вугіллям при 1100°C з подальшим вилуговуванням його та одержанням з розчину солей стронцію [5].

Для отримання гідроксиду стронцію сульфід обробляють гарячою водою, при цьому відбувається гідроліз сульфиду. При охолодженні з розчину випадає гідроксид, який відокремлюють центрифугуванням. А з розчину шляхом обмінної реакції можна виділити різні солі стронцію. Для виділення

					<i>ДР.06.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Мельник</i>			<i>Аналітичний огляд</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Золотарьова</i>					11	90
<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>						

карбонату стронцію через гідросульфідні розчин пропускають вуглекислий газ за реакцією (2).



Виділення стронцію складає 80-85%. Недоліком цього способу є токсичність утворених газів сірководню. Утворений сірководень перероблюється в сульфатну кислоту або елементарну сірку.

Содовий спосіб розкриття целестину заснований на взаємодії сульфату стронцію та вуглекислого натрію за реакцією (3) при температурі 56-100°C



Утворений карбонат стронцію відфільтровують і промивають гарячою водою до видалення сульфат-іонів і розчиняють в нітратній кислоті. З розчину осаджують гідроксиди заліза та алюмінію дією гідроксиду амонію. Розчин упарюють до на 80%, сполуку стронцію, що випадає в осад, відокремлюють від маточного розчину. Виділення стронцію в цьому випадку складає 80%. Недоліком способу є більш висока вартість соди (у порівнянні з вугіллям) та утворення сульфату натрію, що вимагає переробки в більш цінний продукт.

В роботі [6] карбонат стронцію отримували з руди (целестину) трьома способами: суміш подрібненої руди нагрівали з великим надлишком карбонату амонію (вихід карбонату стронцію – 50%), подрібнену руду витравлюють гарячим розчином карбонату натрію (вихід карбонату стронцію – 60%), сплавили з сухим карбонатом натрію при 950°C.

Процеси збагачення целестинової руди пов'язані з високими капітальними вкладеннями, застосуванням енергоємного обладнання, великою кількістю обслуговуючого персоналу та ін. Однак головним недоліком використовуваних методів збагачення руди є багатостадійність технологічних процесів, а звідси й великі втрати целестину.

									Арк
									12
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

З метою виділення стронцію в вигляді солей безпосередньо з вихідної руди (з високим ступенем його виділення минаючи стадії збагачення руди), розроблений новий спосіб переробки целестинових руд [7].

Технологія заснована на конверсії целестину безпосередньо в вихідній руді содовим способом з подальшим вилуговуванням стронцію шляхом селективного розкладання свіжоутвореного SrCO_3 розчином азотної кислоти. При цьому основна маса порожньої породи, що представляє собою доломітові вапняки, залишається у вигляді твердого осаду. З азотнокислої витяжки після очищення від магнію та кальцію виділяють стронцій у вигляді карбонатної солі за допомогою соди.

Конверсію здійснювали в наступних умовах: температура 90°C ; $\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{SrSO}_4 = 1,2 : 1$; час – 45 хвилин. Ступінь карбонізації целестину навіть на фоні значного вмісту порожньої породи досягає 95%.

У табл. 1.1 представлені основні показники процесів виділення стронцію з целестинової руди.

Таблиця 1.1 – Основні показники виділення стронцію з целестинової руди в виробничих умовах (ступінь виділення стронцію з руди – 84,5%)

Продукт	Сольовий склад, %мас.					Ступінь виділення, %		
	MgCO ₃	CaCO ₃	SrCO ₃	CaSO ₄		Mg	Ca	Sr
Вихідна целестинова руда	35,18	41,72	–	0,86	21,86	–	–	–
Продукт конверсії	36,86	44,38	17,26	–	1,31	100	100	93,95
Кінцевий продукт	–	3,63	96,37	–	–	–	99,07	99,90

Фізико-хімічні основи процесу розкладання целестину були глибоко вивчені в роботі [8].

Автором роботи встановлено, що на швидкість і час переходу сульфату стронцію в карбонат впливають: надлишок соди, нагрівання та перемішування. Концентрація содового розчину не має значення. При молекулярному співвідношенні $\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{SrSO}_4 = 1 : 1$ реакція не протікає до кінця. Якщо надлишок Na_2CO_3 становить 1,2-1,25, то сульфат стронцію повністю переходить в карбонат.

					ДР.06.01.ПЗ	Арк
						14
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ

Під час очищення екстракційної фосфатної кислоти від сульфат-іонів карбонатом стронцію в якості відходу утворюється осад сульфату стронцію. Оскільки карбонат стронцію – достатньо коштовний реагент, то економічно доцільним є проведення конверсії утвореного сульфату стронцію в карбонат з його подальшим повторним використанням.

Аналіз робіт, розглянутих в літературному огляді, показує можливість і доцільність проведення конверсії сульфату стронцію, отриманого в процесі очищення екстракційної фосфатної кислоти, в карбонат стронцію. У зв'язку з цим актуальним завданням роботи є:

- дослідження процесу конверсії осаду сульфату стронцію, отриманого в процесі очищення, в карбонат, а також визначення оптимальних умов проведення процесу;
- визначення можливості повторного використання конвертованого карбонату стронцію для очищення екстракційної фосфатної кислоти.

					<i>ДР.06.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Мельник</i>			<i>Обґрунтування вибраного напрямку роботи</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник.</i>		<i>Золотарьова</i>					15	90
<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>						

3 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Фізико-хімічні властивості речовин, що використовуються в роботі

Безводна ортофосфатна кислота являє собою світлі прозорі гігроскопічні кристали, котрі за кімнатної температури розпливаються на повітрі. Розплав фосфатної кислоти легко переохолоджується (температура плавлення – 315,6 К). У переохолодженому стані (288 К) вона являє собою густу маслянисту рідину, з якої при охолодженні можна виділити кристалічний продукт. У багатьох випадках кристалізація відбувається тільки при внесенні затравки. Рідка фосфатна кислота має густину 1,874 г/см³ при 25°C, вона кипить при 261°C. В'язкість її різко зменшується з підвищенням температури – від 263 спз при 20°C до 4,7 спз при 180°C.

В присутності невеликої кількості води температура плавлення кислоти знижується і кристалізація її сповільнюється. Вона набирає швидкості при утворенні напівгідрату $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$, що плавиться при 302,4 К, теплота плавлення 107,3 кДж/кг.

Фосфатна кислота утворює водні розчини будь-якої концентрації [9].

Карбонат стронцію (стронцієва сіль вугільної кислоти, вуглекислий стронцій, SrCO_3) є безбарвними кристалами, що погано розчиняються в воді ($2 \cdot 10^{-3}$ г в 100 мл H_2O при 25°C). Існують такі модифікації карбонату стронцію: до температури 925°C – α -модифікація, що має ромбічну кристалічну решітку типу арагоніту; вище температури 925°C існує стійка гексагональна β -модифікація, яка має кристалічну решітку типу кальциту; при температурі вище 1416°C та тиску 2 МПа утворюється γ – модифікація, яка має кубічну сингонію.

					<i>ДР.06.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Мельник</i>				<i>Теоретична частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Золотарьова</i>						16	90
<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>							

Реагує з розбавленими соляною, азотною та оцтовою кислотами з утворенням відповідних солей. При нагріванні вище 1350°C розкладається з утворенням оксиду стронцію та вуглекислого газу.

Фізичні властивості: стан – твердий; щільність – 3,785 г/см³; молярна маса – 147,63 г/моль.

Термічні властивості: ентальпія утворення – -1226,6 кДж/моль; температура плавлення – 1494°C; молярна теплоємність – 82,42 Дж/моль·К; температура розкладання – 1350°C [10].

Карбонат натрію (натрієва сіль вугільної кислоти, вуглекислий натрій, Na₂CO₃) в безводному стані – це безбарвний кристалічний порошок; до 350°C існує α-модифікація, в інтервалі 350-479°C – β-модифікація з моноклінною решіткою, а вище 479°C – гексагональна γ – модифікація. Розчинність 21,8 г в 100 мл H₂O при 20°C. При температурі нижче 32°C із водних розчинів кристалізується декагідрат Na₂CO₃·10H₂O, в інтервалі 32-35°C – гексагідрат Na₂CO₃·7H₂O, вище 35°C – моногідрат Na₂CO₃·H₂O, а вище 112,5°C – безводна сіль Na₂CO₃.

Фізичні властивості: стан – твердий; щільність – 2,530 г/см³; молярна маса – 105,99 г/моль.

Термічні властивості: ентальпія утворення – -1131 кДж/моль; температура плавлення – 852°C; температура кипіння – 1600°C; молярна теплоємність – 109,2 Дж/моль·К;

Розчини карбонату натрію в воді мають сильно лужну реакцію. В більшості органічних розчинників не розчинний. При зберіганні на повітрі карбонат натрію поглинає CO₂ та злежується.

Карбонат калію (калієва сіль вугільної кислоти, вуглекислий натрій, K₂CO₃) – це біла кристалічна речовина, добре розчинна в воді. Розчинність 110,5 г в 100 мл H₂O при 20°C. Утворює кристалогідрат складу K₂CO₃·H₂O.

									Арк
									17
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

Фізичні властивості: стан – твердий; щільність – 2,290 г/см³; молярна маса – 138,205 г/моль.

Термічні властивості: ентальпія утворення – - 1146,1 кДж/моль; температура плавлення – 891°C; молярна теплоємність – 115,7 Дж/моль·К [11].

3.2 Теоретичні основи очистки конверсії сульфату стронцію в карбонат стронцію

В процесі очищенні екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію утворюється осад сульфату стронцію, що є відходом. Зважаючи на високу вартість вихідного SrCO₃ є доцільним опрацювання питання про можливість конверсії сульфату стронцію в карбонат з метою його повторного використання.

З літературних джерел [2-7] відомо, що карбонат стронцію одержують з сульфату стронцію шляхом обробки його розчинами карбонатів натрію або амонію, або спіканням з карбонатом натрію.

В даній науковій роботі розглядається процес конверсії сульфату стронцію в карбонат шляхом обробки його розчинами карбонатів калію та натрію.

В роботі [8] вказується на те, що концентрація вихідного розчину карбонату не впливає на швидкість переходу сульфату стронцію в карбонат. Суттєву роль в цьому процесі відіграють надлишок карбонату, температура та перемішування.

У разі використання карбонату калію насичений розчин містить 1100 г/л K₂CO₃ і в процесі конверсії утворюється густа малорухлива пульпа. Для підтримування співвідношення Р : Т в кінцевій пульпи, що дорівнює (1,75 - 5) : 1, готували 35%-вий вихідний розчин карбонату калію.

Згідно з правилом Гіббса, рівновагу буде досягнуто тоді, коли n речовин знаходяться в (n + 1) фазах. У нашому випадку ми маємо справу з насиченими

									Арк
									18
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

розчинами, і це є умовою досягнення рівноваги (на дні судини завжди є тверда фаза). Розчини насичені двома солями, що мають різні основи та кислоти. У цьому випадку буде проходити обмінна реакція і утворюються чотириречовини: вода та три солі. Четверта сіль утворюється з двох інших. У тверду фазу виділяється карбонат стронцію, оскільки його добуток розчинності становить меншу величину $PP_{SrCO_3} = 1,6 \cdot 10^{-9}$, в той час як $PP_{SrSO_4} = 2,8 \cdot 10^{-7}$.

Було вивчено вплив на процес конверсії: температури, тривалості реакції в залежності від хімічного складу використовуваного карбонату. Дослідження проводилися в температурному інтервалі 50-100°C з використанням карбонатів натрію і калію та тривалості конверсії 1-4 години.

При 100°C гетерогенна система інтенсивно кипить, що забезпечує добре перемішування та контакт фаз. Конверсія протікає за реакцією (4) та рН суміші 11-12:



де Me – Na або K.

Кількісне співвідношення $Me_2CO_3 : SrSO_4 = 1 : 1$, P : T = 5 : 1. Після закінчення необхідного часу тверда фаза фільтрується від маточного розчину, промивається водою в співвідношення P : T = 1 : 1 і ацетоном.

						Арк
						19
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.06.01.ПЗ	

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1 Мета експерименту

Згідно з темою дипломної роботи метою експериментів є:

- дослідження процесу конверсії осаду сульфату стронцію, отриманого в процесі очищення, в карбонат, а також визначення оптимальних умов проведення процесу;
- визначення можливості повторного використання конвертованого карбонату стронцію для очищення екстракційної фосфатної кислоти.

4.2 Методика експерименту та опис експериментальної установки

4.2.1 Методика проведення конверсії сульфату стронцію в карбонат

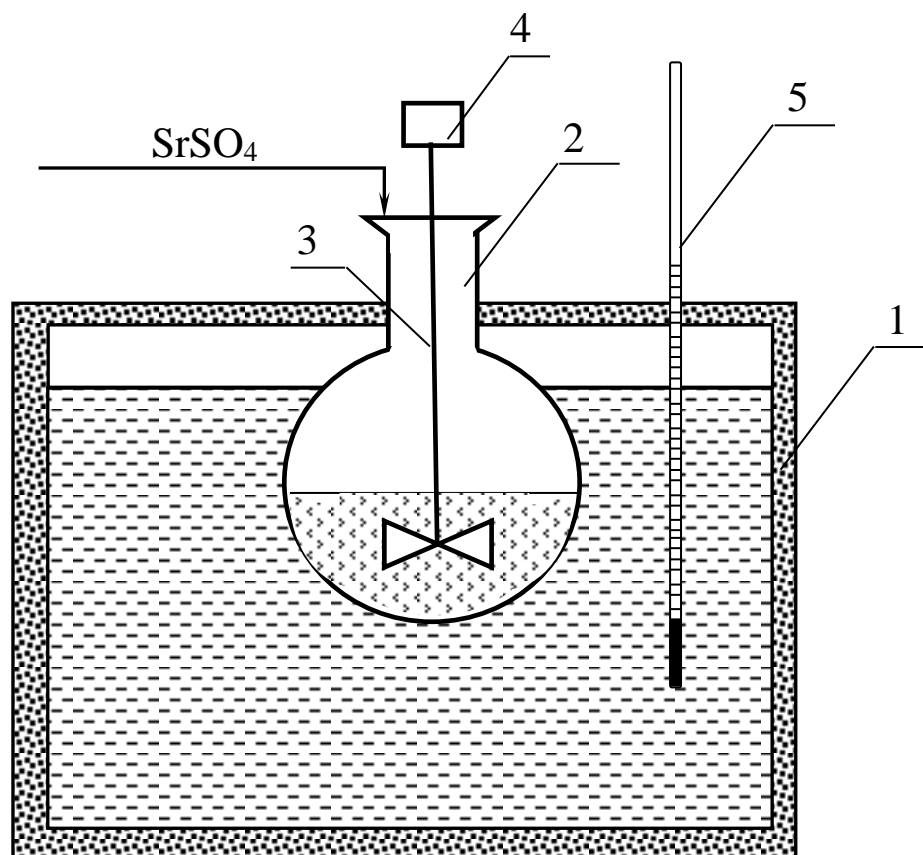
При проведенні досліджень процесу конверсії був використаний сульфат стронцію марки "ч.д.а", що містить не менше 99%мас. основної речовини.

Конверсію з використанням карбонатів калію та натрію при 50-90°C проводили на експериментальній установці (рис. 4.1), що складається з термостата (поз.1), круглодонної колби (поз. 2) ємністю 1 літр, забезпеченої лопатевою скляною мішалкою (поз. 3) і її приводу (поз.4).

Хід проведення експерименту полягав в наступному: спочатку готували насичений розчин карбонату калію або натрію при температурі 20-22°C. Нагрівали його до температури досліду. Засипали через лійку в колбу розрахункову кількість SrSO_4 в кількісному співвідношенні $\text{Me}_2\text{CO}_3 : \text{SrSO}_4 = 1 : 1$. Включали перемішуючий пристрій з частотою обертання 50 об/хв. Через кожен годину протягом чотирьох годин відбирали проби твердої фази з метою визначення кінетики зміни вмісту в ній SO_4^{2-} .

					<i>ДР.06.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Мельник</i>			<i>Експериментальна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Золотарьова</i>					20	90
<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>						

Кожну пробу відфільтровували від маточного розчину, промивали водою від сульфат-іонів в співвідношенні P : T = 1: 1 та ацетоном. Осад висушували та аналізували на вміст SO_4^{2-} ; F^- ; P_2O_5 .



1 – термостат; 2 – круглодонна колба карбонатом калію або натрію;
3 – лопатева скляна мішалка; 4 – привід мішалки; 5 – термометр

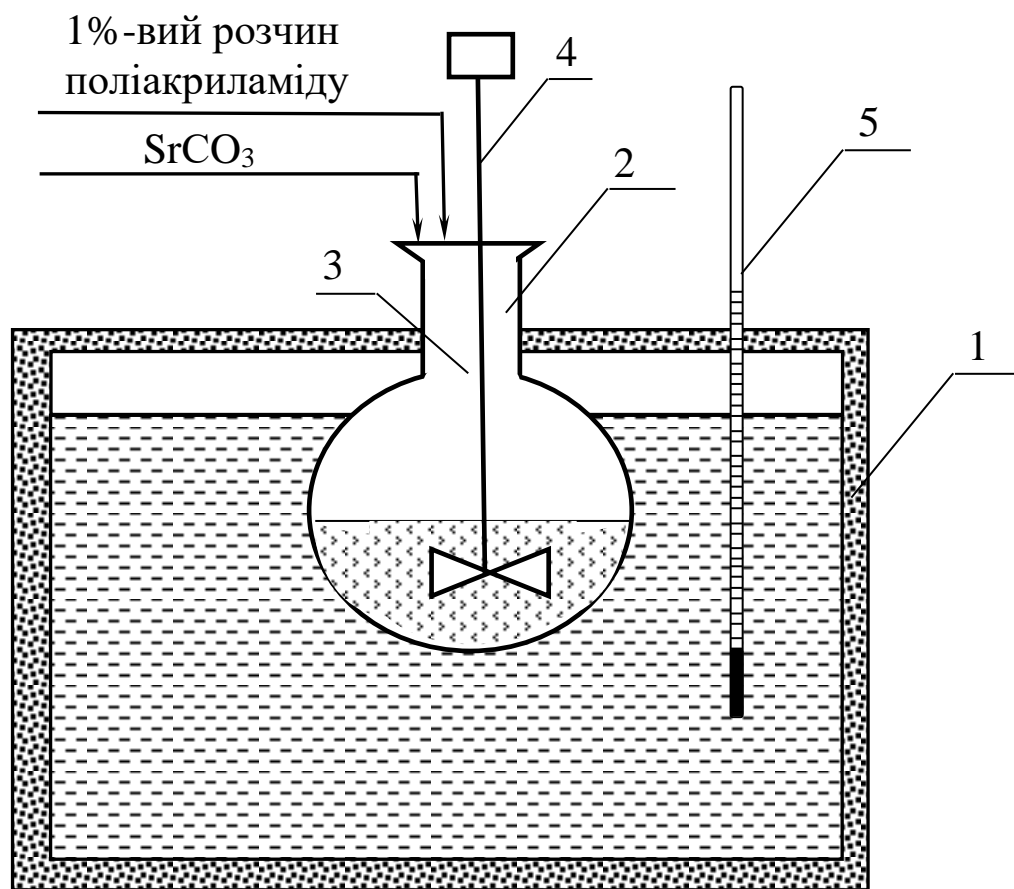
Рисунок 4.1 – Експериментальна установка проведення конверсії сульфату стронцію в карбонат

4.2.2 Методика визначення можливості використання конвертованого карбонату стронцію для очищення екстракційної фосфатної кислоти та збільшення кількості можливих циклів конверсії

В якості вихідного експериментального об'єкта в лабораторних дослідженнях використовували продукційну упарену екстракційну фосфатну

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

кислоту, що містить (% мас.): P_2O_5 – 52,22; SO_4^{2-} – 2,25; F^- – 0,60. Очищення проводили на експериментальній установці, представлений на рис. 4.2.



1 – термостат; 2 – круглодонна колба з фосфатною кислотою; 3 – лопатева скляна мішалка; 4 – привід мішалки; 5 – термометр

Рисунок 4.2 – Експериментальна установка очищення екстракційної фосфатної кислоти від сульфат-іонів

В вихідну екстракційну фосфатну кислоту, нагріту до $90^{\circ}C$, протягом 45 хв. завантажували карбонат стронцію з 20%-вим стехіометричним надлишком, необхідним для повного осадження сульфат-іонів. Суміш витримували при цій температурі 30 хв. Після цього в неї додавали 0,1%-вий розчин поліакриламід в кількості 1 мл/л. Кислоту переливали в мірний циліндр і освітлювали. Осад промивали гарячою ($50-55^{\circ}C$) водою та

висушували на повітрі. Утворений осад сульфату стронцію використовували в якості вихідної сировини для проведення конверсії.

Конверсію проводили на експериментальній установці, що представлена на рис. 4.1. Використовували карбонат натрію та карбонат калію, надлишок яких становив 20% від стехіометричного при температурі 100°C. Готували 20%-вий розчин карбонату, наливали в колбу та нагрівали до температури досліду. Потім через лійку засипали розрахункову кількість сульфату стронцію, включали перемішуючий пристрій з частотою обертання 50 об/хв. і витримували протягом 2 годин. Після закінчення досліду пульпу відфільтровували, осад карбонату стронцію відмивали гарячою водою (50-55°C) і висушували на повітрі.

Карбонат стронцію після першої конверсії використовували для очищення наступної партії екстракційної фосфатної кислоти. При цьому вважали, що склад осаду карбонату стронцію умовно відповідає початковому карбонату стронцію. Отриманий після другого циклу очищення сульфат стронцію знову конвертували в карбонат стронцію, який використовували для проведення третього циклу очищення. Розрахунок кількості осаду здійснювали умовно, приймаючи допущення, що його склад аналогічний вихідному карбонату стронцію.

4.3 Методика аналізів

В роботі застосовані сучасні хімічні та фізико-хімічні методи визначення складу вихідної сировини та отриманих продуктів.

Визначення масової частки п'ятиоксиду фосфору в екстракційній фосфатній кислоті проводили фотометричним методом. Метод полягає в одержанні забарвленого в жовтий колір фосфорнованадієвомолібденового комплексу та вимірюванні його оптичної щільності при довжині хвилі

						Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.06.01.ПЗ	

440-460 нм. Для проведення вимірювання використовували колориметр фотометричний типу КФК-2 з основною абсолютною похибкою $\pm 1\%$ [12].

Визначення вмісту фтору виконували на універсальному рН-метрі, з основною похибкою вимірювання $\pm 5,0$ мВ. Принцип визначення масової частки фтору в екстракційні фосфатній кислоті – потенціометричний, заснований на прямому вимірюванні Е.Р.С., що виникає між фторселективним електродом і електродом порівняння в фторвмісному розчині, на фоні буферного розчину, який має показник $\text{pH} = 6,0-6,5$ [13].

Вміст сульфат-іонів у вихідній кислоті визначали титриметричним методом, який заснований на титруванні сульфат-іона розчином хлориду барію в водно-ацетоновому середовищі в присутності індикатора нітхромазо при $\text{pH} = 1,7-2,0$ [14].

Склад сульфатних осадів стронцію та конвертованого карбонату стронцію визначався методом рентгенофазового аналізу з використанням фокусувальної камери-монокроматора Гін'є Fe-553 Cu- $K_{\alpha 1}$ випромінювання.

Визначення вмісту SrO в розчинах фосфатної кислоти та в осадах здійснювали атомно-абсорбційним методом, який заснований на ефекті резонансного випромінювання певної довжини хвилі вільними атомами елементу, що визначається, при проходженні цього випромінювання через атомну пару досліджуваного зразка. Для аналізу використовувався атомно-абсорбційний спектрофотометр «Квант».

Виконання вимірювання масової частки натрію та калію проводили методом полум'яної фотометрії на полум'яному спектрофотометрі «Флаво-4». Метод заснований на вимірюванні інтенсивності випромінювання натрію та калію в повітряно-пропановому полум'ї за допомогою світлофільтрів, чутливих в даній області спектру.

									Арк.
									24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

4.3.1 Методика визначення масової частки п'ятиоксиду фосфору в екстракційній фосфатній кислоті

4.3.1.1 Засоби вимірювання, допоміжні пристрої, реактиви, матеріали

Фотоелектроколориметр КФК-2 зі світлофільтром № 4; кювети з товщиною поглинаючого світло шару 10 мм; шафа сушильна електрична; ексикатор 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.

4.3.1.2 Підготовка до виконання вимірювань

Азотну кислоту розбавляють дистильованою водою у співвідношенні 1 : 2 за об'ємом.

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

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

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

									Арк.
									25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.06.01.ПЗ

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'ятиокису 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 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.

4.3.1.3 Встановлення градуювальної залежності

Для побудови градуювального графіка готують градуювальні 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,

									Арк.
									26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.06.01.ПЗ

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 і перемішують. Через 10 хв. вимірюють оптичну щільність градуювальних розчинів відносно розчину порівняння.

За отриманими даними будують градуювальний графік, відкладаючи по осі абсцис маси п'ятиокиси фосфору, що містяться в градуювальних розчинах в міліграмах, по осі ординат – відповідні їм значення оптичної щільності. Для побудови кожної точки градуйованого графіка обчислюють середньоарифметичне значення оптичної щільності результатів двох вимірювань кожного градуювального розчину. Градуювальний графік будують одночасно з проведенням випробування.

4.3.1.4 Виконання вимірювань

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, 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 градуювальними 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'ятиоксид фосфору не більше ніж на 0,5 мг.

						Арк.
					ДР.06.01.ПЗ	27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3.1.5 Обчислення результатів вимірювань

Масова частка п'ятиоксиду фосфору визначається за формулою [12]:

$$\tilde{O} = \frac{m_1 \cdot 500 \cdot 100}{V \cdot m \cdot 1000}, \quad (5)$$

- де m_1 – P_2O_5 в аналізованій пробі, обчислена за формулою (6), мг;
500 – загальний об'єм аналізованого розчину, cm^3 ;
100 – коефіцієнт перерахунку в відсотки;
 V – об'єм аналізованого розчину, взятий для випробування, cm^3 ;
 m – маса наважки, г;
1000 – коефіцієнт узгодження одиниць маси.

Маса P_2O_5 в аналізованій пробі розраховується за формулою [12]:

$$m_1 = 0,5 \cdot V_1 + 0,5(V_2 - V_1) \cdot \frac{D - D_1}{D_2 - D_1}, \quad (6)$$

- де 0,5 – масова концентрація розчину п'ятиоксиду фосфору P_2O_5 , мг cm^3 ;
 V_1, V_2 – об'єми розчину п'ятиоксиду фосфору P_2O_5 масовою концентрацією 0,5 мг/ cm^3 , взяті для приготування градуювальних розчинів, cm^3 ;
 D – оптична щільність аналізованого розчину, од. о. щ. ;
 D_1, D_2 – оптичні щільності градуювальних розчинів, од. о. щ.

4.3.2 Методика визначення вмісту фтору в екстракційній фосфатній кислоті

4.3.2.1 Засоби вимірювання, допоміжні пристрої, реактиви, матеріали

pH-метр, що працює в режимі мілівольтметра, забезпечений магнітною мішалкою; електрод вимірювальний ЕК-120101 КСРШ.418422.006 ПС; електрод допоміжний хлорсрібний ЕВЛ-1МЗ по ТУ 25.05.2181; ваги

									Арк.
									28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

аналітичні 2-го класу точності по ГОСТ 24104; ваги технічні лабораторні 4-го класу точності з межею зважування 200 г; шафа сушильна по ГОСТ 13474; колби мірні по ГОСТ 1770 об'ємом 100, 250, 1000 см³; піпетка градуювана по ГОСТ 29227 об'ємом 10, 20, 25 см³; циліндри мірні по ГОСТ 1770 об'ємом 25 см³; склянки хімічні по ГОСТ 25336 об'ємом 50, 500 см³; бюкси по ГОСТ 25336; стандартний зразок фторид-іонів; натрію хлорид по ГОСТ 4233, х.ч.; натрію ацетат по ГОСТ 199, х.ч.; натрію цитрат по ГОСТ 22280, ч.д.а.; калію хлорид по ГОСТ 4234, х.ч.; кислота оцтова по ГОСТ 61, х.ч.; вода дистильована по ГОСТ 6709.

4.3.2.2 Підготовка до виконання вимірювань

Буферний розчин (рН 5,5: 58,5 г NaCl, 0,36 г Na₃C₆H₅O₇ · 0,5H₂O і 102 г CH₃COONa · 3H₂O переносять в мірну колбу на 1000 см³, розчиняють в невеликій кількості дистильованої води та додають 14,4 см³ льодяної оцтової кислоти. Розчин перемішують і доводять дистильованою водою до мітки на колбі.

Насичений розчин хлориду калію: 60 г KCl розчиняють в 200 см³ дистильованої води при температурі 50-60°C. Після охолодження використовують розчин над осадом для заповнення допоміжного електрода.

Градувальні розчини готують зі стандартного зразка фторид-іонів. Для градувальних розчинів $1,00 \cdot 10^{-1} - 1,00 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³ похибки, обумовлені процедурою приготування, не перевищують 1%, для градувальних розчинів $6,00 \cdot 10^{-5} - 1,00 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³ – 2% відносно приписаного значення концентрації іонів фтору.

Розчин фториду натрію $1,00 \cdot 10^{-1}$ моль/дм³: готують зі стандартного зразка фторид-іонів відповідно до інструкції по його застосуванню.

						Арк.
					ДР.06.01.ПЗ	29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розчин фториду натрію $1,00 \cdot 10^{-2}$ моль/дм³ (2,0 рF): відбирають 10 см³ розчину NaF $1,00 \cdot 10^{-1}$ моль/дм³ в мірну колбу об'ємом 100 см³, доводять дистильованою водою до мітки на колбі і перемішують.

Розчин фториду натрію $1,00 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³ (3,0 рF): відбирають 10 см³ розчину NaF $1,00 \cdot 10^{-2}$ моль/дм³ в мірну колбу об'ємом 100 см³, доводять дистильованою водою до мітки на колбі і перемішують.

Розчин фториду натрію $1,00 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³ (4,0 рF): відбирають 10 см³ розчину NaF $1,00 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³ в мірну колбу об'ємом 100 см³, доводять дистильованою водою до мітки на колбі і перемішують.

Розчин фториду натрію $6,00 \cdot 10^{-5}$ (4,2 рF): відбирають 6 см³ розчину NaF $1,00 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³ в мірну колбу об'ємом 100 см³, доводять дистильованою водою до мітки на колбі і перемішують.

Розчин фториду натрію $2,00 \cdot 10^{-5}$ (4,7 рF): відбирають 20 см³ розчину NaF $1,00 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³ в мірну колбу об'ємом 100 см³, доводять дистильованою водою до мітки на колбі і перемішують.

Розчин фториду натрію $1,00 \cdot 10^{-5}$ (5,0 рF): відбирають 10 см³ розчину NaF $1,00 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³ в мірну колбу об'ємом 100 см³, доводять дистильованою водою до мітки на колбі і перемішують.

4.3.2.3 Встановлення градувальної залежності

У склянки об'ємом 50 см³ вносять по 15 см³ розчинів фториду натрію з концентрацією $1,00 \cdot 10^{-5}$; $2,00 \cdot 10^{-5}$; $6,00 \cdot 10^{-5}$; $1,00 \cdot 10^{-4}$; $1,00 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³ і додають по 15 см³ буферного розчину. Склянки встановлюють на магнітну мішалку, занурюють в розчин електроди та проводять вимірювання потенціалу в градувальних розчинах від меншої концентрації іонів фтору ($1,00 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³) до більшої ($1,00 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³). Глибина занурення електродів і швидкість перемішування повинні бути однаковими у всіх вимірах. Показання приладу записують після встановлення постійного

									Арк.
									30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.06.01.ПЗ

значення потенціалу. Час його встановлення залежить від концентрації фторид-іонів в градуювальних розчинах і становить від декількох секунд до хвилин.

Для кожної концентрації градуювального розчину проводять по три паралельних вимірювання потенціалу і за результат приймають середнє арифметичне. Градуювальну залежність будують в координатах: значення рF градуювальних розчинів (негативний логарифм концентрації іонів фтору $-\lg [F^-]$, моль/дм³) – відповідні їм значення потенціалу, мВ.

Градуювальну залежність встановлюють перед кожною серією визначень, а також при заміні вимірювального або допоміжного електродів.

4.3.2.4 Виконання вимірювань

15 см³ аналізованої проби вносять в стакан об'ємом 50 см³, доливають 15 см³ буферного розчину, перемішують і витримують 15 хв. Стакан встановлюють на магнітну мішалку, занурюють в розчин електроди, очікують встановлення рівноважного значення потенціалу і записують показання приладу.

Після закінчення вимірювання потенціалу в аналізованій пробі електроди відмивають дистильованою водою. Відмивання електродів відбувається досить швидко при триразовій заміні дистильованої води.

Температура аналізованої проби повинна бути однаковою з температурою розчинів при встановленні градуювальної залежності.

4.3.2.5 Обчислення результатів вимірювань

Значення рF в аналізованих пробах знаходять за градуювальною залежністю. Масову концентрацію фторидів (мг/дм³), розраховують за наступними співвідношеннями:

						Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.06.01.ПЗ	

$$pF = -\lg [F^-] \quad (7)$$

$$C_F = 10^{-pF}, \text{ моль/ дм}^3$$

$$C_X = 10^{-pF} \cdot 18,99 \cdot 10^3 \text{ мг/ дм}^3$$

або знаходять за табл. 4.1 для значень рF в діапазоні 4-5. Для переведення в мг/дм³ значень рF в діапазоні 3-4 збільшують табличні значення в 10 разів [13].

Таблиця 4.1 – Перерахунок значень рF в концентрацію іонів фтору

pF	C, мг/дм ³	pF	C, мг/дм ³	pF	C, мг/дм ³	pF	C, мг/дм ³
4,00	1,89	4,25	1,09	4,50	0,60	4,75	0,34
4,01	1,85	4,26	1,04	4,51	0,58	4,76	0,33
4,02	1,81	4,27	1,01	4,52	0,57	4,77	0,32
4,03	1,77	4,28	0,99	4,53	0,56	4,78	0,32
4,04	1,73	4,29	0,97	4,54	0,54	4,79	0,31
4,05	1,69	4,30	0,95	4,55	0,53	4,80	0,30
4,06	1,65	4,31	0,93	4,56	0,52	4,81	0,30
4,07	1,61	4,32	0,90	4,57	0,51	4,82	0,29
4,08	1,57	4,33	0,88	4,58	0,49	4,83	0,29
4,09	1,54	4,34	0,86	4,59	0,48	4,84	0,27
4,10	1,50	4,35	0,84	4,60	0,47	4,85	0,27
4,11	1,47	4,36	0,82	4,61	0,46	4,86	0,26
4,12	1,44	4,37	0,81	4,62	0,45	4,87	0,26
4,13	1,40	4,38	0,79	4,63	0,44	4,88	0,25
4,14	1,37	4,39	0,77	4,64	0,43	4,89	0,24
4,15	1,34	4,40	0,75	4,65	0,42	4,90	0,24
4,16	1,31	4,41	0,73	4,66	0,41	4,91	0,23
4,17	1,28	4,42	0,72	4,67	0,41	4,92	0,23
4,18	1,25	4,43	0,70	4,68	0,40	4,93	0,22
4,19	1,22	4,44	0,68	4,69	0,39	4,94	0,22
4,20	1,19	4,45	0,67	4,70	0,38	4,95	0,21
4,21	1,17	4,46	0,65	4,71	0,37	4,96	0,21
4,22	1,14	4,47	0,64	4,72	0,36	4,97	0,20
4,23	1,11	4,48	0,62	4,73	0,35	4,98	0,20
4,24	1,09	4,49	0,61	4,74			

4.3.3 Методика визначення масової частки сульфат-іонів в екстракційній фосфатній кислоті

Метод заснований на титруванні сульфат-іонів розчином хлористого барію. Іони барію зв'язують сульфат-іони, утворюючи слабозчинний осад сірчанокислого 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 сірчанокислого барію титрування проводять в водно-ацетоновому середовищі.

4.3.3.1 Засоби вимірювання, допоміжні пристрої, реактиви, матеріали

Піпетки градуйовані (ГОСТ 29227); індикатор нітхромазо; калій сірчанокислий (ГОСТ 4145); ацетон за ГОСТ 2603, ч.д.а.

4.3.3.2 Підготовка до виконання вимірювань

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.

Приготування розчину соляної кислоти молярної концентрації 1 моль/дм³. У склянку місткістю 500 см³ вносять 200 см³ дистильованої води

						Арк.
					ДР.06.01.ПЗ	33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 і 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 [14]

$$\hat{E} = \frac{10}{V}, \quad (8)$$

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 $1,00 \pm 0,03$.

4.3.3.3 Виконання вимірювань

У дві конічні колби місткістю 100 см³ вносять по 20 см³ аліквоти екстракційної фосфатної кислоти, потім в кожену колбу додають 20 см³ ацетону, дві краплі 0,2% -вого розчину індикатора нітхромазо та титрують

									Арк.
									34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

розчином хлористого барію до зміни фіолетового забарвлення на блакитне, при цьому титрування слід проводити повільно, при енергійному перемішуванні до тих пір, поки блакитне забарвлення буде зберігатися протягом 2-3 хв.

4.3.3.4 Обчислення результатів вимірювань

Масову концентрацію сульфат-іонів SO_4^{2-} (в мг/дм³) в аналізованій пробі визначають за формулою [14]

$$\tilde{O} = \frac{V_1 \cdot K_2 \cdot 96 \cdot C}{V_2}, \quad (9)$$

де V_1 – об'єм розчину хлористого барію витраченого на титрування, см³;

K – коефіцієнт поправки для приведення концентрації розчину хлористого барію до 10 ммоль/дм³;

96 – молярна маса сульфат-іону, мг/ммоль;

C – молярна концентрація розчину хлористого барію, ммоль/дм³;

V_2 – об'єм проби екстракційної фосфатної кислоти, взятої для титрування, см³ [41].

4.4 Результати експерименту та їх обговорення

В даній дипломній роботі вивчався процес конверсії сульфату стронцію в карбонат шляхом обробки його розчинами карбонатів калію та натрію.

В роботі [7] вказується на те, що концентрація вихідного розчину карбонату не впливає на швидкість переходу сульфату стронцію в карбонат.

Суттєву роль в цьому процесі відіграють:

- надлишок карбонату;
- температура;
- перемішування.

									Арк.
									35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

У разі використання карбонату калію насичений розчин містить 1100 г/л K_2CO_3 і в процесі конверсії утворюється густа малорухлива пульпа. Для підтримування співвідношення Р : Т в кінцевій пульпи, що дорівнює (1,75 - 5) : 1, готували 35%-вий вихідний розчин карбонату калію.

Під час дослідження вивчено вплив на процес конверсії: температури, тривалості реакції в залежності від хімічного складу використовуваного карбонату. Дослідження проводили в температурному інтервалі 50-100°C з використанням карбонатів натрію й калію та тривалості конверсії 1-4 години.

Усереднені результати дослідів по конверсії при 100°C наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати конверсії сульфату стронцію в карбонат при 100°C, кількісному співвідношенні $Me_2CO_3 : SrSO_4 = 1: 1$, Р : Т = 5 : 1, $\tau = 1$ година

Тип карбонату	Склад вихідного $SrSO_4$, % мас.		Концентрація SO_4^{2-} в твердій фазі після конверсії, % мас.	Ступінь конверсії, %
	SO_4^{2-}	SrO		
Na_2CO_3	51,74	55,83	4,0	92,27
K_2CO_3	51,4	55,83	9,1	82,41

pH суміші визначається лужною природою металів, що входять до складу карбонатів, і дорівнює 11-12. Як видно з табл. 4.2, при 100°C конверсія з карбонатом натрію протікає значно краще, ніж з карбонатом калію.

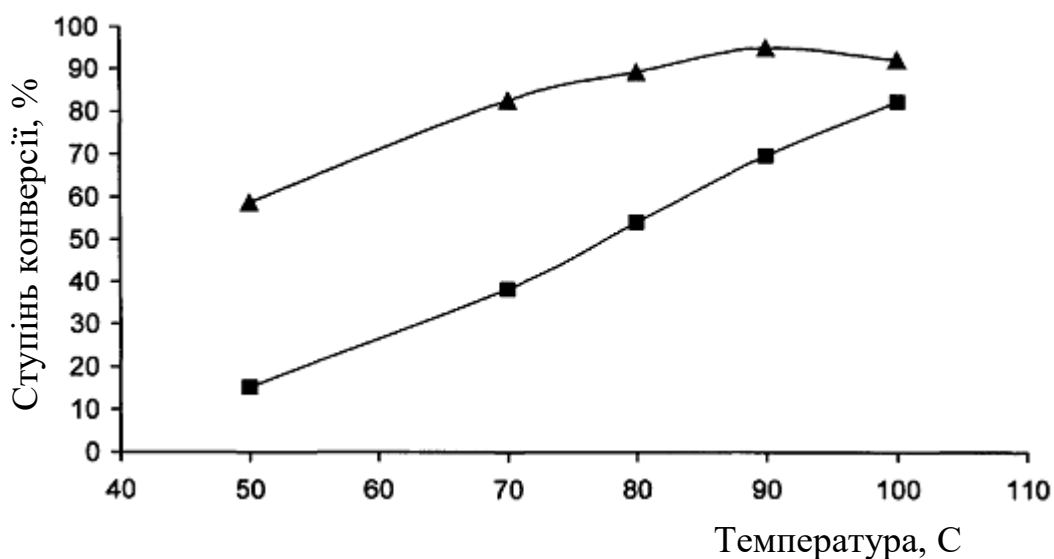
Надалі дослідження конверсії $SrSO_4 \rightarrow SrCO_3$ проводили при температурах 50-90°C. Результати конверсії при 50-90°C представлені в табл. 4.3.

Як видно з табл. 4.3, конверсія з карбонатом натрію відбувається більше повно, ніж з карбонатом калію, і істотно залежить від температури. Максимальний ступінь конверсії, як для карбонату натрію, так і для карбонату калію досягається вже через 1 годину.

На підставі експериментальних даних будувалася графічна залежність ступеня конверсії від тривалості процесу. Як видно з графіка, представленого на рис. 4.2, процес конверсії суттєво залежить від температури.

Таблиця 4.3 – Результати конверсії сульфату стронцію в карбонат при різній температурі

Температура, °С	Тип карбонату	pH	P : T	Вміст SO_4^{2-} в вихідному SrSO_4 , % мас.	Вміст SO_4^{2-} в твердій фазі після конверсії, % мас.	Ступінь конверсії, %
50	Na_2CO_3	11	3,25 : 1	51,74	21,32	58,80
	K_2CO_3	12	1,75 : 1	51,74	43,82	15,30
70	Na_2CO_3	11	3,25 : 1	51,74	8,98	82,64
	K_2CO_3	12	1,75 : 1	51,74	31,91	38,33
80	Na_2CO_3	11	3,25 : 1	51,74	5,54	89,30
	K_2CO_3	12	1,75 : 1	51,74	23,70	54,20
90	Na_2CO_3	11	3,25 : 1	51,74	2,55	95,07
	K_2CO_3	12	1,75 : 1	51,74	15,66	69,73



▲ – з використанням Na_2CO_3 ; ■ – з використанням K_2CO_3

Рисунок 4.3 – Залежність ступеня конверсії сульфату стронцію в карбонат від температури і використовуваного реагенту

При температурі 70°C з використанням карбонату натрію ступінь конверсії за 1 годину становить близько 83%, а при 90°C за той же час –

близько 95%, Таким чином, при збільшенні температури на 20°C збільшення ступеня конверсії склало близько 12%. З використанням карбонату калію при 90°C ступінь конверсії на 25% вище, ніж при 70 °C (38,3% і 69,7% відповідно). Таким чином, нами встановлено, що найкращими з досліджених умов конверсії при кількісному співвідношенні $\text{Me}_2\text{CO}_3 : \text{SrSO}_4 = 1 : 1$, $\text{P} : \text{T} = 3,25 : 1$ є: температура – 90°C, час – 1 година, промивання осаду в співвідношенні $\text{P} : \text{T} = 1 : 1$.

Для підтвердження результатів досліджень з використанням карбонату натрію була проведена конверсія осаду, що одержаний в процесі очищення екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію і має наступний склад (% мас): SrSO_4 – 94,07, F – 0,51, P_2O_5 – 1,57.

Результати конверсії представлені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Усереднений склад твердої фази до і після конверсії при 90°C і тривалості – 1 година

Компонент	Вміст компонентів в твердій фазі, %мас		
	SrSO_4	SrCO_3 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{SrSO}_4 = 1 : 1$, $\text{P} : \text{T} = 3,25 : 1$)	SrCO_3 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{SrSO}_4 = 1,2 : 1$, $\text{P} : \text{T} = 3,9 : 1$)
SrSO_4	94,07	9,16	3,97
F ⁻	0,51	0,45	0,42
P_2O_5	1,57	1,3	1,13
Ступінь конверсії, %		87,9	94,8

Ступінь конверсії склав 89,7%, що менше передбачуваного (95%) за результатами конверсії з реактивним сульфату стронцію. Це відбувається внаслідок того, що в реальному осаді містяться домішки, з якими реагує карбонат натрію. Для досягнення задовільного ступеня конверсії були проведені дослід з надлишком карбонату натрію по відношенню до стехіометричного. Результати дослідів з 20%-вим надлишком карбонату натрію представлені в табл. 4.4.

З табл. 4.4 видно, що при співвідношенні $\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{SrSO}_4 = 1,2 : 1$, температурі 90°C і $P : T = 3,9 : 1$ за 1 годину досягається ступінь конверсії $\sim 95\%$.

В результаті проведених експериментів встановлена можливість проведення конверсії як реактивного, так і одержаного в результаті очищення екстракційної фосфатної кислоти, сульфату стронцію в карбонат.

Наступна серія експериментів була спрямована на визначення можливості використання конвертованого карбонату стронцію для очищення екстракційної фосфатної кислоти та збільшення кількості можливих циклів конверсії. Результати експериментів представлені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Склад очищених фосфатних кислот (%мас.)

Найменування компонента	При очищенні карбонатом стронцію марки «ч.д.а»	При очищенні карбонатом стронцію після першої конверсії з використанням		При очищенні карбонатом стронцію після другої конверсії з використанням	
		Na_2CO_3	K_2CO_3	Na_2CO_3	K_2CO_3
P_2O_5	54,38	53,95	54,01	52,89	52,92
SO_4^{2-}	0,015	0,019	0,018	0,057	0,058
F^-	0,22	0,25	0,23	0,52	0,49

Як видно з табл. 4.5, вміст P_2O_5 , SO_4^{2-} , F в очищеній екстракційній фосфатній кислоті після використання свіжого карбонату стронцію та карбонату стронцію після першої конверсії розрізняються незначно. Однак у разі використання карбонату стронцію після другої конверсії зниження вмісту сульфат-іонів в екстракційній фосфатній кислоті виявилось менш значним.

Вміст CaO (у вигляді CaCO_3) в карбонаті стронцію так само, як і CaO (у вигляді CaSO_4) в структурі осаду SrSO_4 після першого осадження SrSO_4 не перевищує 2%мас. Підвищений вміст фтору на 0,3-0,5%мас. в сульфатному осаді може свідчити про співкристалізацію фторидів стронцію та кальцію в незначних кількостях.

Використання SrSO_4 втретє (тобто після другої конверсії) призводить до істотного зниження – майже на 1% P_2O_5 в рідкій фазі, що пояснюється

ізоморфним захопленням P_2O_5 у вигляді іона HPO_4^{2-} з осадом $SrSO_4$ і $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$.

Значне підвищення концентрації Ca, F, P_2O_5 після третього осадження негативно позначається як на конверсії в карбонат стронцію, так і на його подальше використання. Двічі конвертований карбонат стронцію містить значні кількості карбонатів і фосфатів кальцію, а також фторидів кальцію та стронцію, що знижує загальну концентрацію й активність стронцію в процесі очищення екстракційної фосфатної кислоти.

Були проведені експерименти з обробки екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію після другого циклу очищення з додаванням в нього 20% свіжого $SrCO_3$ марки «ч.д.а.». Вміст сульфат-іонів в кислоті в цьому випадку знижується до рівня 0,05 - 0,07%мас.

Як видно з табл. 4.5, використання карбонату калію замість карбонату натрію призводить до аналогічних результатів за якістю очищення екстракційної фосфатної кислоти. Незважаючи на дещо вищу вартість (~ в 1,5 рази) карбонату калію в порівнянні з карбонатом натрію, його використання можна вважати переважним, оскільки утворений сульфат калію є більш корисним продуктом. Сульфат калію може бути використаний у виробництві калійвмісних, в тому числі фосфорних добрив.

4.5 Висновки

1. В ході проведених досліджень встановлена можливість проведення конверсії сульфату стронцію – відходу від очищення екстракційної фосфатної кислоти – в карбонат. Показано, що на процес конверсії сульфату стронцію в карбонат впливають: температура, тривалість процесу, тип карбонату для конверсії. За результатами дослідження слід вважати кращими умовами: температура – $90^{\circ}C$, час – 1 година, при кількісному співвідношенні Na_2CO_3 :

									Арк.
									40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.06.01.ПЗ

$\text{SrSO}_4 = 1,2: 1$ і $\text{P} : \text{T} = 3,9: 1$. Показано, що в цих умовах досягається високий ступінь конверсії – 95%.

2. Встановлено, що при 100°C ступінь конверсії карбонатом калію та карбонатом натрію відрізняються незначно. Відзначено, що при проведенні конверсії сульфату стронцію в карбонат з використанням карбонату калію необхідно готувати 35%-вий розчин, який не є насиченим. Це викликано утворенням в разі застосування насиченого розчину густої нерухомої пульпи в процесі конверсії.

3. Встановлено, що при очищенні екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію, одержаним в процесі конверсії сульфату стронцію в карбонат, можливо зниження концентрації сульфат-іонів до 0,02% мас. Дане значення знаходиться на рівні результатів, отриманих при використанні карбонату стронцію марки «ч.д.а.», що дозволяє рекомендувати зазначений метод в практичних цілях доочистки екстракційної фосфатної кислоти.

4. Використання карбонату стронцію після другої конверсії недоцільно через зниження його хімічної активності, його рецикл можливий при введенні 20% свіжого карбонату стронцію.

5. В якості конвертуючого реагенту $\text{SrSO}_4 \rightarrow \text{SrCO}_3$ можна використовувати K_2CO_3 . Утворений сульфат калію може бути використаний у виробництві калійвмісних складних добрив.

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

5 ПРИКЛАДНА ЧАСТИНА

5.1 Рекомендації з промислової реалізації результатів експерименту

На підставі проведених досліджень розроблена технологія конверсії осаду сульфату стронцію, отриманого в процесі знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію. Блок-схема процесу наведена на рис. 5.1.

5.2 Опис рекомендованої технологічної схеми процесу

В збірнику (поз. 1) готується 20%-вий розчин карбонату калію. Зі збірника 20%-вий розчин K_2CO_3 насосом (поз. 2₁) подається в реактор (поз. 3). Після нагрівання розчину карбонату калію до 90°C в реактор подається осад сульфату стронцію зі збірника (поз. 4), в який він надходить зі стадії очищення екстракційної фосфатної кислоти від сульфат-іонів карбонатом стронцію. Процес конверсії здійснюється протягом 1 години при постійному перемішуванні (50 об/хв.). Ступінь конверсії складає 95%.

Після закінчення перемішування отриману пульпу розділяють шляхом відстоювання. Освітлена частина, що представляє собою розчин сульфату калію, самопливом надходить в збірник (поз. 5). Шлам через нижній злив реактора надходить в центрифугу (поз. 6). Відфугований розчин сульфату калію за допомогою насоса (поз. 2₂) передається в збірник (поз. 5). Осад карбонату стронцію в центрифугі промивається водою, після чого передається на стадію приготування суспензії карбонату стронцію для очищення екстракційної фосфатної кислоти від сульфат-іонів.

					<i>ДР.06.01.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>Мельник</i>						42	90
<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>		

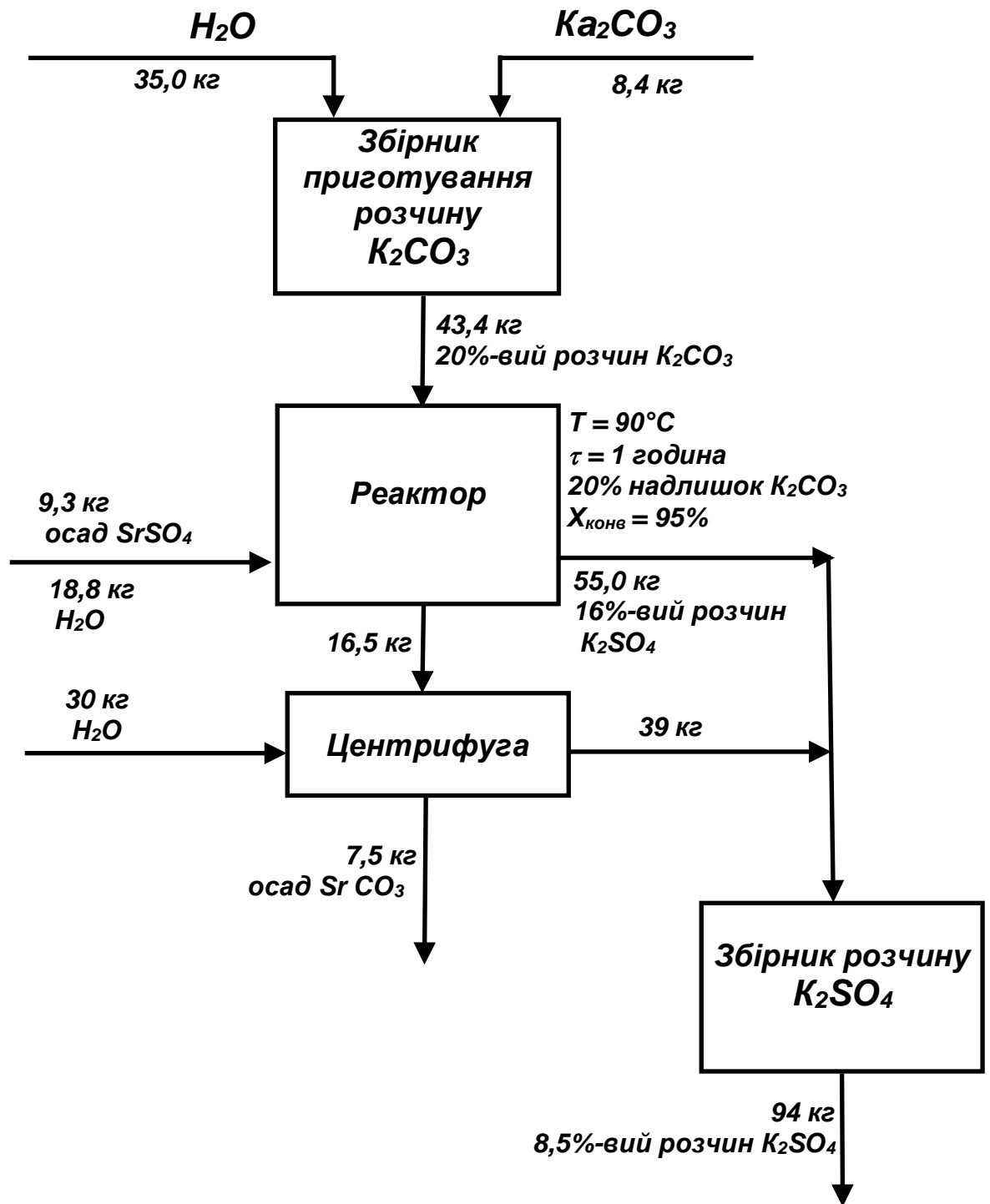
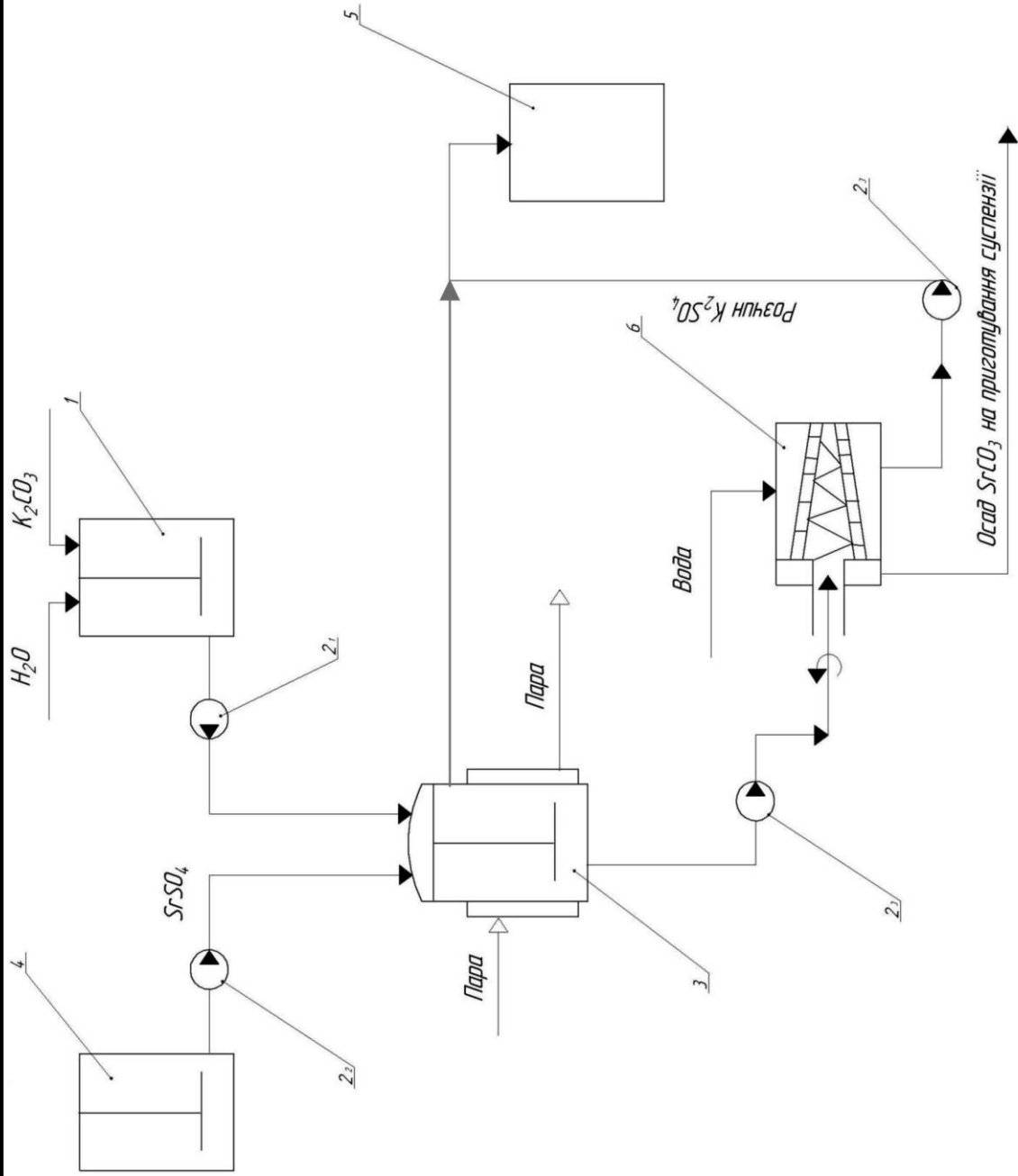


Рисунок 5.1 – Блок-схема процесу конверсії сульфату стронцію, отриманого в процесі знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію



1 – збірник приготування розчину K_2CO_3 ; 2₁₋₃ – відцентровий насос; 3 – реактор; 4 – збірник осаду $SrSO_4$; 5 – збірник розчину K_2SO_4 ; 6 – центрифуга

Рисунок 5.2 – Апаратурно-технологічна схема конверсії сульфату стронцію, отриманого в процесі знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію

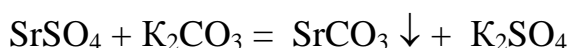
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

5.3 Матеріальний і тепловий розрахунок

5.3.1 Розрахунок матеріального балансу стадії конверсії сульфату стронцію

Зі стадії очистки екстракційної фосфатної кислоти від сульфат-іонів карбонатом стронцію на стадію конверсії надходить осад сульфату стронцію (співвідношення Т : Р = 1 : 2). Вміст SrSO₄ в осаді складає 9,3 кг/т Н₃РО₄, тоді кількість рідкої фази буде дорівнювати 18,6 кг. Отже, на конверсію надходить 21,8 кг осаду сульфату стронцію.

Для конверсії 9,3 кг сульфату стронцію згідно рівняння реакції



необхідно карбонату стронцію

$$\frac{138 \cdot 9,3}{184} = 7 \text{ т},$$

де 138 і 184 – молярна маса К₂СО₃ і SrSO₄ відповідно, кг/кмоль.

З урахуванням надлишку карбонату натрію – 20%, практична витрата карбонату калію буде складати

$$7 \cdot 1,2 = 8,4 \text{ кг.}$$

Для приготування 20%-вого розчину карбонату калію необхідна наступна кількість води

$$\frac{8,4}{0,2} - 7 = 35 \text{ т.}$$

Кількість 20%-вого розчину карбонату калію, що надходить на конверсію складає

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

$$8,4 + 35 = 43,4 \text{ кг.}$$

В результаті реакції утворюється наступна кількість

– SrCO_3

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

– K_2SO_4

$$\frac{174 \cdot 9,3}{184} = 8,8 \text{ т,}$$

де 148 і 174 – молярна маса SrCO_3 і K_2SO_4 відповідно, кг/кмоль.

Для утворення 16%-вого розчину сульфату калію необхідна наступна кількість води

$$\frac{8,8}{0,16} - 8,8 = 46,2 \text{ т.}$$

Кількість 16%-вого розчину сульфату калію, що уходить з реактора наступна

$$8,8 + 46,2 = 55 \text{ кг.}$$

Співвідношення Р : Т в шлам осаді карбонату стронцію, що виходить з реактора, складає 1,2 : 1. Отже, кількість рідкої фази дорівнює

$$7,5 \cdot 1,2 = 9,0.$$

Отже, кількість шламу, що уходить з реактора наступна:

$$7,5 + 9,0 = 16,5 \text{ кг.}$$

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

Таблиця 5.1 – Матеріальний баланс стадії конверсії сульфату стронцію

Прихід			Витрата		
Стаття	кг	% мас.	Стаття	кг	% мас.
1. Розчин карбонату калію:			1. Осад карбонату стронцію:		
K ₂ CO ₃	8,4	19,4	SrCO ₃	8,8	16,0
H ₂ O	35,0	80,6	H ₂ O	46,2	84,0
Разом:	43,4	100,0	Разом:	55,0	100,0
2. Осад сульфату стронцію:			2. Розчин сульфату калію:		
SrSO ₄	9,3	33,1	K ₂ SO ₄	7,5	45,5
H ₂ O	18,8	66,9	H ₂ O	9	54,5
Разом:	28,1	100,0	Разом:	16,5	100,0
ВСЬОГО:	71,5		ВСЬОГО:	71,5	

5.3.2 Розрахунок теплового балансу стадії конверсії сульфату стронцію

Тепловий баланс стадії конверсії сульфату стронцію складається на підставі матеріального балансу.

Прихід

1. З розчином карбонату калію:

$$Q_1 = 4,3 \cdot 0,8 \cdot 25 = 868 \text{ кДж,}$$

де 0,8 – теплоємність 20%-вого розчину карбонату калію, кДж/кг ·°С;

25 – температура розчину K₂CO₃, °С.

2. З осадом сульфату стронцію:

– рідка фаза

$$Q_2 = 9,3 \cdot 4,18 \cdot 25 = 977 \text{ кДж,}$$

– тверда фаза

$$Q_3 = 18,8 \cdot 0,9 \cdot 25 = 423 \text{ кДж,}$$

де 4,18 і 0,9 – теплоємність H₂O і SrSO₄ відповідно, кДж/кг ·°С;

						Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20 – температура осаду SrSO_4 , °С.

$$Q_4 = 977 + 423 = 1400 \text{ кДж.}$$

3. З парою на обігрів реактора: X кДж.

Прихід тепла складає

$$Q_{\text{пр}} = 868 + 1400 + X = (2268 + X) \text{ кДж.}$$

Витрата

4. З розчином сульфату калію:

$$Q_5 = 55 \cdot 0,94 \cdot 90 = 4653 \text{ кДж,}$$

де 0,94 – теплоємність 16%-вого розчину K_2SO_4 , кДж/кг ·°С.

5. Зі шламом осаду SrCO_3 :

– рідка фаза

$$Q_6 = 9,0 \cdot 0,72 \cdot 90 = 583 \text{ кДж,}$$

– тверда фаза

$$Q_7 = 7,5 \cdot 1,1 \cdot 90 = 743 \text{ кДж,}$$

де 1,1 – теплоємність SrCO_3 , кДж/кг ·°С.

$$Q_8 = 583 + 743 = 1326 \text{ кДж.}$$

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

Загальна витрата тепла складає

$$Q_{\text{вит}} = (4653 + 1326 + 0,1X) = (5979 + 0,1X) \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{вит}}$$

$$2268 + X = 5979 + 0,1X, \text{ звідки } X = 4123 \text{ кДж.}$$

									Арк.
									48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.06.01.ПЗ

Таблиця 5.2 – Тепловий баланс стадії конверсії сульфату стронцію

Прихід		Витрати	
Статті	кДж	Статті	кДж
З розчином карбонату калію	868	З розчином сульфату калію	4653
З осадом сульфату стронцію	1400	Зі шламом осаду SrCO ₃	1326
З парою	4123	Втрати тепла в навколишнє середовище	412
ВСЬОГО:	6391	ВСЬОГО:	6391

5.4 Вибір і розрахунок основного апарату

Реактор представляє собою вертикальний ємкісний апарат, що складається з корпусу (поз. 1), кришки (поз. 2), днища (поз. 3), теплообмінної сорочки (поз. 4), мішалки (поз. 5), приводу мішалки (поз. 6). Встановлюється реактор на опори-лапи. Апарат виконаний з вуглецевої сталі Ст. 3.

Теплообмінна сорочка виконана в вигляді гладкої зовнішньої герметичної пластини, що повторює корпус ззовні. Між стінкою самого апарату і сорочкою циркулює теплоносій – водяна пара.

В корпусі апарату передбачені штуцери, через які здійснюється подача вихідних реагентів і відведення продукту, технічне обслуговування і ремонт, а також подача теплоносія – водяної пари. В штуцери встановлюється обладнання для безпечної експлуатації апарату – запобіжний клапан, манометр, термометр.

На підставі виконаних матеріальних розрахунків для стадії конверсії сульфату стронцію обирається реактор з наступними характеристиками: діаметр корпусу – 1000 мм, діаметр сорочки – 1100 мм, загальна висота апарату – 3260 мм, об'єм – 1 м³, поверхня теплообміну – 4,8 м², тиск в апараті – 0,6 МПа, тиск в сорочці – 0,4 МПа, частота обертання мішалки – 8,3 с⁻¹, потужність приводу мішалки – 3 кВт [15].

									Арк.
									49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.06.01.ПЗ

5.4.1 Механічний розрахунок реактора

Розрахуємо товщину обичайки корпусу [16]:

– на внутрішній тиск:

$$s = \frac{pD}{2[\sigma]\varphi - p} + \tilde{N}, \quad (10)$$

де $p = 0,6$ – тиск в корпусі апарату, МПа;

$D = 1000$ – діаметр апарату, мм;

$[\sigma] = 140$ – допустиме напруження для сталі Ст. 3, МПа;

$\varphi = 1$ – коефіцієнт міцності зварного шва;

C – прибавка до розрахункової товщини, мм.

Прибавка до розрахункової товщини розраховується за формулою [16]:

$$C = c_1 + c_2 + c_3, \quad (11)$$

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 [16]:

$$\tilde{n}_1 = \ddot{I} \cdot \tau + \tilde{n}_a, \quad (12)$$

де $\ddot{I} = 0,06$ – швидкість проникнення корозії, мм/рік;

$\tau = 10$ – строк служби апарату, рік;

$c_e = 0$ – прибавка для компенсації ерозії, мм.

$$c_1 = 0,06 \cdot 10 + 0 = 0,6 \text{ мм.}$$

$$C = 0,6 + 0,5 + 0 = 1,1 \text{ мм.}$$

						Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– на зовнішній тиск [16]:

$$s = 0,47 \cdot \frac{D}{100} \cdot \left(\frac{p}{10^{-6} \cdot E} \cdot \frac{L}{D} \right)^{0,4} + \tilde{N}, \quad (13)$$

де $E = 2,1 \cdot 10^5$ – модуль пружності для сталі Ст. 3, МПа;

$p = 0,4$ – тиск в сорочці, МПа;

$L = 1100$ – висота сорочки, мм.

$$s = \frac{0,6 \cdot 1000}{2 \cdot 140 \cdot 1,0 - 0,6} + 1,1 = 3,2 \text{ мм.}$$

$$s = 0,47 \cdot \frac{1000}{100} \cdot \left(\frac{0,4}{10^{-6} \cdot 2,1 \cdot 10^5} \cdot \frac{1100}{1000} \right)^{0,4} + 1,1 = 6,3 \text{ мм.}$$

Приймаємо найбільше значення товщини $s = 6,3$ мм. Округляючи в сторону збільшення до найближчої стандартної товщини листа, отримуємо $s = 8$ мм.

Допустимий тиск в обичайці апарату визначаємо за формулою [16]:

$$[\delta] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi_{\delta} \cdot (s - c)}{D + (s - c)}, \quad (14)$$

$$[p] = \frac{2 \cdot 140 \cdot 1,0 \cdot (8,0 - 1,1)}{1000 + (8,0 - 1,1)} = 1,92 \text{ МПа.}$$

Умова міцності

$$P = 0,6 \text{ МПа} < [P] = 1,92 \text{ МПа}$$

виконується.

Перевіряємо умову застосування розрахункових формул [16]:

$$\frac{S - C}{D} < 0,1 \quad (15)$$

$$\frac{S - C}{D} = \frac{8,0 - 1,1}{1000} = 0,0069 < 0,1.$$

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

Умова виконується.

Виконаємо розрахунок товщини днища корпуса на внутрішній тиск за формулою [16]:

$$s = \frac{pR}{2[\sigma]\phi - p} + \tilde{N}, \quad (16)$$

де R – радіус кривизни еліптичного днища, мм.

Для стандартних днищ $R = D$. Отже, товщина еліптичного днища складає

$$s = \frac{0,6 \cdot 1000}{2 \cdot 140 \cdot 1,0 - 0,6} + 1,1 = 3,2 \text{ мм.}$$

Розрахуємо товщину днища на зовнішній тиск за формулою [16]

$$s = \frac{k_a \cdot R}{300} \cdot \sqrt{\frac{p}{10^{-6} \cdot E}} + \tilde{N}, \quad (17)$$

На зовнішній тиск попередньо приймаємо $R / (s - c) = 150$; для стандартного еліптичного днища $H / D = 0,25$. Для вказаних співвідношень коефіцієнт $k_e = 0,94$. Тоді товщина стінки

$$s = \frac{0,94 \cdot 1000}{300} \cdot \sqrt{\frac{0,4}{10^{-6} \cdot 2,1 \cdot 10^5}} + 1,1 = 5,4 \text{ мм.}$$

Приймаємо товщину днища $s = 6$ мм.

Розрахуємо товщину сорочки обичайки:

$$s = \frac{0,4 \cdot 1100}{2 \cdot 140 \cdot 1,0 - 0,4} + 1,1 = 2,5 \text{ мм.}$$

де 1100 – діаметр сорочки, мм.

Оскільки $R = D$, то товщина днища сорочки також складає 2,5 мм.

Приймаємо $s = 3$ мм.

						ДР.06.01.ПЗ	Арк. 52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

6 ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Нинішню екологічну ситуацію в Україні можна охарактеризувати як кризову, що формувалася протягом тривалого періоду через нехтування об'єктивними законами розвитку і відтворення природно-ресурсного комплексу України. Відбувалися структурні деформації народного господарства, за яких перевага надавалася розвитку в Україні сировинно-видобувних, найбільш екологічно небезпечних галузей промисловості.

Економіці України притаманна висока питома вага ресурсомістких та енергоємних технологій, впровадження та нарощування яких здійснювалося найбільш "дешевим" способом – без будівництва відповідних очисних споруд. Це було можливим за відсутності ефективно діючих правових, адміністративних та економічних механізмів природокористування та без урахування вимог охорони довкілля.

Ці та інші чинники, зокрема низький рівень екологічної свідомості суспільства, призвели до значної деградації довкілля України, надмірного забруднення поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря і земель, нагромадження у дуже великих кількостях шкідливих, у тому числі високотоксичних, відходів виробництва. Такі процеси тривали десятиріччями і призвели до різкого погіршення стану здоров'я людей, зменшення народжуваності та збільшення смертності, а це загрожує вимиранням і біологічно-генетичною деградацією народу України.

Метою національної екологічної політики є стабілізація і поліпшення стану навколишнього природного середовища України шляхом інтеграції екологічної політики до соціально-економічного розвитку України для гарантування екологічно безпечного природного середовища для життя і здоров'я населення, впровадження екологічно збалансованої системи природокористування та збереження природних екосистем.

					<i>ДР.06.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Мельник</i>			Екологія та охорона навколишнього середовища	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Золотарьова</i>					53	90
<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>						

Основними принципами національної екологічної політики є:

- посилення ролі екологічного управління в системі державного управління України з метою досягнення рівності трьох складових розвитку (економічної, екологічної, соціальної), яка зумовлює орієнтування на пріоритети сталого розвитку;
- врахування екологічних наслідків під час прийняття управлінських рішень, при розробленні документів, які містять політичні та/або програмні засади державного, галузевого (секторального), регіонального та місцевого розвитку;
- міжсекторальне партнерство та залучення зацікавлених сторін;
- запобігання надзвичайним ситуаціям природного і техногенного характеру, що передбачає аналіз і прогнозування екологічних ризиків, які ґрунтуються на результатах стратегічної екологічної оцінки, державної екологічної експертизи, а також державного моніторингу навколишнього природного середовища;
- забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України, подолання наслідків Чорнобильської катастрофи;
- відповідальність нинішнього покоління за збереження довкілля на благо прийдешніх поколінь;
- участь громадськості та суб'єктів господарювання у формуванні та реалізації екологічної політики, а також урахування їхніх пропозицій при вдосконаленні природоохоронного законодавства;
- невідворотність відповідальності за порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища;
- пріоритетність вимоги "забруднювач навколишнього природного середовища та користувач природних ресурсів платять повну ціну";
- відповідальність органів виконавчої влади за доступність, своєчасність і достовірність екологічної інформації;

						Арк.
						54
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.06.01.ПЗ	

- доступність, достовірність та своєчасність отримання екологічної інформації;
- державна підтримка та стимулювання вітчизняних суб'єктів господарювання, які здійснюють модернізацію виробництва, спрямовану на зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище.

Національна екологічна політика спрямована на досягнення стратегічних цілей:

- підвищення рівня суспільної екологічної свідомості;
- поліпшення екологічної ситуації та підвищення рівня екологічної безпеки;
- досягнення безпечного для здоров'я людини стану навколишнього природного середовища;
- інтеграція екологічної політики та вдосконалення системи інтегрованого екологічного управління;
- припинення втрат біологічного та ландшафтного різноманіття і формування екологічної мережі;
- забезпечення екологічно збалансованого природокористування;
 - удосконалення регіональної екологічної політики.

Основними інструментами реалізації національної екологічної політики є:

- міжсекторальне партнерство та залучення зацікавлених сторін;
- оцінка впливу стратегій, програм, планів на стан навколишнього природного середовища;
- удосконалення дозвільної системи у сфері охорони навколишнього природного середовища;
- екологічна експертиза та оцінка впливу об'єктів екологічної експертизи на стан навколишнього природного середовища;
- екологічний аудит, системи екологічного управління, екологічне маркування;
- екологічне страхування;

						Арк.
						55
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- технічне регулювання, стандартизація та облік у сфері охорони навколишнього природного середовища, природокористування та забезпечення екологічної безпеки;
- законодавство у сфері охорони навколишнього природного середовища;
- освіта та наукове забезпечення формування і реалізації національної екологічної політики;
- економічні та фінансові механізми;
- моніторинг стану довкілля та контроль у сфері охорони навколишнього природного середовища і забезпечення екологічної безпеки;
- міжнародне співробітництво у сфері охорони навколишнього природного середовища та забезпечення екологічної безпеки [18].

При реалізації заходів, спрямованих на раціональне використання природних ресурсів та зменшення забруднення навколишнього середовища, активним підходом є зміна технологічних процесів для комплексної переробки вихідних матеріалів, зі скороченням обсягів відходів усіх видів або переведення їх у форми, що легко піддаються вторинній переробці або спеціальному зберіганню.

З огляду на крупнотоннажність виробництва фосфатної кислоти, фосфогіпс є найбільш об'ємним відходом. Залежно від якості вихідної сировини на 1 т P_2O_5 в екстракційній фосфатній кислоті утворюється приблизно 4,2-6,8 т фосфогіпсу. Хоча в даний час є рекомендації з використання фосфогіпсу в сільському господарстві в якості меліоранту, а також для виробництва будівельних матеріалів, для будівництва автомобільних доріг, реалізація їх стримується наявністю ряду проблем.

По-перше, фосфогіпс, що виходить з виробництва екстракційної фосфатної кислоти, має кислу реакцію за рахунок присутності залишкової кислоти (до 10%) і представляє корозійну загрозу для обладнання та подальшого використання (наприклад печей випалу цементного клінкеру).

						ДР.06.01.ПЗ	Арк. 56
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

По-друге проблема пов'язана з необхідністю утилізації рідкоземельних елементів (лантан, церій, неодим), що входять до складу фосфогіпсу. Відомо, що 75% рідкоземельних елементів, які входять до складу фосфатної сировини, переходять при кислотному розкладанні в фосфогіпс.

Відсутність реальних (економічно обґрунтованих) технологій переробки фосфогіпсу в цільові продукти обумовлює його переважне складування, яке негативно впливає на навколишнє середовище, а впровадження різних природоохоронних заходів щодо усунення цього негативу в свою чергу вимагають додаткових витрат на реалізацію.

Другим в кількісному відношенні компонентом в фосфатній сировині, що вимагає утилізації (в тому числі і з екологічних міркувань) є фтор. До технологій, які можуть розглядатися щодо техніко-економічної доцільності виділення проміжного продукту – фтористого водню або кремнефтористоводневої кислоти, відносяться тільки ті, що передбачають концентрування фосфатної кислоти до вмісту P_2O_5 більше 41%мас.

Згідно з міжнародною екологічною класифікацією (ISO), фтористі сполуки відносяться до категорії канцерогенних (за токсичністю), що зумовлює віднесення їх (а також екстракційну фосфатну кислоту, до складу якої вони входять) до другого класу небезпеки, ГДК в повітрі – до 2 мг/м³. Виходячи з цього, екологічний аспект переробки природних фосфатів визначає розвиток двох проблемних напрямків:

- максимального вилучення фтору з метою отримання екологічно безпечних продуктів;
- максимальної утилізації фтору з метою недопущення забруднення відхідними фтористими сполуками атмосфери, гідросфери та літосфери [18].

						Арк.
					ДР.06.01.ПЗ	57
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці як система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, що створюють безпеку праці, забезпечують збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці, закріплена у Кодексі законів про працю України і в Законі України «Про охорону праці»

До законодавчої бази також належать Закони України: «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Про охорону здоров'я», «Про пожежну безпеку», «Про використання ядерної енергії і радіаційну безпеку», «Про дорожній рух», «Про загальнообов'язкове соціальне страхування у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності та витратами, зумовленими народженням та похованням».

Спеціальними законодавчими актами є державні нормативні акти з охорони праці (ДНАОП). Це правила, стандарти, норми, положення, інструкції та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання [19].

Державні нормативні акти з охорони праці залежно від сфери дії поділяють на міжгалузеві та галузеві.

У законодавстві про охорону праці відображені такі правила й норми:

- правила організації охорони праці на підприємствах (в організаціях), про планування і фінансування заходів з охорони праці;
- правила з техніки безпеки і виробничої санітарії, які забезпечують індивідуальний захист працюючих від виробничих травм і професійних захворювань;

					<i>ДР.06.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Мельник</i>			<i>Охорона праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Золотарьова</i>					58	90
<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>						

- правила і норми зі спеціальної охорони праці жінок, молоді та осіб з пониженою працездатністю;
- правила, які регулюють діяльність органів державного і громадського контролю в галузі охорони праці;
- правові норми, в яких передбачена відповідальність за порушення законодавства про охорону праці.

Законодавством покладена відповідальність на адміністрацію підприємства за забезпечення здорових і безпечних умов праці, впровадження сучасних засобів техніки безпеки. Виробничі будівлі, обладнання, технологічні процеси повинні відповідати вимогам, які забезпечують здорові та безпечні умови праці. Забороняється приймати і вводити в експлуатацію підприємства, цехи, дільниці, які не відповідають вимогам охорони праці.

Відповідно до чинного законодавства відповідальність за охорону праці в цілому по підприємству несе роботодавець.

Така сама відповідальність покладена на керівників цехів, дільниць і служб. Безпосередньо охороною праці на підприємстві керує головний інженер [20].

Законодавство України покладає на всіх роботодавців обов'язок щодо забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці. Витрати на охорону праці на підприємстві згідно зі ст. 19 Закону України «Про охорону праці» повинні становити не менше 0,5% від фонду оплати праці за попередній рік, а за невиконання законодавства про охорону праці до підприємства можуть бути застосовані санкції аж до заборони його експлуатації.

Згідно Ст.15. «Служба охорони праці на підприємстві» Закону України «Про охорону праці»:

- на підприємстві з кількістю працюючих 50 і більше осіб роботодавець створює службу охорони праці відповідно до типового положення, що затверджується спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань нагляду за охороною праці.

										Арк
										59
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						

- на підприємстві з кількістю працюючих менше 50 осіб функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які мають відповідну підготовку.
- на підприємстві з кількістю працюючих менше 20 осіб для виконання функцій служби охорони праці можуть залучатися сторонні спеціалісти на договірних засадах, які мають відповідну підготовку.

Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю.

Керівники та спеціалісти служби охорони праці за своєю посадою і заробітною платою прирівнюються до керівників і спеціалістів основних виробничо-технічних служб.

Спеціалісти служби охорони праці у разі виявлення порушень охорони праці мають право:

- видавати керівникам структурних підрозділів підприємства обов'язкові для виконання приписи щодо усунення наявних недоліків, одержувати від них необхідні відомості, документацію і пояснення з питань охорони праці;
- вимагати відсторонення від роботи осіб, які не пройшли передбачених законодавством медичного огляду, навчання, інструктажу, перевірки знань і не мають допуску до відповідних робіт або не виконують вимог нормативно-правових актів з охорони праці;
- зупиняти роботу виробництва, дільниці, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва у разі порушень, які створюють загрозу життю або здоров'ю працюючих;
- надсилати роботодавцю подання про притягнення до відповідальності працівників, які порушують вимоги щодо охорони праці.

Припис спеціаліста з охорони праці може скасувати лише роботодавець.

Ліквідація служби охорони праці допускається тільки у разі ліквідації підприємства чи припинення використання найманої праці фізичною особою.

На підприємстві повинна бути нормативна, розпорядча, звітна та облікова документація з питань охорони праці. Нормативна документація:

						Арк
						60
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ДР.06.01.ПЗ

закони, норми, правила, типові положення, знаки, бланки; розпорядча документація: накази, розпорядження, положення, інструкції; звітна документація: форми офіційної статистичної звітності; облікова документація відбиває всю діяльність з охорони праці на підприємстві, вона включає: журнали, переліки, графіки, протоколи, плани, схеми.

Вся документація повинна зберігатися в службі охорони праці підприємства в належному порядку, зручному для використання при необхідності або в разі контролю підприємства органами державного нагляду.

Працівники підприємств при прийомі на роботу і періодично в процесі роботи, а також вихованці, учні й студенти під час навчально-виховного процесу повинні проходити навчання та перевірку знань відповідно до вимог Типового положення. Допуск до роботи (виконання навчальних практичних завдань) без навчання і перевірки знань з питань охорони праці забороняється.

Формою перевірки знань з питань охорони праці працівників є іспит, який проводиться за екзаменаційними білетами у вигляді усного опитування або шляхом тестування на автоекзаменаторі з наступним усним опитуванням. Результати перевірки знань працівників з питань охорони праці оформляються протоколом

Особам, які при перевірці знань з питань охорони праці показали задовільні результати, видаються посвідчення [21].

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 конверсії сульфату стронцію, отриманого в процесі знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію, представлені в табл. 7.1, 7.2 [22].

									Арк
									61
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

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	Ортофосфорна кислота	H ₃ PO ₄	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{O}-\text{P}-\text{O}-\text{H} \\ \\ \text{O}-\text{H} \end{array}$	Рідина	42,35	158
Стронцій карбонат	Карбонат стронцію	SrCO ₃	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{O}-\text{C} \\ \quad \\ \text{Sr}-\text{O} \end{array}$	тверда речовина	1494	–
Динатрій карбонат	Карбонат натрію	Na ₂ CO ₃	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{Na}-\text{O}-\text{C}-\text{O}-\text{Na} \end{array}$	Тверда речовина	854	1600
Дикалій карбонат	Карбонат калію	K ₂ CO ₃	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{K}-\text{O}-\text{C}-\text{O}-\text{K} \end{array}$	Тверда речовина	891	–

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	8
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»	

Продовження табл. 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8
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
Карбонат натрію	3	При ковтанні: нудота. При потраплянні в очі: викликає подразнення. При вдиханні: кашель.	2	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи
Карбонат калію	3	При ковтанні: нудота. При потраплянні в очі: викликає подразнення. При вдиханні: кашель	2	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи

7.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори на виробництві

Під час роботи на виробництві на виробничий персонал можуть впливати один або ряд небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Безпека того чи іншого технологічного процесу може бути визначена за їх кількістю та за ступенем небезпеки кожного з них окремо. Безпека праці на виробництві визначається ступенем безпеки окремих технологічних процесів.

В процесі роботи на досліджуваному виробництві на працівника можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- хімічні речовини, які проникають в організм через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкірні покриви і слизові оболонки;
- підвищені запиленість і загазованість повітря;
- підвищена або знижена температура, вологість і рухливість повітря;
- відсутність або нестача природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- знижена контрастність об'єктів в порівнянні з фоном;
- підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- рухомі машини, автотранспорт і механізми;
- рухливі незахищені елементи механізмів, машин і виробничого обладнання.

Рівні небезпечних і шкідливих виробничих факторів не повинні перевищувати гранично значень, встановлених в санітарних нормах, правилах і нормативно-технічної документації [23].

									Арк
									64
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

7.3 Заходи щодо запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів

7.3.1 Розрахунок вентиляції науково-дослідної лабораторії

Вихідні данні:

Розміри приміщення:

довжина, м	4,5
ширина, м	3
висота, м	3,5
Кількість працівників	2
Кратність повітрообміну	8

В лабораторії передбачається припливно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням.

Кількість повітря, що подається в приміщення лабораторії, визначається за формулою [24]:

$$W = K \cdot V, \quad (18)$$

де K – кратність повітрообміну, година⁻¹;

V – об'єм робочого приміщення, м³.

$$W = 8 \cdot 47,25 = 378 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

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 [24]:

$$W_{\text{ш}} = F_{\text{ш}} \cdot v_{\text{ш}} \cdot 3600, \quad (19)$$

						ДР.06.01.ПЗ	Арк 65
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

де $F_{ш} = 0,6$ – площа робочого отвору витяжної шафи, m^2 ;

$v_{ш} = 0,5$ – швидкість руху повітря, що видаляється через отвір витяжної шафи, m/c .

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

Продуктивність вентилятора для витяжної шафи визначається за формулою [24]:

$$L = W_{ш} \cdot k, \quad (20)$$

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.

Вибирається вентилятор типа В-Ц4-70, що має наступні технічні характеристики:

Продуктивність	1300 m^3 /годину
Номер вентилятора	3,15
Напір	25 мм. вод. ст.
Частота обертання	1400 об/хв.
Тип електродвигуна	В63А4
Потужність	0,25 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 [24]:

$$Q = q \cdot F \cdot (1 + K), \quad (21)$$

де $q = 152$ – укрупнений показник максимальної витрати теплоти на опалювання 1 м^2 площі приміщення, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$F = 13,5$ – площа приміщення, м^2 ;

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

Отже витрата теплоти на опалювання:

$$Q_0 = 152 \cdot 13,5 \cdot (1 + 0,34) = 3055 \text{ Вт}.$$

Площа поверхні опалювальних приладів визначається за формулою [24]:

$$H = \frac{Q}{506}, \quad (22)$$

$$H = \frac{3055}{506} = 6,03 \text{ м}^2 \quad \text{або} \quad 6,03 \cdot 0,82 \approx 5,0 \text{ м}^2.$$

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

Вибирається радіатор типа М-140 А, у якого площа поверхні нагріву однієї секції $0,254 \text{ м}^2$, об'єм 5 м^3 , кількість секцій – 20 шт.

									Арк
									67
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

7.3.3 Розрахунок освітлення науково-дослідної лабораторії

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

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 [24]:

$$S_{\text{азе}} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{6} \right) \cdot S_{\text{п}}, \quad (23)$$

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.

$$S_{\text{азе}} = \frac{13,5}{6} = 2,25 \text{ м}^2.$$

Приймається бічне однобічне освітлення через один віконний отвір розміром $1,35 \times 1,5$ м.

7.3.3.2 Розрахунок загального штучного освітлення

Для освітлення приміщення лабораторії вибирається світильник типу Лц_о «Люцеттар» – світильник розсіяного світла.

Кількість рядів світильників у приміщенні лабораторії визначається за формулою [24]:

									Арк
									68
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

$$N_{\delta} = \frac{\hat{A}}{(\hat{I} - h_{\delta}) \cdot [L/h]}, \quad (24)$$

- де $B = 3$ – 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.

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

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею визначається за формулою [24]:

$$h = \frac{\hat{A}}{[L/h]}, \quad (25)$$

$$h = \frac{3}{1,5} = 2 \text{ м.}$$

Висота звисання світильників від стелі визначається за формулою [24]:

$$h_3 = H - h_p - h \quad (26)$$

$$h_3 = 3,5 - 0,8 - 2 = 0,7 \text{ м.}$$

Для розрахунку штучного освітлення використовується метод світлового потоку, при цьому кількість світильників, необхідна для освітлення приміщення, розраховується за формулою [25]:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K}{F \cdot U \cdot Z}, \quad (27)$$

- де $E = 100$ – мінімально допустима освітленість робочих поверхонь, лк;
 $S = 13,5$ – освітлювана площа, м²;

									Арк
									69
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.06.01.ПЗ				

- $F = 1710$ – світловий потік однієї лампи накаливання потужністю 150 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 – Лц;
- $U = 0,25$ – коефіцієнт використання освітлювальної установки, який залежить від конструкції світильника, коефіцієнта відбиття стелі і стін, а також показника приміщення $i = 4$.

Кількість світильників складає:

$$n = \frac{100 \cdot 13,5 \cdot 1,3}{1710 \cdot 0,25 \cdot 1,03} \approx 4 \text{ шт.}$$

Схема розташування світильників зображена на рис. 7.1.

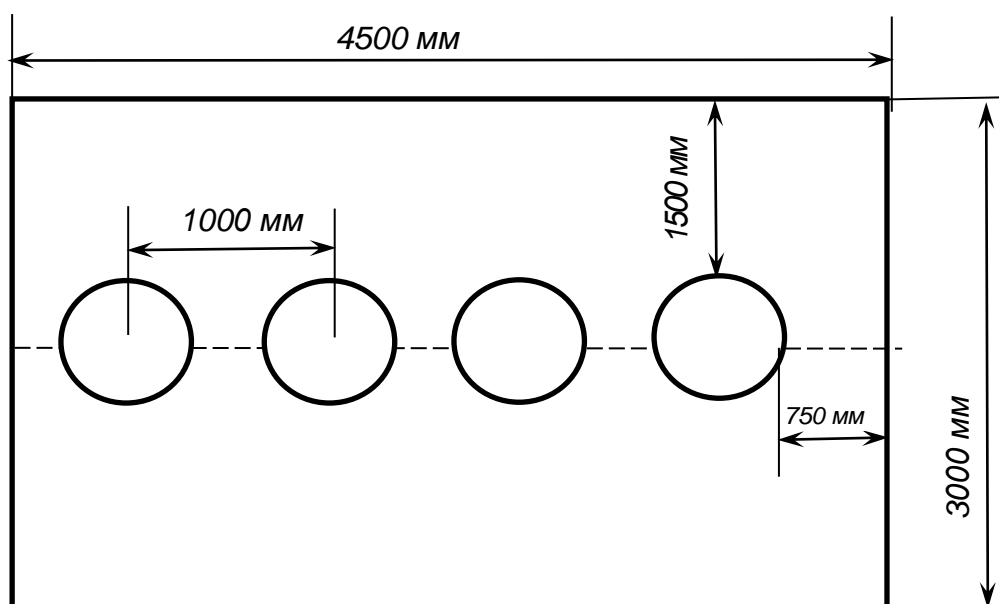


Рисунок 7.1 – Схема розміщення світильників

Загальна потужність електроосвітлювальної установки визнається за формулою [24]:

						Арк
						70
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \quad (28)$$

де $n = 4$ – розрахункова кількість ламп, шт;

$W = 150$ – потужність однієї лампи, Вт.

$$N = \frac{4 \cdot 150 + 0,2 \cdot 4 \cdot 150}{1000} = 0,72 \text{ \u044d\u0430\u0434.}$$

7.3.4. Розрахунок заземлення науково-дослідної лабораторії

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

Загальний опір захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [24]:

$$R_{\text{зп}} = \frac{R_{\text{з}} \cdot R_{\text{см}}}{R_{\text{з}} \cdot n \cdot \eta_{\text{з}} + R_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{см}}}, \quad (29)$$

де $R_{\text{з}}$ – опір заземлювача, в якості якого використовується металевий стрижень, Ом;

$R_{\text{см}}$ – опір металевої смуги, що з'єднує заземлювачі, Ом;

n – кількість заземлювачів;

$\eta_{\text{з}} = 0,4$ – коефіцієнт екранування заземлювача;

$\eta_{\text{см}} = 0,6$ – коефіцієнт екранування з'єднуючої смуги

Опір заземлювача визначається за формулою [24]:

$$R_{\text{з}} = \frac{\rho}{2\pi \cdot \ell} \left(\ln \frac{2 \cdot \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + \ell}{4 \cdot t - \ell} \right), \quad (30)$$

де $\rho = 700$ – питомий електричний опір піску, Ом\cdotм;

						Арк
						71
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- $\ell = 7$ – довжина заземлювача, м;
 $d = 0,01$ – 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 [24]:

$$R_{\hat{n}\hat{i}} = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t'}, \quad (31)$$

- де $L = 15$ – 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 [24]:

$$n = \frac{\Psi \cdot R_{\zeta}}{4 \cdot \eta_{\zeta}}, \quad (32)$$

- де $\Psi = 2$ – коефіцієнт сезонності, який залежить від кліматичної зони території;
 R_{ζ} – опір заземлювача, Ом;
 4 – припустимий загальний опір, Ом;
 $\eta_{\zeta} = 0,4$ – коефіцієнт екранування заземлювача.

$$R_{\zeta} = \frac{700}{2 \cdot 3,14 \cdot 7} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 7}{0,01} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 7}{4 \cdot 3,3 - 7} \right) = 124,2 \hat{\Omega};$$

$$n = \frac{2 \cdot 124,2}{4 \cdot 0,4} = 155 \text{ \textcircled{0}};$$

$$R_{\tilde{m}} = \frac{700}{2 \cdot 3,14 \cdot 15} \cdot \ln \frac{2 \cdot 15^2}{0,03 \cdot 0,5} = 76,5 \text{ Ом};$$

$$R_{\zeta i} = \frac{124,2 \cdot 76,5}{76,5 \cdot 155 \cdot 0,4 + 124,2 \cdot 0,6} = 1,9 \text{ Ом}.$$

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

7.4 Пожежна безпека

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України забезпечення пожежної безпеки підприємств покладається на їх керівників і уповноважених керівниками осіб, якщо інше не передбачено відповідним договором.

Пожежна безпека повинна забезпечуватися шляхом проведення організаційних, технічних та інших заходів спрямованих на попередження пожеж, забезпечення безпеки людей, зниження можливих майнових втрат і зменшення негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення, створення умов для швидкого виклику пожежних підрозділів та успішного гасіння пожеж.

На кожному підприємстві повинен бути встановлений відповідний протипожежний режим, у т.ч. визначені:

- можливість (місце) паління, застосування відкритого вогню, побутових нагрівальних приладів;
- порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних робіт (у тому числі зварювальних);
- правила стоянки та проїзду транспортних засобів;
- порядок прибирання горючого пилу та відходів, зберігання промасленого спецодягу, очищення повітроводів вентиляційних систем від горючих відкладень;

						ДР.06.01.ПЗ	Арк
							73
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

- порядок відключення від мережі електрообладнання у разі пожежі;
- порядок проходження посадовими особами навчання й перевірки знань пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів;
- порядок організації, експлуатації і обслуговування наявних технічних засобів протипожежного захисту (вогнегасників, протипожежного водопроводу, установок протипожежної сигналізації тощо);
- порядок проведення планово-попереджувальних ремонтів та оглядів електроустановок, опалювального, вентиляційного, технологічного та іншого обладнання;
- дії працівників у разі виявлення пожежі;
- порядок збирання членів добровільної пожежної дружини та відповідальних посадових осіб у разі виникнення пожежі, виклику вночі, у вихідні і святкові дні.

Території підприємств повинні постійно утримуватися в чистоті та систематично очищатися від сміття, відходів виробництва, тари, опалого листя, котрі необхідно регулярно вивозити у спеціально відведені місця.

Дороги, проїзди й проходи до будівель, споруд, пожежних вододжерел, підступи до зовнішніх стаціонарних пожежних драбин, пожежного інвентарю, обладнання та засобів пожежогасіння мають бути завжди вільними, утримуватися справними, взимку очищеними від снігу. Забороняється довільно зменшувати нормовану ширину доріг та проїздів.

До всіх будівель і споруд підприємства має бути забезпечений вільний доступ. Протипожежні розриви між будинками, спорудами, відкритими майданчиками для зберігання матеріалів, устаткування тощо повинні відповідати вимогам будівельних норм. їх не дозволяється захаращувати, використовувати для складування матеріалів, устаткування, стоянок автотранспорту.

						Арк
						74
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ДР.06.01.ПЗ

На території об'єктів, де паління дозволяється, адміністрація зобов'язана визначити і обладнати спеціальні місця для цього, позначити їх знаком або написом, встановити урну або попільницю з негорючих матеріалів.

Не дозволяється:

- проходження повітряних ліній електропередач та зовнішніх електропроводок над горючими покрівлями, навісами, складами паливно-мастильних матеріалів;
- прокладка електричних проводів і кабелів транзитом через складські приміщення, пожежонебезпечні та вибухові зони;
- експлуатація кабелів і проводів з пошкодженою або такою, що в процесі експлуатації втратила захисні властивості ізоляцією;
- залишення під напругою кабелів та проводів з неізольованими струмопровідними жилами;
- застосування саморобних подовжувачів;
- користування пошкодженими розетками, відгалужувальними та з'єднувальними коробками;
- застосування в пожежонебезпечних зонах складських приміщень люмінесцентних світильників з відбивачами і розсіювачами, виготовленими з горючих матеріалів;
- складування горючих матеріалів на відстані 1 м від електроустаткування та під електрощитами.

Все електрообладнання (корпуси ел. машин, трансформаторів, апаратів, світильників, розподільчих щитів, щитів управління, металеві корпуси пересувних та переносних електроприймачів тощо) підлягає зануленню або заземленню відповідно до вимог розділів ПУЕ.

Пожежні автомобілі, мотопомпи та причіпи, введені в експлуатацію, повинні бути у повній готовності до виїзду (застосування) по тривозі: бути справним, мати повний комплект придатного до застосування пожежно-

									Арк
									75
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

технічного озброєння, заправлені паливом, мастильними матеріалами, забезпечені запасом вогнегасних речовин.

Будівлі, споруди, приміщення, технологічні установки повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння, вогнегасниками, ящиками з піском, бочками з водою, покривалами з теплоізоляційного негорючого полотна, грубововняної тканини повсті, пожежними відрами, совковими лопатами, пожежним інструментом (гаками, ломачами, сокирами тощо), які використовуються для локалізації і ліквідації пожеж у їх початковій стадії розвитку.

Норми належності первинних засобів пожежогасіння повинні встановлюватись нормами технологічного проектування, галузевими правилами пожежної безпеки з урахуванням рекомендацій Правил пожежної безпеки України.

Для розміщення первинних засобів пожежогасіння повинні встановлюватись спеціальні пожежні щити (стенди). На пожежних щитах необхідно вказувати їх порядкові номери та номер телефону для виклику пожежної охорони.

Пожежні щити повинні забезпечувати:

- захист вогнегасників від попадання прямих сонячних променів;
- зручність та оперативність зняття закріплених на щиті комплектуючих виробів.

Вогнегасники слід встановлювати у легкодоступних та помітних місцях (коридорах, біля входів або виходів з приміщень тощо), а також у пожежонебезпечних місцях, де найбільш вірогідна поява пожежі.

Переносні вогнегасники повинні розміщуватися шляхом:

- навішування на вертикальні конструкції на висоті не менше 1,5 м. від рівня підлоги до нижнього торця вогнегасника і на відстані від дверей достатній для їх повного відчинення;

									Арк
									76
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

- встановлення з пожежні шафи поруч з пожежними кранами, у спеціальні тумби або на пожежні щити;

Вогнегасники допущені до зведення з експлуатацію повинні мати:

- облікові номери за прийнятою на підприємстві системою нумерації;
- пломби на пристроях ручного пуску;
- бірки та маркувальні написи на корпусі, червоне сигнальне пофарбування згідно з державними стандартами.

Використані вогнегасники, а також з зірваними пломбами необхідно негайно направляти на перезарядження або перевірку. Вогнегасники відправлені з об'єкта на перезарядження, повинні бути замінені зарядженими.

Безпечно в пожежному відношенні перебування людей в приміщеннях та попередження виникненню пожеж забезпечується:

- суворим додержанням працівниками вимог правил пожежної безпеки;
- постійним утриманням в належному порядку шляхів евакуації та наявних в будівлі засобів протипожежного захисту.
- розробкою планів евакуації людей та майна з приміщень з описом розподілу обов'язків між працівниками по евакуації людей та із зазначенням інших дій на випадок виникнення пожежі.
- постійним підтриманням в робочому стані засобів протипожежної сигналізації та засобів оповіщення.
- проведенням спеціальних навчань щодо пожежної безпеки.
- своєчасним виконання протипожежних заходів, запропонованих органами Державного пожежного нагляду.

Адміністрація підприємства забезпечує проведення первинних (при наймі на роботу) та щорічних навчань щодо пожежної безпеки та здійснює перевірки відповідності стану приміщень вимогам цієї інструкції.

При виникненні пожежі дії адміністрації в першу чергу спрямовуються на забезпечення безпеки та евакуації людей. При виникненні пожежі необхідно:

					<i>ДР.06.01.ПЗ</i>	Арк
						77
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- застосувати систему оповіщення;
- негайно повідомити адміністрацію підприємства;
- негайно повідомити пожежну охорону по телефону (101), вказавши точну адресу і місце пожежі, що горить, наявність в будівлі людей і своє прізвище;
- до прибуття пожежної команди вжити заходів по евакуації людей і приступити до гасіння пожежі наявними засобами;
- організувати евакуацію майна і матеріальних цінностей.

При виникненні пожежі або загоранні керівники структурних підрозділів у приміщеннях, зайнятих цим структурним підрозділом, зобов'язані:

- перевірити чи викликана пожежна допомога;
- очолити керівництво гасінням пожежі до прибуття пожежних підрозділів;
- під час пожежі необхідно утриматись від відчинення вікон і дверей, а також розбивати застелення;
- евакуюючись з приміщення або будівлі, потрібно зачинити за собою двері, так як притік свіжого повітря сприяє швидкому поширенню вогню.

Після прибуття підрозділів пожежної охорони уповноважені особи, які керували гасінням пожежі, зобов'язані повідомити старшому начальнику пожежної охорони всі необхідні дані про наявність в будівлі людей, про джерело пожежі, про заходи, вжиті по ліквідації пожежі.

По кожному випадку пожежі або будь-якому загоранні адміністрація підприємства досліджує всі обставини, що сприяли виникненню пожежі і загоранню і здійснює необхідні профілактичні заходи [25].

					ДР.06.01.ПЗ	Арк
						78
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Визначення ефективності процесу конверсії осаду сульфату стронцію, отриманого в процесі знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію, 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 процесу конверсії осаду сульфату стронцію, отриманого в процесі знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію, станом на 2020 р. приведена в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Калькуляція процесу конверсії осаду сульфату стронцію 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.				
Карбонат калію	кг	1,12	90	100,8
Вода	м ³	0,005	9,492	0,05
Разом сировина і основні матеріали				100,85

					<i>ДР.06.01.ПЗ</i>							
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Економічна частина			<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>		
Розробив	Мельник										79	90
Керівник	Золотарьова											
Консультант												
Н.контроль												
Зав. каф.	Суворін О.В.				СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм							

Продовження табл. 8.1

1	2	3	4	5
Електроенергія	кВ·година	0,8	2,36	1,89
Пара	Гкал	0,0006	268,8	0,16
Разом енерговитрати				2,05
Зарплата основна з нарахуваннями				42,7
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування (ВУЕУ)				101,5
в т.ч. амортизація				24,7
Загальновиробничі витрати				57,4
Інші				40,2
Повна собівартість				344,7

В табл. 8.2 наведена калькуляція виробництва екстракційної фосфатної кислоти, очищеної від сульфат-іонів технічним карбонатом стронцію та конвертованим карбонатом стронцію.

Таблиця 8.2 – Калькуляція виробництва екстракційної фосфатної кислоти, очищеної від сульфат-іонів технічним карбонатом стронцію та конвертованим карбонатом стронцію

Найменування статей витрат	Одиниця вимірювання	Кількість	Витрати на одиницю продукції			
			Технічний SrCO ₃		Конвертований SrCO ₃	
			ціна, грн.	сума, грн.	ціна, грн.	сума, грн.
Сировина і основні матеріали, в т.ч.						
Апатитовий концентрат	т	2,715	2400	6516	2400	6516
Сульфатна кислота (100%-ва)	т	2,518	11000	27698	11000	27698
Карбонат стронцію	кг	3,2	700	2210	344,7	1103
Поліакриламід	кг	0,6	84	50,4	84	50,4
Разом сировина і основні матеріали				36504,4		35367,4
Електроенергія	кВ·година	142,6	2,36	336,54	2,36	336,54
Вода	м ³	44,61	9,492	423,44	9,492	423,44
Пара	Гкал	1,197	268,8	321,75	268,8	321,75
Стиснене повітря	м ³	456	0,16	72,96	0,16	72,96
Разом енерговитрати				1154,69		1154,69
Зарплата основних робочих	грн.			22,24		22,24
Нарахування на заробітну плату	грн.			3,06		3,06
Амортизаційні відрахування (7%)	грн.			83,41		83,41
Цехові та загальновиробничі витрати	грн.			139		139
Повна собівартість				37906,8		36769,8

Для визначення величини очікуваного економічного ефекту від реалізації екстракційної фосфатної кислоти, очищеної від сульфат-іонів конвертованим карбонатом стронцію, розраховуються основні техніко-економічні показники.

Розрахунок виконується на потужність виробництва 100 тис. т/рік. Виробництво складається з одної технологічної лінії.

Зміна собівартості одиниці продукції [24]:

$$\Delta \tilde{N} = \tilde{N}_1 - \tilde{N}_0, \quad (33)$$

де C_0, C_1 – собівартість продукції на діючому виробництві та у виробництві за пропонованою технологією відповідно,
 $C_0 = 37906,8$ грн./т, $C_1 = 36769,8$ грн./т

$$\Delta C = 36769,8 - 37906,8 = -1137 \text{ грн./т.}$$

або в відсотковому відношенні зміна собівартості складе [24]:

$$\Delta C = \left(\frac{C_1}{C_0} - 1 \right) \cdot 100\%, \quad (34)$$

$$\Delta C = \left(\frac{36769,8}{37906,8} - 1 \right) \cdot 100 = -3\%.$$

Прибуток на одиницю продукції [24]:

$$\tilde{I} = \tilde{O} - \tilde{N}, \quad (35)$$

де $\tilde{O} = 42600$ – ціна 1 т очищеної екстракційної фосфатної кислоти, грн./т.

$$\tilde{I}_0 = 42600 - 37906,8 = 4693,2 \text{ грн/т;}$$

$$\tilde{I}_1 = 42600 - 36769,8 = 5830,2 \text{ грн/т.}$$

						ДР.06.01.ПЗ	Арк
							81
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

Зміна прибутку на одиницю продукції [24]:

$$\Delta \ddot{I} = \ddot{I}_1 - \ddot{I}_0 \quad (36)$$

$$\Delta \Pi = 5830,2 - 4693,2 = 1137 \text{ грн./т}$$

або в відсоткову відношенні [24]:

$$\Delta \ddot{I} = \left(\frac{\ddot{I}_1}{\ddot{I}_0} - 1 \right) \cdot 100\% , \quad (37)$$

$$\Delta \ddot{I} = \left(\frac{5830,2}{4693,2} - 1 \right) \cdot 100 = 24\% .$$

Річний прибуток [24]:

$$\ddot{I}^\delta = \ddot{I} \cdot Q, \quad (38)$$

де $Q = 100$ – річна виробнича потужність підприємства, тис. т/рік.

– на діючому виробництві

$$\ddot{I}_0^\delta = 4693,2 \cdot 100 = 469320 \text{ тис. грн.};$$

– у виробництві за пропонованою технологією

$$\ddot{I}_1^\delta = 5830,2 \cdot 100 = 583020 \text{ тис. грн..}$$

$$\Delta \ddot{I}^\delta = \left(\frac{\ddot{I}_1^\delta}{\ddot{I}_0^\delta} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (39)$$

$$\Delta \ddot{I}^\delta = \left(\frac{583020}{469320} - 1 \right) \cdot 100 = 24\% .$$

Рентабельність витрат на виробництво [24]:

$$D = \frac{\ddot{I}}{\tilde{N}} \cdot 100\% , \quad (40)$$

– на діючому виробництві

$$D_0 = \frac{4693,2}{37906,8} \cdot 100 = 12,4\% ;$$

– у виробництві за пропонованою технологією

$$D_1 = \frac{5830,2}{36769,8} \cdot 100 = 15,9\%.$$

Зміна рентабельності витрат на виробництві у абсолютному вигляді [24]:

$$\Delta D = D_1 - D_0 \quad (41)$$

$$\Delta P = 15,9 - 12,4 = 3,5\%.$$

Річний економічний ефект від зниження собівартості визначається за формулою [24]:

$$\dot{A}_g = \Delta \dot{N} \cdot Q_1, \quad (42)$$

$$E_p = -1137 \cdot 100000 = -113,7 \text{ млн. грн.}$$

Результати розрахунків зведено в табл. 8.3.

Таблиця 8.3 – Техніко-економічні показники

Показники	Одиниці вимірювання	Діюче виробництво	Виробництво за пропонованою технологією	Зміна показників, %
Річний обсяг виробництва продукції у натуральному вигляді	тис. т	100	100	–
Собівартість одиниці продукції	грн/т	37906,8	36769,8	–3
Прибуток на одиницю виробленої продукції	грн/т	4693,2	5830,2	24
Рентабельність витрат на виробництво продукції	%	12,4	15,9	3,5
Річний економічний ефект від зниження собівартості	млн. грн	–	113,7	

Аналіз техніко-економічних показників показує, що виробництво екстракційної фосфатної кислоти, очищеної від сульфат-іонів конвертованим карбонатом стронцію, дозволить зменшити собівартість продукції на 3%, при цьому прибуток на одиницю продукції збільшиться на 24%. Річний економічний ефект від зниження собівартості продукції складатиме 113,7 млн. грн.

ВИСНОВКИ

1. У зв'язку з високою вартістю карбонату стронцію (700 грн./кг), що використовується в процесі очищення екстракційної фосфатної кислоти від сульфат-іонів, раціональним рішенням є здійснення конверсії сульфату стронцію, що утворюється в вигляді відходу, в карбонат стронцію для подальшого його використання.

2. В ході проведених досліджень встановлена можливість проведення конверсії сульфату стронцію – відходу від очищення екстракційної фосфатної кислоти – в карбонат. Показано, що на процес конверсії сульфату стронцію в карбонат впливають: температура, тривалість процесу, тип карбонату для конверсії. За результатами дослідження слід вважати кращими умовами: температура – 90°C, час – 1 година, при кількісному співвідношенні $\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{SrSO}_4 = 1,2: 1$ і $\text{P} : \text{T} = 3,9: 1$. Показано, що в цих умовах досягається високий ступінь конверсії – 95%.

3. Встановлено, що при 100°C ступінь конверсії карбонатом калію та карбонатом натрію відрізняються незначно. Відзначено, що при проведенні конверсії сульфату стронцію в карбонат з використанням карбонату калію необхідно готувати 35%-вий розчин, який не є насиченим. Це викликано утворенням в разі застосування насиченого розчину густої нерухомої пульпи в процесі конверсії.

4. Встановлено, що при очищенні екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію, одержаним в процесі конверсії сульфату стронцію в карбонат, можливо зниження концентрації сульфат-іонів до 0,02% мас. Дане значення знаходиться на рівні результатів, отриманих при використанні карбонату стронцію марки «ч.д.а.», що дозволяє рекомендувати зазначений метод в практичних цілях доочищення екстракційної фосфатної кислоти.

					<i>ДР.06.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Висновки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Мельник</i>					84	89
<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>		

5. Використання карбонату стронцію після другої конверсії недоцільно через зниження його хімічної активності, його рецикл можливий при введенні 20% свіжого карбонату стронцію.

6. В якості конвертуючого реагенту $\text{SrSO}_4 \rightarrow \text{SrCO}_3$ можна використовувати K_2CO_3 . Утворений сульфат калію може бути використаний у виробництві калійвмісних складних добрив.

7. На підставі експериментальних досліджень запропоновано технологічну схему конверсії осаду сульфату стронцію, отриманого в процесі знесульфачування екстракційної фосфатної кислоти карбонатом стронцію, доцільність якої доведено попередніми техніко-економічними розрахунками.

					ПД.06.01.ПЗ	Арк
						85
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кочетков С. П. Концентрирование и очистка экстракционной фосфорной кислоты / С. П. Кочетков, Н. Н. Смирнов, А. П. Ильин. – Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2007. – 304 с.
2. Бурков В. В. Минеральное сырье. Стронций : справочник / В. В. Бурков, Е. К. Подпорина, Т. П. Линде. – М. : ЗАО «Геоинформмарк», 1999. – 24 с.
3. Полуэктов Н. С. Аналитическая химия стронция / Н. С. Полуэктов, В. Т. Мищенко, Л. И. Кононенко, С. В. Бельтюкова. – М. : Наука, 1978. – 223 с.
4. Евжанов Х. Н. Переработка стронцийсодержащих промышленных вод и материалов / Х. Н. Евжанов. – Ашхабад: Химия, 1994. – 229 с.
5. Синицын Б. В. Получение стронция / Б. В. Синицын, С. М. Бараков, М. К. Баранова, В. А. Бардин., Г. А. Задемидко. – М. : ГИРЕДМЕТ, 1972. – 14 с.
6. Joshi M. N. Preparation of the metal strontium from celestine / M. N. Joshi, A. K. Grover // Indian J. Technol. – 1973. – № 72. – С. 74-77.
7. Евжанов Х. Н. Извлечение стронция из целестиновых руд / Х. Н. Евжанов, Г. И. Андриясова // Химическая промышленность. – 1996. – № 7. – С. 11-13.
8. Спайдерман Л. И. Физико-химическое изучение взаимной системы $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SrSO}_4 = \text{SrCO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ в водной среде с целью научного обоснования процесса разложения целестина растворами соды : дис. ... канд. техн. наук : 05.07.01 / Спайдерман Лев Игоревич. – М.: 1985. – 178 с.
9. Копылев Б. А. Технология экстракционной фосфорной кислоты / Б. А. Копылев. – Л.: Химия, 1981. – 221 с.

					<i>ДР.06.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Література</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Мельник</i>						88	90
<i>Керівник</i>	<i>Золотарьова</i>					<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр. ТНР-19зм</i>		
<i>Консультант</i>								
<i>Н. контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>							

10. Позин М. Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот). Ч.2. / М. Е. Позин. – Л.: Химия, 1974. – 768 с.
11. Шокин И. Н. Технология соды: учеб. пособие / И. Н. Шокин., С. А. Крашенинников. – М.: Химия, 1975. – 288 с.
12. ГОСТ 24596.2-2015. Фосфаты кормовые. Методы определения фосфора. – Введ. 2016-07-01. – Москва: Станартинформ, 2015. – 15 с.
13. ГОСТ 4386-89. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации фторидов. – Москва: Станартинформ, 1989. – 6 с.
14. ГОСТ 31940-2012. Вода питьевая. Методы определения сульфатов. – Введ. 2014-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2013. – 16 с.
15. Машины и аппараты химической промышленности: учеб. пособие / И. И. Чернобыльский, А. Г. Бондарь, Б. А. Гаевский, С. А. Городинская и др.; за ред. И. И. Чернобыльского. – М. : Машиностроение, 1977. – 521 с.
16. Расчет цилиндрических обечаек стальных сварных сосудов и аппаратов для студентов специальности 7.090220 : методические указания / сост. А. И. Барвин, И. М. Генкина, В. В. Иванченко. – Северодонецк : СТИ, 2002. – 83 с.
17. Петков В. П. Екологічна безпека: навч. посіб. / В.П. Петков. – К. : Центр учбової літератури, 2018. – 216 с.
18. Кочетков С. П. Основные экологические аспекты комплексной переработки природного фосфатного сырья / С. П. Кочетков, С. В. Брыль // Экология и строительство. – 2016. – № 2. – С.9-17.
19. Житецький В. І. Основи охорони праці: навч. посіб. / В. І. Житецький. – Львів.: Афіша, 2000. – 348 с.
20. Бедрій Я. І. Охорона праці: навч. посіб. / Я. І. Бедрій. – Львів.: Афіша, 1997. – 258 с.

						Арк
					ДР.06.01.ПЗ	89
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Запорожець О. І. Основи охорони праці : підруч. / О. І. Запорожець, О. С. Протоєрейський, Г. М. Франчук, І. М. Боровик. – К. : Центр учбової літератури, 2009. – 264 с.
22. Филов В. А. Вредные вещества: справочник / В. А. Филатов. – Л. : Химия, 1989. – 392 с.
23. Охорона праці в галузі : навч. посіб. / П. С. Атаманчук, В. В. Мендерецький, О. П. Панчук, Р. М. Білий. – К. : «Центр учбової літератури», 2017. – 322 с.
24. Методичні вказівки до виконання і оформлення дипломної роботи для здобувачів вищої освіти за освітнім ступенем магістр спеціальності «Хімічні технології та інженерія» денної та заочної форм навчання / уклад. О. В. Суворін, І. В. Кравченко, М. А. Ожередова, Т. Е. Римар. – Сєверодонецьк : СНУ ім. В. Даля, 2018. – 113 с.
25. Рожков А. П. Пожежна безпека: навч. посіб. / А. П. Рожков. – Київ : Пожінформтехніка, 1999. – 256 с.

					<i>ДР.06.01.ПЗ</i>	Арк
						90
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		