

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра геоінженерії
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК 661.882/221

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Анатолій КРЮЧКОВ
(підпис) (ім'я, прізвище)

« ____ » _____ 2020 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 101 Екологія
(код та назва спеціальності)

на тему: «Підвищення ефективності поводження з відходами та газопиловими викидами в атмосферне повітря при виробництві титано-магнієвої губки»

Студентка групи ОЗ-91мп Олійник А. О.
(шифр групи) (прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Науковий керівник Жукова Н. І., к. т. н., доцент _____
(прізвище та ініціали, науковий ступінь, вчене звання, посада) (підпис)

Консультант Стартап-проекту Шевчук Н. А., к. т. н., доцент _____
(назва розділу) (прізвище та ініціали, науковий ступінь, вчене звання) (підпис)

Рецензент Розен В. П., д.т.н., проф. _____
(прізвище та ініціали, науковий ступінь, вчене звання) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань

Студентка _____
(підпис)

Київ – 2020 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра геоінженерії

(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою
Спеціальність (спеціалізація) – 101 Екологія («Інженерна екологія та
ресурсозбереження»)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Анатолій КРЮЧКОВ
(підпис) (ім'я, прізвище)

« ____ » _____ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію**

студенці _____ Олійник Анастасії Олександрівні
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема дисертації «Підвищення ефективності поводження з відходами та
газопиловими викидами в атмосферне повітря при виробництві титано-магнієвої
губки»»,

науковий керівник дисертації Жукова Наталія Іванівна, к. т. н., доцент,
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання, посада)

затверджені наказом по університету від « 03 » листопада 2020 р. №3199-с

2. Дата подання студентом дисертації « 23 » грудня 2020 р.

3. Об'єкт дослідження – утворення відходів на ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат».

4. Предмет дослідження – є відходи виробництва титано-магнієвої губки та можливість їх вторинного застосування.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: дослідити загальні відомості про технологічний процес виробництва титано-магнієвої губки на комбінатах; провести аналіз впливу відходів виробництва титано-магнієвої губки на навколишнє природне середовище; проаналізувати можливість переробки та використання відходів титано-магнієвого виробництва; обґрунтувати використання відпрацьованого розплаву сольового хлоратору в якості флюсу при рафінуванні магнієвої стружки; розробити стартап-проект.

6. Орієнтовний перелік графічного матеріалу: зображення продукції, що виробляється на ТОВ «ЗТМК», технологічна схема отримання $TiCl_4$, технологічна схема процесу Кролля, діаграма приблизного хімічного складу пульпи кубових залишків, вміст хлоридів калію, магнію, натрію у шламах різного виду, принципова схема отримання концентратів РЗМ з відпрацьованого РТХ, серійний та досліджуваний сплав магнієвої стружки.
7. Орієнтовний перелік публікацій: в III науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ на тему «Використання відпрацьованого розплаву сольового хлоратору в якості флюсу при рафінуванні магнієвої стружки».
8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали, посада	Дата, підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Репін М.В., к.т.н., асистент		
Стартап-проект	Шевчук Н.А., к.т.н., доцент		

9. Дата видачі завдання: «01 » вересня 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1	Затвердження теми магістерської дисертації науковим керівником	26.10.2020	Виконано
2	Написання 1 розділу магістерської дисертації	01-12.11.2020	Виконано
3	Написання 2 розділу магістерської дисертації	13-24.11.2020	Виконано
4	Розробка стартап проекту	25-30.11.2020	Виконано
5	Оформлення дисертації	01-05.12.2020	Виконано
6	Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	05-17.12.2020	Виконано
7	Передзахист магістерської дисертації	15-17.12.2020	Виконано
8	Захист магістерської дисертації	22-24.12.2020	Виконано

Студентка

(підпис)

Анастасія Олійник
(ім'я, прізвище)

Науковий керівник

(підпис)

Наталія Жукова
(ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг дисертаційної роботи складається із вступу, трьох розділів, висновків та списку використаної літератури. Обсяг роботи становить 76 сторінок, 31 джерел інформації, 15 таблиць, 9 ілюстрацій.

Темою магістерської дисертації є підвищення ефективності поводження з відходами та газопиловими викидами в атмосферне повітря при виробництві титано-магнієвої губки.

Актуальність. Сьогодні світ намагається вирішувати проблему переробки, утилізації або вторинного використання промислових відходів. Титано-магнієві комбінати – підприємства хімічної промисловості та галузі кольорової металургії, які є потужними джерелами хлоровмісних відходів.

Тетрахлорид титану є вихідним матеріалом для виробництва металевого титану. Його отримують хлоруванням титанового шлаку, який поряд з діоксидом титану містить кисневі сполуки заліза, мангану, магнію, кальцію, алюмінію, силіцію, ванадію та ін. Під час хлорування в сольовому розплаві накопичуються нелеткі хлориди, які погіршують його властивості. Періодично частину відпрацьованого розплаву зливають та завантажують нову порцію свіжої солі в хлоратор.

Хлоридні відходи становлять значну небезпеку для навколишнього середовища, забруднюючи ґрунти і природні води при викидах в атмосферу, при скиданні утворюються кислі стоки промислових стічних вод у природні водні об'єкти, при розміщенні твердих відходів в шламосховищах.

З хлоридними відходами губляться калій, магній, ніобій, тантал, скандій, марганець, хром та інші цінні метали. У відходах титаномагнієвого виробництва містяться також рубідій і цезій, розподіл яких по промислових продуктах і відходах недостатньо вивчено. Представлений огляд екологічно безпечних, економічно виправданих технологій по переробці хлоридних відходів, який показав можливість вилучення скандію, ніобію і рідкісноземельних елементів і повернення у виробництво титану і магнію. У зв'язку з виснаженням мінеральних

сировинних джерел рідкісних металів переробка техногенних відходів є актуальною і перспективною.

Мета дисертації – обґрунтування можливості використання відпрацьованих матеріалів, як вторинної сировини в процесі виробництва титано-магнієвої губки.

Завдання дослідження:

- дослідити загальні відомості про технологічний процес виробництва титано-магнієвої губки на комбінатах;
- провести аналіз впливу відходів виробництва титано-магнієвої губки на навколишнє природне середовище;
- проаналізувати можливість переробки та використання відходів титано-магнієвого виробництва;
- обґрунтувати використання відпрацьованого розплаву сольового хлоратору в якості флюсу при рафінуванні магнієвої стружки;
- розробити стартап-проект.

Об'єкт дослідження – утворення відходів на ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат».

Предмет дослідження - відходи виробництва титано-магнієвої губки та можливість їх вторинного застосування.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний, експериментальний, комбінований.

Наукова новизна полягає в дослідженні покращення механічних властивостей продукції титано-магнієвого виробництва при використанні в якості покривного флюсу відпрацьований розплав сольового хлоратора.

Практичне значення полягає у використанні відходів відпрацьованого розплаву сольового хлоратору для зменшення кількості відходів, що захоронюються при виробництві титано-магнієвої губки на ЗТМК.

Апробація результатів дисертації. Результати магістерської дисертації були викладені на III науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ та публікації наукової статті у збірнику конференції.

Ключові слова: ВІДПРАЦЬОВАНИЙ РОЗПЛАВ СОЛЬОВОГО ХЛОРАТОРУ, ТИТАН, МАГНІЙ, ТИТАНО-МАГНІЄВИЙ КОМБІНАТ, РСХ, ПОКРИВНИЙ ФЛЮС, ВИКИДИ В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, ШЛАМОСХОВИЩА, ТИТАНОВА ГУБКА, ПРОЦЕС КРОЛЯ, ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА, ЗТМК.

ABSTRACT

The structure and scope of the dissertation consists of an introduction, three sections, conclusions and a list of references. The volume of work is 76 pages, 31 sources of information, 15 tables, 9 illustrations.

The topic of the master's dissertation is to increase the efficiency of waste management and dust emissions into the atmosphere in the production of titanium-magnesium sponge.

Topicality. Today, the world is trying to solve the problem of recycling, recycling or reuse of industrial waste. Titanium-magnesium plants are enterprises of the chemical industry and non-ferrous metallurgy, which are powerful sources of chlorine-containing waste.

Titanium tetrachloride is the starting material for the production of titanium metal. It is obtained by chlorination of titanium slag, which, along with titanium dioxide, contains oxygen compounds of iron, manganese, magnesium, calcium, aluminum, silicon, vanadium, and others. During chlorination, non-volatile chlorides accumulate in the salt melt, which impairs its properties. Periodically, part of the spent melt is drained and a new portion of fresh salt is loaded into the chlorinator.

Chloride waste poses a significant danger to the environment, polluting soils and natural waters during emissions into the atmosphere, when discharged acidic effluents of industrial wastewater are formed in natural water bodies, when solid waste is placed in sludge storage facilities.

Potassium, magnesium, niobium, tantalum, scandium, manganese, chromium and other precious metals are lost with chloride waste. Wastes of titanium-magnesium production also contain rubidium and cesium, the distribution of which on industrial products and wastes is insufficiently studied. A review of environmentally friendly, cost-effective technologies for the processing of chloride waste, which showed the possibility of extracting scandium, niobium and rare earth elements and return to the production of titanium and magnesium. Due to the depletion of mineral raw materials of rare metals, the processing of man-made waste is relevant and promising.

The purpose of the dissertation is to substantiate the possibility of using waste materials as secondary raw materials in the production of titanium-magnesium sponge.

Objectives of the study:

- to investigate general information about the technological process of production of titanium-magnesium sponge at plants;
- to analyze the impact of waste from the production of titanium-magnesium sponge on the environment;
- to analyze the possibility of processing and use of waste titanium-magnesium production;
- to substantiate the use of spent molten salt of chlorine as a flux in the refining of magnesium chips;
- develop a startup project.

Object of research - waste generation at PJSC "Zaporizhzhya Titanium and Magnesium Plant"

The subject of research - waste production of titanium-magnesium sponge and the possibility of their secondary use.

Research methods - computational-analytical, experimental, combined.

The scientific novelty lies in the study of improving the mechanical properties of products of titanium-magnesium production when using as a coating flux spent melt of salt chlorinator.

Of practical importance is the use of waste spent molten salt chlorine to reduce the amount of waste buried in the production of titanium-magnesium sponge on ZTMK.

Approbation of dissertation results. The results of the master's dissertation were presented at the III scientific and technical conference of IEE masters and the publication of a scientific article in the conference proceedings.

Keywords: SPENT MELT SALT CHLORINATORS, TITANIUM, MAGNESIUM, TITANIUM-MAGNESIUM PLANT, RSH, COVERING FLUXES, AIR EMISSIONS, SLIME STORAGEES, TITANIUM SPONGE, THE PROCESS OF RABBIT PRODUCTION TECHNOLOGY, ZTMK.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	11
ВСТУП.....	12
1 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВИРОБНИЦТВА ТИТАНО-МАГНІЄВОЇ ГУБКИ НА ТИТАНО-МАГНІЄВОМУ КОМБІНАТІ	14
1.1 Основні характеристики титано-магнієвого виробництва.....	14
1.2 Технологія виробництва титано-магнієвої губки методом Кролля.....	15
1.2.1 Отримання титанового шлаку методом плавки ільменітового концентрату в руднотермічних печах.....	16
1.2.2 Отримання титановмісної шихти	16
1.2.3 Отримання технічного тетрахлориду титану.....	17
1.2.4 Ректифікаційне очищення технічного тетрахлориду титану	17
1.2.5 Отримання магнію електролізом хлористого магнію	19
1.2.6 Відновлення титану з тетрахлориду титану магнієм з отриманням реакційної маси	19
1.2.7 Вакуумна сепарація реакційної маси	19
1.2.8 Переробка блоків титану губчастого	20
1.2.9 Виплавка титанових злитків і слябів.....	21
1.3 Санітарно захисна зона	22
1.4 Викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин	24
Висновки до розділу 1	37
2 СПОСОБИ ПЕРЕРОБКИ ТА ВТОРИННОГО ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ТИТАНО-МАГНІЄВОГО ВИРОБНИЦТВА	38
2.1 Розроблені методи переробки та утилізації відходів титано-магнієвого виробництва на ЗТМК	38
2.1.1 Зниження шкідливих викидів в довкілля при переробці промислових продуктів титанового виробництва.....	39
2.1.2 Сучасний стан і пропонувані методи вирішення проблеми переробки хлоридних відходів титано-магнієвого виробництва.....	44
2.2 Використання відходів виробництва Запорізького титано-магнієвого комбінату при рафінуванні магнієвих сплавів	53
Висновки до розділу 2	58

3 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ «ВИКОРИСТАННЯ В ЯКОСТІ ФЛЮСУ НЕ ПОКРИВНИЙ VI-2, А ТВЕРДИЙ РСХ»	60
3.1 Маркетингове дослідження аналізу стартап-проекту	60
3.2 Фінансове обґрунтування стартап-проекту	66
3.3 Економічна оцінка ефективності запровадження запропонованого стартапу	67
Висновки до розділу 3	68
ВИСНОВКИ	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	74

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ЗТМК – Запорізький титано-магнієвий комбінат;

РСХ – розплав сольового хлоратора;

ГДК – Гранично допустима концентрація;

ГДВ – гранично-допустимий викид;

ССЗ – Санітарно-захисна зона;

ВРТХ - відпрацьований розплав титанових хлораторів;

ВРВХ - відпрацьований розплав ванадієвих хлораторів;

ВХКЕ - відпрацьований розплав хлоро-калійного електроліту;

ВХМЕ - відпрацьований розплав хлор-магнієвого електроліту;

ШКХ - шлами карналітових хлораторів;

ПК - возгони пилових камер системи конденсації титанових хлораторів.

ВСТУП

Структура та обсяг роботи. Магістерська дисертація за темою «Підвищення ефективності поводження з відходами та газопиловими викидами в атмосферне повітря при виробництві титано-магнієвої губки» містить перелік умовних позначень, вступ, чотири розділи, висновки та перелік використаних джерел. Обсяг роботи становить 76 сторінок, 31 джерело інформації, 15 таблиць, 9 ілюстрацій.

Темою магістерської дисертації є підвищення ефективності поводження з відходами та газопиловими викидами в атмосферне повітря при виробництві титано-магнієвої губки.

Сьогодні світ намагається вирішувати проблему переробки, утилізації або вторинного використання промислових відходів. Титано-магнієві комбінати – підприємства хімічної промисловості та галузі кольорової металургії, які є потужними джерелами хлоровмісних відходів.

Тетрахлорид титану є вихідним матеріалом для виробництва металевого титану. Його отримують хлоруванням титанового шлаку, який поряд з діоксидом титану містить кисневі сполуки заліза, мангану, магнію, кальцію, алюмінію, силіцію, ванадію та ін. Під час хлорування в сольовому розплаві накопичуються нелеткі хлориди, які погіршують його властивості. Періодично частину відпрацьованого розплаву зливають та завантажують нову порцію свіжої солі в хлоратор.

Хлоридні відходи становлять значну небезпеку для навколишнього середовища, забруднюючи ґрунти і природні води при викидах в атмосферу, при скиданні утворюються кислі стоки промислових стічних вод у природні водні об'єкти, при розміщенні твердих відходів в шламосховищах.

У зв'язку з виснаженням мінеральних сировинних джерел рідкісних металів переробка техногенних відходів є актуальною і перспективною.

З огляду на те, що обсяги виробництва титану і магнію в найближчій перспективі не будуть скорочуватися в силу стратегічного значення цих

матеріалів, розробка екологічно безпечних, економічно виправданих і перевірених в виробничих умовах методів утилізації і знешкодження зазначених промислових відходів з метою мінімізації негативного впливу даних виробництв на навколишнє середовище є актуальним завданням.

Мета дисертації – обґрунтування можливості використання відпрацьованих матеріалів, як вторинної сировини в процесі виробництва титано-магнієвої губки.

Завдання дослідження:

- дослідити загальні відомості про технологічний процес виробництва титано-магнієвої губки на комбінатах;
- провести аналіз впливу відходів виробництва титано-магнієвої губки на навколишнє природне середовище;
- проаналізувати можливість переробки та використання відходів титано-магнієвого виробництва;
- обґрунтувати використання відпрацьованого розплаву сольового хлоратору в якості флюсу при рафінуванні магнієвої стружки;
- розробити стартап-проект.

Об'єкт дослідження – утворення відходів на ПрАТ «Запорізький титано-магнієвий комбінат»

Предмет дослідження - відходи виробництва титано-магнієвої губки та можливість їх вторинного застосування.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний, експериментальний, комбінований.

Наукова новизна полягає в дослідженні покращення механічних властивостей продукції титано-магнієвого виробництва при використанні в якості покривного флюсу відпрацьований розплав сольового хлоратора.

Практичне значення полягає у використанні відходів відпрацьованого розплаву сольового хлоратору для зменшення кількості відходів, що захоронюються при виробництві титано-магнієвої губки на ЗТМК.

1 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВИРОБНИЦТВА ТИТАНО-МАГНІЄВОЇ ГУБКИ НА ТИТАНО-МІГНІЄВОМУ КОМБІНАТІ

1.1 Основні характеристики титано-магнієвого виробництва

Зазвичай, титано-магнієві комбінати – це хімічні підприємства спрямовані на виробництво багатьох видів продукції, сировиною для яких слугують титан і магній, відповідно.

Такі підприємства виготовляють широкий спектр видів продукції, такі як:

- Титан губчастий – сировина для виготовлення металічного титану (рис.1-а). Масова частка визначається за різницею: 100% мінус сума масових часток регламентованих домішок. Розміри шматків неправильної форми. Титан губчастий марки Т_Г-Т_В виготовляють у вигляді пресованих брикетів діаметром 115–170 мм і висотою (20–180) мм або у вигляді шматків зазначених фракцій. Упаковка: Титан губчастий упаковують в сталеві бочки місткістю 0,25 м³ [6].

- Шлак титановий - Проміжний продукт, отриманий відновною електроплавкою Fe-Ti-концентратів. Призначений для подальшої переробки на металевий Ti або пігментований TiO₂ (рис. 1-б) [6].

- Тетрахлорид титану очищений - використовується у виробництві губчастого титану, пігментного діоксиду титану, в хімічній промисловості (рис. 1-в) [6].

- Виливки титанові фасовані - призначені для отримання деталей обладнання, що працюють в умовах агресивних середовищ при тиску до 3,9 Мпа (рис. 1-г) [6].

- Титанові злитки виготовляються із застосуванням сучасної технології вакуумного електронно-променевого переплаву губчастого титану. Для виробництва порожніх злитків, які використовуються в якості заготовки для виробництва труб, потрібне додаткове обладнання до печі ВТ-02 або створення нової спеціалізованої печі (рис. 1-д) [6].

- Феротитан - феросплав, що містить до 35 або більше 60% Ti, 1–7% Al, 1–4,5% Si, до 3% Cu (решта Fe і домішки). Отримують

позапічним алюмотермічним способом з концентрату ільменіту і титанових відходів (низькопроцентний феротитан) або сплавом в електричній печі залізних і титанових відходів (високопроцентний феротитан) (рис. 1-е) [6].

– Сплав на основі заліза за ТУУ 27.1-00194731-01:2011 являє собою попутно одержану продукцію, що утворюється при виплавці титанового шлаку (рис. 1-є) [6].



Рисунок 1.1 – Продукція, що виробляється на ТОВ «ЗТМК»: а) титан губчастий; б) шлак титановий; в) тетрахлорид титану очищений; г) виливки титанові фасовані; д) титанові злитки; е) феротитан; є) сплав на основі заліза.

1.2 Технологія виробництва титано-магнієвої губки методом Кролля

В основі технології виробництва титану лежить процес Кролля - отримання титану магнієтермічним відновленням тетрахлориду титану з наступною вакуумної дистиляцією. Частина титану губчастого використовується в якості сировини для виробництва злитків і слябів з титану та титанових сплавів, решта титану губчастого реалізується споживачам в якості товарної продукції [5].

Технологічна схема виробництва титану включає наступні основні етапи:

- отримання титанового шлаку методом плавки ільменітового концентрату в руднотермічних печах;
- отримання титановмісної шихти;
- отримання технічного тетрахлориду титану;
- ректифікаційна очистка технічного тетрахлориду титану;
- отримання магнію-відновника методом електролізу хлористого магнію;
- відновлення титану з тетрахлориду титану магнієм з отриманням реакційної маси;
- вакуумна сепарація реакційної маси;
- переробка блоків титану губчастого;
- виплавка титанових злитків і слябів [5].

1.2.1 Отримання титанового шлаку методом плавки ільменітового концентрату в руднотермічних печах

Виробництво титанового шлаку складається з відновлюваної руднотермічної електроплавці ільменітового концентрату з вмістом TiO_2 не менше 63% спільно з вуглецевих відновником - вугіллям, коксом або антрацитом. Процес плавки ільменітового концентрату і вуглецевого відновника, попередньо подрібненого до розміру шматків не більше 10 мм, проводять в руднотермічних печах при температурі 1650°C - 1800°C . Отриманий шлак зливають і після охолодження направляють на підготовку титановмісної шихти. Утворений в результаті плавки метал (чавун з підвищеним вмістом титану) вивозиться на склад для реалізації споживачеві. Газові випаровування з руднотермічних печей направляються на газоочистку [5].

1.2.2 Отримання титановмісної шихти

Титановмісну шихту отримують методом змішування меленого титанового шлаку, вуглецевого відновника та хлористого натрію. Перед

змішуванням титановий шлак і вуглецевий відновник дроблять та мелють. Підготовлена титановмісна шихта передається на ділянку хлорування для виробництва тетрахлориду титану [5].

1.2.3 Отримання технічного тетрахлориду титану

Тетрахлорид титану технічний утворюється при хлоруванні титановмісної шихти в розплаві солей в сольовому хлораторі та конденсації, що виходить з хлоратора парогазової суміші в системі апаратів конденсації. Процес хлорування титановмісної шихти ведеться в сольовому хлораторі. Газові випаровування з сольового хлоратора направляються на газоочистку.

Сольовий хлоратор - апарат безперервної дії. На поверхню сольового розплаву шнеком з витратного бункера безперервно завантажується титановмісна шихта. Через бічні фурми хлоратора, розташовані в нижній його частині, в розплав подається хлор-газ. З хлоратора виводяться два матеріали - парогазова суміш продуктів хлорування та відпрацьований розплав. Відпрацьований розплав виводиться з хлоратора періодично та частково, а після охолодження вивозиться на відвальне господарство підприємства.

Парогазова суміш виводиться з хлоратора безперервно та надходить в систему апаратів очищення та конденсації технічного тетрахлориду титану. Апарати очищення парогазової суміші: камера пилова, зрошувальний скруббер. Апарати конденсації технічного тетрахлориду титану: два послідовно встановлених зрошувальних конденсатора, де в процесі охолодження відбувається конденсація технічного тетрахлориду титану.

Отриманий технічний тетрахлорид титану, після відстоювання, направляється на ділянку ректифікації для очищення [5].

1.2.4 Ректифікаційне очищення технічного тетрахлориду титану

Технічний тетрахлориду титану підлягає очищенню від ванадію, а також від низько- та високо киплячих домішок. Очищення від ванадію проводиться нижчими хлоридами титану в кубі колони першої дистиляції. Процес ректифікації включає в себе очищення тетрахлориду титану від низько киплячих домішок - перша ректифікація, та від високо киплячих домішок - друга ректифікація. Процес ведеться в колонах ректифікації при температурі 120°C - 142°C. В процесі ректифікаційного очищення тетрахлориду титану в кубах-випарниках збираються кубові залишки, які періодично виводяться з кубів, випаровуються в електричній печі випарювання пульп і обробляються негашеним вапном. В результаті утворюється кек, який містить ванадій, що реалізуються споживачу [5].

Газові випаровування ректифікаційного очищення направляються на газоочистку (рисунок 1.2).

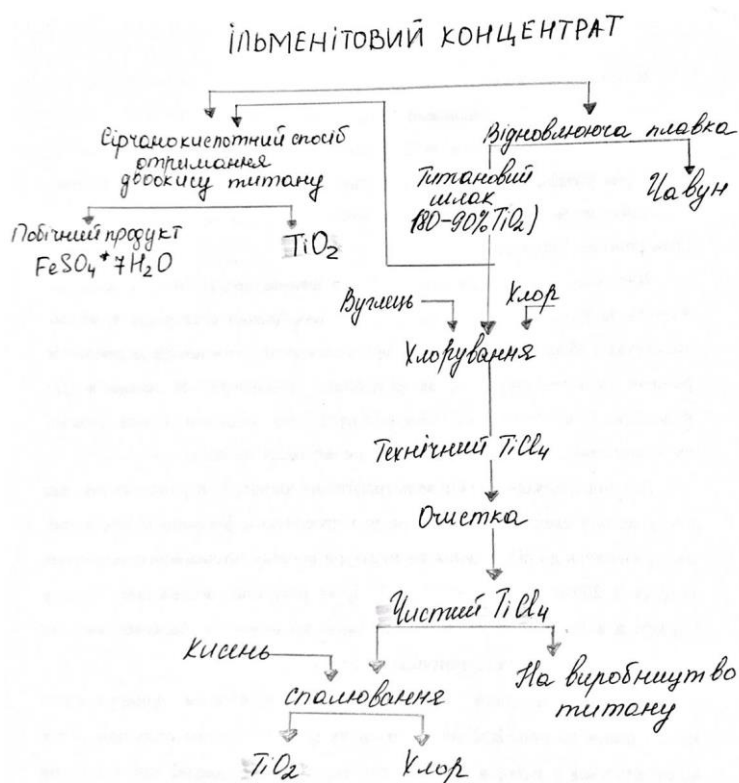


Рисунок 1.2 – Технологічна схема отримання TiCl_4

1.2.5 Отримання магнію електролізом хлористого магнію

Магній одержують методом електролітичного розкладання розплаву хлористого (діхлориду) магнію в бездіафрагмених електролізерах. В електролізерах робочим розплавом є хлористий магній, плавікошпатовий концентрат та кухонна сіль. В результаті процесу електролізу утворюється металевий магній, який після додаткового очищення направляється на відновлення титану, хлор-газ - направляється в сольовий хлоратор, а відходи: шлам і шламоелектролітна суміш - вивозяться на відвальне господарство підприємства або реалізуються споживачу. Газові випаровування з бездіафрагменних електролізерів направляються на газоочистку [5].

1.2.6 Відновлення титану з тетрахлориду титану магнієм з отриманням реакційної маси

Відновлення титану з тетрахлориду титану магнієм проводиться в апаратах відновлення. У підготовлений апарат відновлення заливається рідкий магній. Апарат з магнієм встановлюється в піч відновлення, в апарат подається тетрахлорид титану. В процесі взаємодії тетрахлориду титану з магнієм утворюється діхлориду магнію, який періодично зливається в ківш і направляється на електроліз для отримання магнію та реакційна маса, що складається з титану губчастого та залишкового магнію та діхлориду магнію. Після закінчення процесу відновлення апарат з реакційною масою відправляється на переділ сепарації [5].

1.2.7 Вакуумна сепарація реакційної маси

Процес вакуумної сепарації реакційною маси здійснюється наступним чином. Апарат сепарації з реакційною масою встановлюють в піч сепарації. У

період розігріву апарату сепарації проводиться витримка при температурі 850°C. У міру розігріву апарату з реакційною масою в середовищі вакууму починається сублімація парів магнію і діхлориду магнію. Високотемпературна витримка при температурах 980°C - 1020°C починається після завершення періоду розігріву апарату. Пари магнію та діхлориду магнію конденсуються в зворотній реторті та використовуються, в подальшому, в наступному процесі відновлення. Час процесу визначається сортом реакційної маси та залишковим тиском в апараті. Після закінчення процесу сепарації відключаються нагрівачі печі, в апарат подається аргон. Апарат охолоджується спочатку в печі, а потім в холодильнику. Після охолодження апарат сепарації демонтують, а реторту з блоком титану губчастого направляють на переробку [5].

1.2.8 Переробка блоків титану губчастого

Переробка блоків титану губчастого полягає у виконанні наступних основних операцій:

- підрізання гарнісажу і вибивка блоку з реторти, з визначенням його якості;
- поділ блоку на складові частини - крицю і гарнісаж;
- очищення реторти від залишків титану губчастого;
- очищення криці від поверхневих забруднень з виділенням низькоякісних складових частин: низовий обруб, бічний обруб;
- визначення категорії якості криці і гарнісажу та поділ за категоріями для їх подальшої роздільної переробки;
- дроблення криці та гарнісажу на пресі та в дробарках;
- розсівання дробленого титану губчастого з виділенням товарних фракцій;
- сортування товарних фракцій титану губчастого з вилученням шматків з дефектами;

– відбір проб, упаковка в підготовлену тару (контейнери, бочки), зважування, маркування, пломбування.

Упакований титан губчастий комплектується в товарні партії відповідно до контрактів і відправляється споживачеві [5].

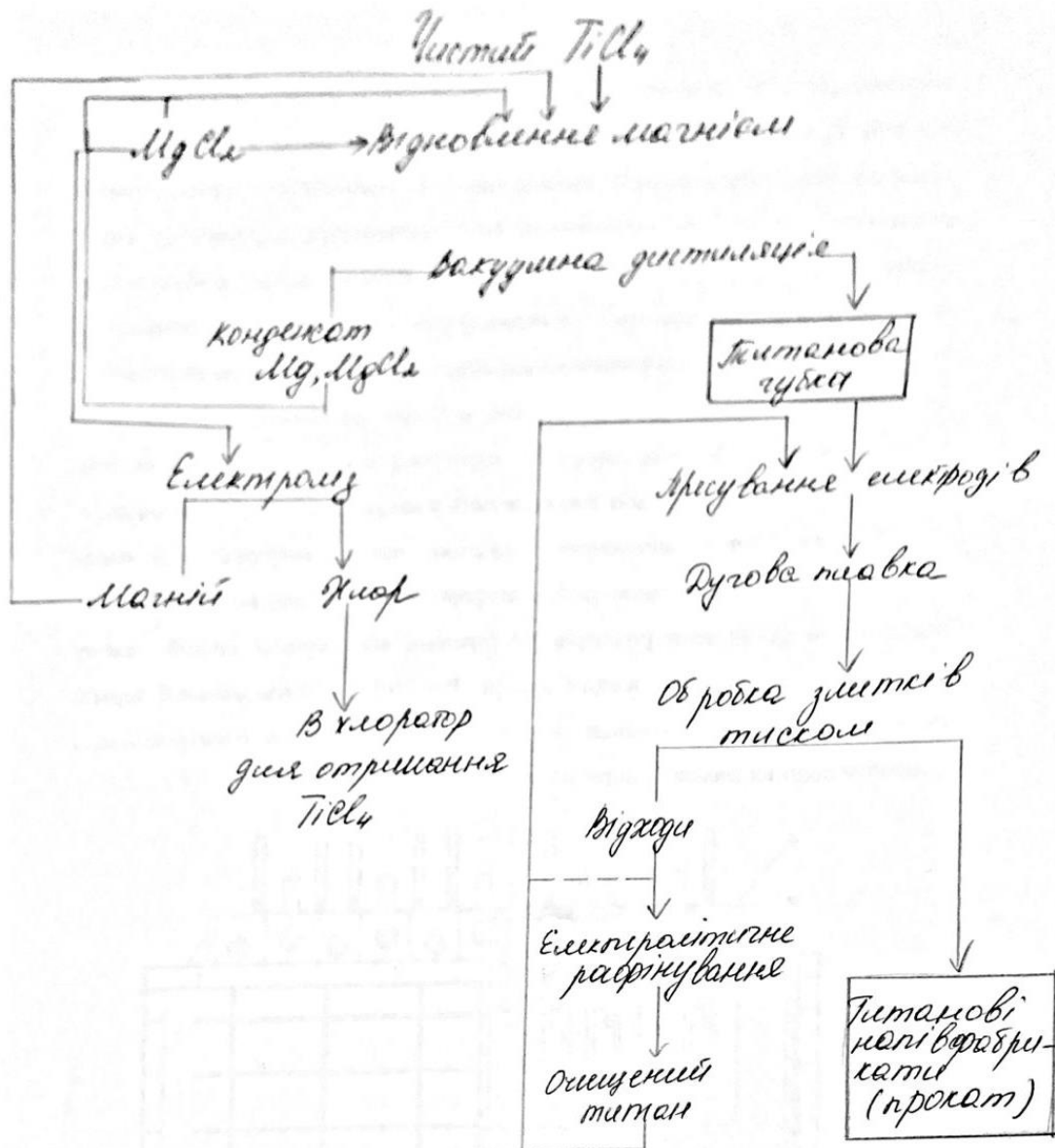


Рисунок 1.3 – Технологічна схема процесу Кролля

1.2.9 Виплавка титанових злитків і слябів

Частина виробленого титану губчастого використовується в якості сировини для виробництва злитків і слябів з технічно чистого титану і титанових сплавів. Титан губчастий попередньо брикетується, після чого брикети направляються на плавильну ділянку, де вони переплавляються в злитки або сляби на установці електронно-променевого переплаву. Надалі злитки і сляби направляються на механічну обробку (розпилювання, обточування, зняття фасок), піддаються контролю якості за хімічним складом, внутрішніми і зовнішніми дефектами. Готові злитки і сляби маркуються, упаковуються і відправляються споживачеві [5].

1.3 Санітарно захисна зона

Згідно з санітарною класифікацією підприємств, виробництв та організацій Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів, затверджених наказом МОЗ України від 19.06.96 р. № 173 «Хімічні підприємства та виробництва» Клас І. А. Санітарно-захисна зона 3000 м. Умови до дотримання СЗЗ існують.

Клас небезпечності підприємства – І. А.

Нормативний розмір СЗЗ – 3 000 м.

Нормативний розмір СЗЗ повинен перевірятися розрахунками забруднення атмосферного повітря відповідно до вимог «Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (далі – ОНД-86). З урахуванням вимог ОНД-86 корегування СЗЗ виконується по формулі:

$$Л = Л_0 \frac{P}{P_0},$$

де $Л$ – скорегований радіус СЗЗ, м;

$Л_0$ – радіус нормативної СЗЗ без урахування поправки на розу вітрів, м;

P – середньорічна повторюваність напрямлень вітру розглянутого румбу, 5%;

P_0 – середньорічна повторюваність напрямлень вітру одного румбу при круговій розі вітрів, (при восьми румбовій шкалі рози вітрів становить 12,5) %.

Дані розрахунків наведено у таблиці 1.4:

Таблиця 1.1 – Румби рози вітрів

Румби рози вітрів	Пн.	Пн.-Сх.	Сх.	Пд.-Сх.	Пд.	Пд.-Зх.	Зх.	Пн.-Зх.
L_0	50	50	50	50	50	50	50	50
P	13,6	9,1	8,8	12,8	13,0	11,5	17,7	13,5
P/P_0	1,09	0,73	0,70	1,02	1,04	0,92	1,42	1,08
L	54,5	36,5	35,0	51,0	52,0	46,0	61,6	54,0

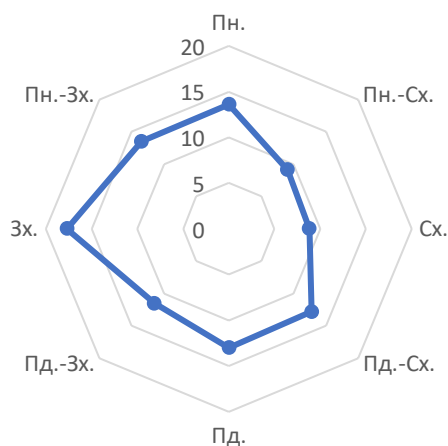


Рисунок 1.4 – Роза вітрів

Роза вітрів за період 2019 року наведена на рисунку 1.4.

Згідно з коефіцієнтом доцільності, розрахунок розсіювання доцільно проводити лише для оксидів азоту та оцтової кислоти. Після проведення розрахунку без врахування значень фонових концентрацій, можна зробити висновки, що максимальні приземні концентрації на межі санітарно-захисної зони відповідають вимогам п. 2,3 ДСП-173-96 щодо додержання гігієнічних

нормативів допустимого вмісту забруднюючих речовин в атмосферному повітрі (1 ГДК).

Значення приземних концентрацій по всім іншим речовинам значно нижчі від допустимих, а саме $\leq 0,1$ ГДК.

Отже, СЗЗ приймається, як нормативна, тобто 3000 м.

1.4 Викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин

Таблиця 1.2 - Щоденна інформація за результатами аналізів викидів забруднюючих речовин в навколишнє середовище ТОВ «ЗТМК» (вересень-листопад 2020 року)

Дата\зміна	Показник	Од. виміру	Норматив	Факт
1	2	3	4	5
Атмосферне повітря:				
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
30.09.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,7
30.09-01.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,81
01.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,85
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
30.09.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,44
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
30.09-01.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,34
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
01.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,26
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				

Продовження таблиці 1.2

01.10.2020 змiна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,64
01-02.10.2020 змiна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,48
02.10.2020 змiна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,49
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
01.10.2020 змiна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,18
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
01-02.10.2020 змiна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,39
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
02.10.2020 змiна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,30
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
03.10.2020 змiна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,23
03-04.10.2020 змiна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,7
04.10.2020 змiна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,99
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
03.10.2020 змiна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,34
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
03-04.10.2020 змiна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,12

Продовження таблиці 1.2

	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
04.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	1,31
змiна 7 ⁰⁰ до15 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
05.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м менше (0,1)
змiна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,67
05-06.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м менше (0,1)
змiна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,37
06.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м менше (0,1)
змiна 7 ⁰⁰ до15 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,35
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
05.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	1,2
змiна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м менше (2,0)
05-06.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	1,13
змiна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м менше (2,0)
06.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	1,32
змiна 7 ⁰⁰ до15 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
06.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м менше (0,1)
змiна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,7
06-07.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м менше (0,1)
змiна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,53
07.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м менше (0,1)
змiна 7 ⁰⁰ до15 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,46
Труба г/о цеху №7, джерело №49				

Продовження таблиці 1.2

06.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,47
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
06-07.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,19
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
07.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,24
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Повітряний басейн				
Гаражі кооператива «Північний»				
1	2	3	4	5
07.10.2020	Хлор	мг/м ³	0,1	н.ч.м. менше 0,012
	Водень хлористий	мг/м ³	0,2	н.ч.м. менше 0,1
Прохідна «Запоріжметалоопторг»				
07.10.2020	Хлор	мг/м ³	0,1	н.ч.м. менше 0,012
	Водень хлористий	мг/м ³	0,2	н.ч.м. менше 0,1
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
07.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,67
07-08.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,65
08.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,64
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
07.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,11
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
07-08.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,36

Продовження таблиці 1.2

	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
08.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	1,34
зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
08.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,97
08-09.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,55
09.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,10)
зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰				
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
08.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	1,45
зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
08-09.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	0,97
зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
09.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	1,09
зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
09.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,61
09-10.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,88
10.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,58
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
09.10.2020	Хлор	мг/м ³	5	1,47
зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰				

Продовження таблиці 1.2

	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
09-10.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,29
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
10.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,27
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
10.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,24
10-11.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,42
11.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,38
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
10.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,16
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
10-11.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,41
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
11.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,26
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
11.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,38
11-12.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,79
12.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,55

Продовження таблиці 1.2

Труба г/о цеху №7, джерело №49				
11.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,38
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
11-12.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,14
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
12.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,02
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
12.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,63
12-13.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	3,00
13.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,64
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
12.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,48
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
12-13.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,36
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
13.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,22
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
13.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,90
13-14.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,33
14.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)

Продовження таблиці 1.2

	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,60
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
13.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,31
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
13-14.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,37
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
14.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,08
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
14.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,30
14-15.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,47
15.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,52
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
14.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,27
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
14-15.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,16
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
15.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,38
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Повітряний басейн				
Північна прохідна ПАО «Завод напівпровідників»				
15.10.2020	Хлор	мг/м ³	0,1	н.ч.м. менше 0,012
	Водень хлористий	мг/м ³	0,2	н.ч.м. менше 0,1

Продовження таблиці 1.2

вул. Скворцова, 229				
15.10.2020	Хлор	мг/м ³	0,1	н.ч.м. менше 0,012
	Водень хлористий	мг/м ³	0,2	н.ч.м. менше 0,1
вул. Скворцова, 1				
15.10.2020	Хлор	мг/м ³	0,1	н.ч.м. менше 0,012
	Водень хлористий	мг/м ³	0,2	н.ч.м. менше 0,1
1	2	3	4	5
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
15.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,71
15-16.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,38
16.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,77
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
15.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,05
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
15-16.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,22
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
16.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	0,97
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
16.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,65
16-17.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,83
17.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)

Продовження таблиці 1.2

	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,70
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
16.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,34
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
16-17.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,26
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
1	2	3	4	5
17.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,40
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
17.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,48
17-18.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,95
18.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,52
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
17.10.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,04
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
17-18.10.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,51
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
18.10.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,09
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
18.11.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,71

Продовження таблиці 1.2

18-19.11.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,82
19.11.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,92
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
18.11.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,31
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
1	2	3	4	5
18-19.11.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,32
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
19.11.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,18
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
19.11.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,26
19-20.11.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	1,99
20.11.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	3,24
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
19.11.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,27
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
19-20.11.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,12
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
20.11.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,28

Продовження таблиці 1.2

	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
20.11.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,29
20-21.11.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,5
21.11.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,84
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
1	2	3	4	5
20.11.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,17
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
20-21.11.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,27
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
21.11.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,01
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
21.11.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	3,0
21-22.11.2020 зміна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,69
22.11.2020 зміна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,85
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
21.11.2020 зміна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,49

Продовження таблиці 1.2

	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
21-22.11.2020 змiна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,38
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
22.11.2020 змiна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,37
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
Труба г/о цеху №2, джерело №26				
22.11.2020 змiна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,54
22-23.11.2020 змiна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,99
23.11.2020 змiна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	н.ч.м. менше (0,1)
	Водень хлористий	мг/м ³	30	2,64
1	2	3	4	5
Труба г/о цеху №7, джерело №49				
22.11.2020 змiна 15 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,42
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
22-23.11.2020 змiна 23 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,24
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)
23.11.2020 змiна 7 ⁰⁰ до 15 ⁰⁰	Хлор	мг/м ³	5	1,04
	Водень хлористий	мг/м ³	30	н.ч.м. менше (2,0)

Проаналізувавши відомості, що наведені в таблиці 1.2 можна зробити висновок, що на Запорізькому титано-магнієвому комбінаті основними забруднюючими компонентами є хлор та водень хлористий. Їх нормативні значення наведені в таблиці вище.

Висновки до розділу 1

1. В першому розділі було розглянуто загальну характеристику підприємства хімічної галузі промисловості ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат», технологічну схему виробництва та основні забруднюючі компоненти.

2. З хлоратора виводяться два матеріали - парогазова суміш продуктів хлорування та відпрацьований розплав. Відпрацьований розплав виводиться з хлоратора періодично та частково, а після охолодження вивозиться на відвальне господарство підприємства.

3. Парогазова суміш виводиться з хлоратора безперервно та надходить в систему апаратів очищення та конденсації технічного тетрахлориду титану. Апарати очищення парогазової суміші: камера пилова, зрошувальний скруббер. Апарати конденсації технічного тетрахлориду титану: два послідовно встановлених зрошувальних конденсатора, де в процесі охолодження відбувається конденсація технічного тетрахлориду титану.

4. Згідно з санітарною класифікацією підприємств, виробництв та організацій Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів, затверджених наказом МОЗ України від 19.06.96 р. № 173 «Хімічні підприємства та виробництва» Клас І. А. Санітарно-захисна зона 3000 м. Умови до дотримання СЗЗ існують.

5. На Запорізькому титано-магнієвому комбінаті основними забруднюючими компонентами є хлор та водень хлористий. Їх нормативні значення наведені в таблиці 1.2.

2 СПОСОБИ ПЕРЕРОБКИ ТА ВТОРИННОГО ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ТИТАНО-МАГНІЄВОГО ВИРОБНИЦТВА

2.1 Розроблені методи переробки та утилізації відходів титано-магнієвого виробництва на ЗТМК

Тетрахлорид титану є вихідним матеріалом для виробництва металевого титану. Його отримують хлоруванням титанового шлаку, який поряд з діоксидом титану містить кисневі сполуки заліза, мангану, магнію, кальцію, алюмінію, силіцію, ванадію та ін. Під час хлорування в сольовому розплаві накопичуються нелеткі хлориди, які погіршують його властивості. Періодично частину відпрацьованого розплаву зливають та завантажують нову порцію свіжої солі в хлоратор [9].

Після хлорування утворюється технічний тетрахлорид титану та декілька побічних продуктів (твердих, рідких і газоподібних). Виробництво 1,0 т тетрахлориду титану супроводжується утворенням від 300 кг до 350 кг хлоридних відходів, які вивозять у відвал. Внаслідок чого разом з твердими відходами втрачаються хлор, діоксид титану, вуглець, хлорид натрію та інші домішкові метали. Такі відходи становлять небезпеку для навколишнього середовища. Раціональне використання відходів, що утворюються під час виробництва тетрахлориду титану, є актуальним завданням [17].

Співробітниками ПАТ «Інститут титану» та ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат» розроблено та випробувано в лабораторних та напівпромислових масштабах різні технологічні схеми переробки відходів хлорування, в яких передбачено вилучення окремих цінних компонентів – сполук ванадію, скандію та ін. Проте завдання комплексної переробки відходів виробництва тетрахлориду титану полягає у вилученні хлору, діоксиду титану, вуглецю, хлориду натрію та у поверненні їх в технологічний процес [24].

Технологічна схема регенеративної переробки відходів хлорування титанового шлаку складається з гідрометалургійної переробки твердих хлоридних відходів, електролізу розчину хлориду натрію та газоочищення. В

основу регенеративної переробки покладено властивість гідроксиду натрію до регенерації у водних розчинах, завдяки чому можливо організувати замкнутий по хлориду натрію цикл переробки відходів. Гідрометалургійну переробку твердих хлоридних відходів здійснюють розмиванням перегонів і відпрацьованого розплаву сольового хлоратора стоками газоочищення. Отриману суспензію після очищення від нерозчинних компонентів нейтралізують лужним розчином та отримують сольовий розчин, вуглецевий кек і залізо оксидні брикети [16].

Сольовий розчин після додаткового очищення упарюють з отриманням кристалевого хлориду натрію та його концентрованого очищеного розчину. Сіль повертають на хлорування титановмісної шихти. Розчин направляють на електроліз, продуктами якого є хлор, лужний розчин та водень. Одержаний хлор надходить на хлорування титанового шлаку, а лужний розчин – на газоочищення як реагент для нейтралізації та уловлювання газоподібних відходів процесу хлорування. Впровадження регенеративної переробки відходів виробництва тетрахлориду титану дозволить комплексно переробляти відпрацьований розплав, знизити витратні коефіцієнти за хлором і хлоридом натрію на 1,0 т технічного тетрахлориду титану. Отже, гідрометалургійна переробка відходів хлорування титанового шлаку передбачає вилучення основних компонентів, що входять до складу відходів хлорування, та повернення їх у виробництво [16].

2.1.1 Зниження шкідливих викидів в довкілля при переробці промислових продуктів титанового виробництва

В наш час з кожним роком видобуток корисних копалин зростає, проте, на превеликий жаль, лише невелика частина цих ресурсів проходить переробку й стає готовою продукцією. Все інше викидається назад в природу, проте вже у вигляді у вигляді забруднюючих її відходів [14].

В період з 2005 до 2015 року підприємства енергетики, чорної та кольорової металургії, хімії та інші утворили близько млрд. тонн відходів, з них близько половини – небезпечні відходи. З усього обсягу утворення промислових відходів переробки і використанню повторно піддається в середньому близько 7% [3].

Аналіз сучасного стану титаномagneзівового виробництва в Україні характеризується наступним:

- по-перше, дефіцитом мінеральної сировини;
- по-друге, великими обсягами відходів виробництва; витратами, великими втратами цінних компонентів, що знижує економічну ефективність титанового виробництва [7].

У зв'язку з цим набуває все більшої актуальності створення технологій комплексної переробки сировини.

Одним з промислових продуктів титанового виробництва є пульпа кубових залишків, що утворюється в процесі хімічної очистки технічного тетрахлориду титану від сполук ванадію нижчими хлоридами титану із застосуванням алюмінієвої пудри. Сутність хімічного очищення технічного тетрахлориду титану від сполук ванадію можна описати наступними реакціями:



Утворений при цьому VOCl_2 будучи нерозчинним в TiCl_4 випадає в осад і концентрується в пульпі кубового залишку. Приблизний хімічний склад пульпи кубових залишків представлений на рисунку 2.1.

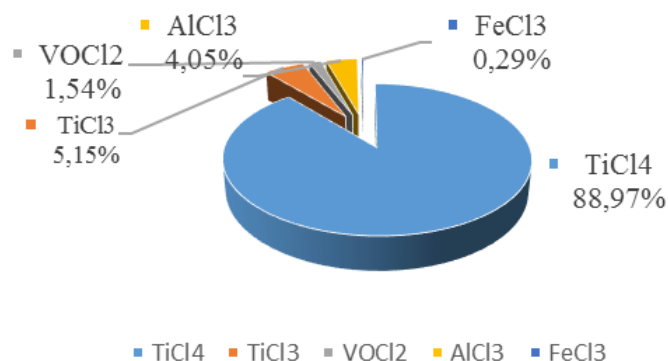


Рисунок 2.1 – Приблизний хімічний склад пульпи кубових залишків [7]

Пульпа кубових залишків - це рідкий тетрахлорид титану з зваженими твердими частинками VOCl_2 , TiCl_3 , AlCl_3 , FeCl_3 і ін. Пульпа кубових залишків - димоутворювальна речовина, при взаємодії з вологою атмосферного повітря утворює дрібнодисперсний пил оксихлоридів ванадію і токсичний хлористий водень, які викликають ураження слизової оболонки верхніх дихальних шляхів.

Ванадій в природі більш поширений, ніж мідь, цинк, свинець і олово, але він рідко зустрічається у вигляді власне ванадієвих родовищ. Володіючи схильністю до розсіювання, він часто зустрічається в якості домішки в різних мінералах і гірських породах: перш за все, в осадових залізних рудах і титаномagnetитів, а також в апатитах, глинах, бокситах, рудах багатьох уранових родовищ, фосфоритах, асфальтитами, бітумах і нафті. Промисловим джерелом ванадію служать титаномagnetитові руди (вміст ванадію сягає 1%) і осадові залізні руди, що містять до 1% ванадію [1,2]. При переробці цих руд ванадій витягується з шлаків від переділу чавуну в сталь. В якості побічного продукту ванадій витягують при переробці уранової сировини, фосфоритів, бокситів, різних органічних відкладень [14].

Вторинними сировинними джерелами отримання ванадію в Україні можуть бути відходи виробництва титанової губки, глинозему, пігментного діоксиду титану, відпрацьовані ванадієві каталізатори хімічної промисловості, тверді відходи спалювання мазуту і ін.

При попаданні в організм людини викликає гостру і хронічну дію й може викликати зміни в складі крові, органах дихання (бронхіти, пневмонія тощо),

нервовій системі, обміні речовин, має здатність до кумуляції. Іншими словами, ванадій осідає в м'яких тканинах людини, денна доза становить 0,2 мг (з їжею і повітрям). Передбачається, але так до теперішнього часу й не з'ясована, його необхідність для людини. Ванадій небезпечний для людини, так як пригнічує 13 ферментних систем, порушуючи при цьому нормальні цикли в організмі, викликає астму і звуження кровоносних судин [1].

ГДК у вигляді пилу 0,5 мг/м³, в вигляді диму 0,1 мг/м³.

Обсяги утворення пульпи кубових залишків залежать від вмісту ванадію в титановому шлаці і коливаються в межах 4-8% від обсягу виробництва очищеного тетрахлориду титану. Наприклад, при виробництві очищеного тетрахлориду титану в кількості 3000 тонн на місяць, вихід пульпи кубових залишків в середньому складе 180 тонн, в перерахунку на елементарний ванадій - 2,4 тони. Важко уявити наслідки потрапляння такої кількості ванадію в навколишнє середовище [16].

Проблема переробки пульпи кубових залишків вирішена на Запорізькому титано-магнієвому комбінаті. Впроваджена і застосовується технологія хлор-термічної переробки пульпи кубових залишків з отриманням технічного ванадію і технічного тетрахлориду титану поворотного. Вміст ванадію в технічному окситрихлориді ванадію сягає 20-22%. Далі з окситрихлориду ванадію методом екстракції і термічного розкладання отримують товарний пентаоксид ванадію, зміст V₂O₅ в якому досягає 99% [16].

Дана технологія дозволяє значно скоротити викиди ванадію в навколишнє середовище. У процесі переробки утворюється відвальний шлам ванадієвого хлоратора з вмістом ванадію до 0,3%. Також, не виключається потрапляння ванадію в атмосферу.

Викиди пентаоксиду ванадію в атмосферу в Україні наведені в таблиці 2.1 [9].

Таблиця 2.1 – Викиди пентаоксиду ванадію в атмосферне повітря

Рік	2005	2007	2009	2011	2013	ГДВ, т/рік
V ₂ O ₅ , т	17,0	23,0	8,4	8,0	9,4	19,5

Перед фахівцями стоїть найважливіше завдання зниження викидів сполук ванадію при переробці промислових продуктів титанового виробництва. В цьому напрямку ведеться робота, зокрема професором Козловим В. А. запропонована ідея використання відходів хлоридно-термічної переробки пульпи кубового залишку, що містять сполуки ванадію в нижчих ступенях окислення, для очищення технічного тетрахлориду титану від ванадію способом, заснованим на процесі диспропорціонування. Проведено дослідження з вимірювання окисно-відновного потенціалу продуктів переробки пульп кубових залишків. Результати дозволяють зробити припущення про можливість застосування даного способу на практиці [10].

Таким чином, створення технології комплексної переробки сировини в сучасній металургії титану є пріоритетним завданням, що стоїть перед металургами і науковцями, рішення якої дозволить створити безвідхідну технологічний ланцюжок титанового металургійного комплексу. У свою чергу, безвідходність титанового металургійного комплексу тісно стикається з ресурсозбереженням, під яким прийнято розуміти економне використання природних ресурсів в сферах виробництва і споживання, що забезпечує збереження екологічного середовища і життя на Землі як в локальних, так і в глобальних масштабах. Ресурсозбереження ґрунтується на комплексному використанні сировини, енергії та інших складників в умовах замкнутого виробництва, в якому відходи одних переділів виступають сировиною для інших [9].

Така схема дозволить скоротити до мінімуму шкідливі викиди титанового виробництва в навколишнє середовище.

2.1.2 Сучасний стан і пропоновані методи вирішення проблеми переробки хлоридних відходів титано-магнієвого виробництва

Розглянуто проблему утилізації хлоридних відходів, що утворюються при отриманні губчастого титану з ільменітових концентратів в процесі Кролля і металевого магнію електролізом з природного карналіту [18].

Техногенні відходи містять хлор та становлять значну небезпеку для навколишнього середовища, забруднюючи ґрунти і природні води при викидах в атмосферу, при скиданні утворюються кислі стоки промислових стічних вод у водні об'єкти, при розміщенні твердих відходів в шламосховищах. Хлоридні відходи титанового виробництва є ефективними добавками в бурові розчини, що поліпшують різні структурно-механічні властивості останніх.

Запропоновано спосіб знешкодження хлоровмісних відходів шляхом перекладу у водо нерозчинну малотоксичних форму нейтралізацією кислих пульп вапняним молоком. З хлоридними відходами губляться калій, магній, ніобій, тантал, скандій, марганець, хром та інші цінні метали.

У відходах титаномангнієвого виробництва містяться також рубідій і цезій, розподіл яких по промислових продуктах і відходах недостатньо вивчено. Представлений огляд екологічно безпечних, економічно виправданих технологій по переробці хлоридних відходів, який показав можливість вилучення скандію, ніобію і рідкісноземельних елементів, повернення у виробництво титану і магнію. У зв'язку з виснаженням мінеральних сировинних джерел рідкісних металів переробка техногенних відходів є актуальною і перспективною [18].

Найбільшими виробниками титанової губки є шість країн, в порядку провадження: Китай, Японія, Росія, Казахстан, США і Україна [16].

У 2014 році Китай надав 34% титанової губки, виробленої по всьому світу, причому загальна виробнича потужність сягала 150 000 тонн на рік [2, 3].

Процес Кролля (описаний у першому розділі детально) є основним методом отримання титанової губки в усіх країнах світу - виробниках титанової

губки [4], який полягає в магнійтермічному відновленні тетрахлориду титану при 850 ° С.

Для проведення процесу в виробничий ланцюжок включено виробництво металевого магнію електролізом з його розплавлених солей. Сировиною для отримання електролізного магнію є зневоднений карналіт, а відпрацьований електроліт застосовується при хлорування титанових шлаків. Природний карналіт попередньо збагачують і зневоднюють. На стадіях хлорування титанового шлаку і електролізу магнію утворюється значна кількість хлоридних відходів.

Промислові відходи представляють небезпеку для навколишнього середовища, забруднюючи ґрунти і природні води при викидах їх в атмосферу, при скиданні формуються промислові стічних вод у водні об'єкти, а також при розміщенні твердих відходів в шламосховищах [8].

Шлами карналітових хлораторів магнієвого виробництва на сьогоднішній день не є відходами, що утилізуються [11].

Шламосховища є явними і потенційними джерелами екологічної небезпеки. В результаті міграції хімічних речовин, що містяться в металургійних шламах, з території їх розміщення відбувається забруднення ґрунту, ґрунтових і поверхневих вод, а також виділення промислового пилу в атмосферу при їх висиханні [21].

У зв'язку з викладеним, а також з огляду на те, що обсяги виробництва титану і магнію в найближчій перспективі не будуть скорочуватися в силу стратегічного значення цих матеріалів, розробка екологічно безпечних, економічно виправданих і перевірених в виробничих умовах методів утилізації і знешкодження зазначених промислових відходів з метою мінімізації негативного впливу даних виробництв на навколишнє середовище є актуальною завданням.

В даний час існує спосіб нейтралізації відпрацьованих розплавів і возгонів титанових хлораторів [6], що включає:

– гідро розмив відпрацьованого розплаву;

- циркуляцію пульпи до отримання насичених по хлоридам розчинів;
- нейтралізацію вапняним молоком до $\text{pH} = 8,0 - 8,5$ і флокуляцію осаду;
- фільтрування і промивання осаду.

Непромийтий осад містить, мас. %: 8,0 Fe; 2,1 Cr; 2,3 Mn; 0,9 Al; $\leq 0,03$ Th; 9,4 водорозчинних хлоридів натрію, калію, магнію і кальцію. Цей осад являє собою збережену не розчинну водою малотоксичних форму відходів і може бути вивезений у відвал або використаний на підприємствах будівельної промисловості.

Відомо [7], що відходи титанового виробництва є ефективними добавками в бурові розчини, що поліпшують різні структурно-механічні властивості останніх. Показано, що введення в бурові розчини відходів хлоридів в кількості 0,5-1,5% призводить до зниження в'язкості бурових розчинів за рахунок коагуляції дисперсної глинистої фази іонами полівалентних металів.

Знешкодження хлоридного пилу титанових хлораторів на промисловому обладнанні відбувається безпосередньо на місці їх утворення методом термогідролізу. Хлоридний пил в вигляді пульпи ($\text{pH} = 1-2$, $\rho = 1,07 \text{ г/см}^3$) впорскується в піч з температурою робочої зони 1250-1300 °C. Процес гідролізу хлоридів заліза, марганцю і алюмінію, що входять в склад хлоридного пилу, протікає з утворенням хлористого водню.

Відходи титанового виробництва, відпрацьований сплав титанових хлораторів, незважаючи на їх багатокомпонентність і порівняно невисокий вміст скандію (0,01-0,03%), є досить зручною і перспективною сировиною для отримання даного металу. Це обумовлено тим, що велика частина скандію (75-80%) знаходиться в легко добувній формі, у вигляді хлориду. Тому вилуговування відходів при $T: J \geq 1,8$ може бути здійснено водою або різними оборотними промивними розчинами. Для того щоб з кислими розчинами не губився торій та продукти його розпаду була запропонована і випробувана в дослідно-промисловому масштабі комбінована осаджувально-сорбційна технологія, яка полягає в попередньому осадженні з вихідного розчину

гідроксидів хрому, скандію, титану, цирконію, торію і продуктів його розпаду [9].

За наведеною стандартною технологією вилучення скандію [10] відпрацьований сплав титанових хлораторів - відходів виробництва тетрахлориду титану містить 0,01-0,03% оксиду скандію, витравлюють в слабкому розчині (20-40 г/дм³) соляної кислоти.

Скандій, що знаходиться в відпрацьованому вигляді, переважно, у вигляді хлориду, переходить в розчин, який піддають фільтрації, коригуванням за змістом хлоридів заліза (оптимальна концентрація хлорного заліза в розчині 5-10 г/дм³) і потім направляють на екстракцію. Екстракцію скандію здійснюють 70% розчином трибутилфосфату (ТБФ) в гасі. Органічну фазу, збагачену скандієм, обробляють для відмивання від домішок міцною (220-240 г/дм³) соляною кислотою, потім скандій переводять у водну фазу (реекстракт) за допомогою 7% розчину соляної кислоти. З реекстракту щавлевою кислотою осаджують оксалати скандію та інших металів, отриману пульпу фільтрують, осад оксалатів сушать і прожарюють при 700°C і отримують технічний оксид скандію, що містить 40-60% оксиду скандію [12, 16].

Результати вдосконалення стандартної технології наведені в роботі [11]. В якості розчинника відпрацьованого розплаву титанових хлораторів були апробовані соляна кислота, вода і сірчана кислота. Встановлено, що максимальний ступінь вилучення скандію в розчин при використанні сірчаної кислоти і перевищує витяг в соляній кислоті в 1,5 рази.

На ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат» (ТОВ «ЗТМК») при максимальному завантаженні потужностей щорічно утворюється до 76 тис. т хлоридних відходів, загальний обсяг відходів на трьох шламосховищах становить понад 1,5 млн. тонн. Хлоридні відходи підприємства включають в себе:

- відпрацьований розплав титанових хлораторів (ВРТХ) 30000 т - 39,5%;
- відпрацьований розплав ванадієвих хлораторів (ВРВХ) 3000 т - 3,9%;

- відпрацьований розплав хлоро-калійного електроліту (ВХКЕ) 30000 т - 39,5%;
- відпрацьований розплав хлор-магнієвого електроліту (ВХМЕ) 6000 т - 7,9%;
- шлами карналітових хлораторів (ШКХ) - 2000 т - 2,6%;
- возгони електролізерів (ВЕ) 500 т - 0,7%;
- возгони карналітових хлораторів (КХ) 500 т - 0,7%;
- возгони пилових камер системи конденсації титанових хлораторів (ПК) 4000 т - 5,2%.

З хлоридними відходами ТОВ «ЗТМК» губляться калій, магній, ніобій, тантал, скандій, марганець, хром та інші цінні метали. У відходах титаномангнієвого виробництва містяться також рубідій і цезій, розподіл яких по промислових продуктах і відходах недостатньо вивчено.

Розроблена перспективна технологія термо-вакуумної регенерації металевого магнію з сольових хлоридних відходів печі безперервного рафінування (ПБР).

Зміст металевого магнію в шламі ПБР у вигляді корольків (1-5 мм) 10-40 мас. %. Обрані оптимальні умови сублімації магнію: температура 1030 °C і витримка 1 годину.

При цьому отриманий магнієвий конденсат (вихід 32,4%), складу мас. %: 99,87 Mg, 0,003 Fe, 0,01 Si, 0,001 Al, 0,1 Ca, 0,001 Mn, 0,001 Na, 0,001 K, 0,001 Cu, 0,01 Ti (таблиця 2.1).

Таблиця 2.2 – Масовий склад отриманого магнієвого конденсату, %

Компонент	Mg	Fe	Si	Al	Ca	Mn	Na	K	Cu	Ti
Мас. Частка, %	99,87	0,003	0,01	0,001	0,1	0,001	0,001	0,001	0,001	0,01

Проведено напівпромислові випробування розробленої технології в цеху дистиляції та відновлення тетрахлориду титану ТОВ «ЗТМК». Наскрізний витяг

магнію в возгони склало 90,2%, орієнтовний річний економічний ефект - 600 тис. долл США. При сублимації магнію з хлоридних відходів при температурі 850-900 °С виходить досить чистий конденсат металу, що містить 99,9% магнію. Такий магній можна використовувати і як товарний у вигляді чушок, і як відновник для перекладу тетрахлориду титану в губку.

В роботі [14] наведені результати дослідження можливості регенерації карналіту з ВРТХ і шлами магнієвого виробництва: шлам ПНР, шлам магнієвого електролізера хлоро-магнієвої схеми (ШМЕХС), шлам магнієвого електролізера карналітової схеми (ШМЕКС). Вміст хлоридів калію, магнію і натрію наведені на рисунку 2.2.

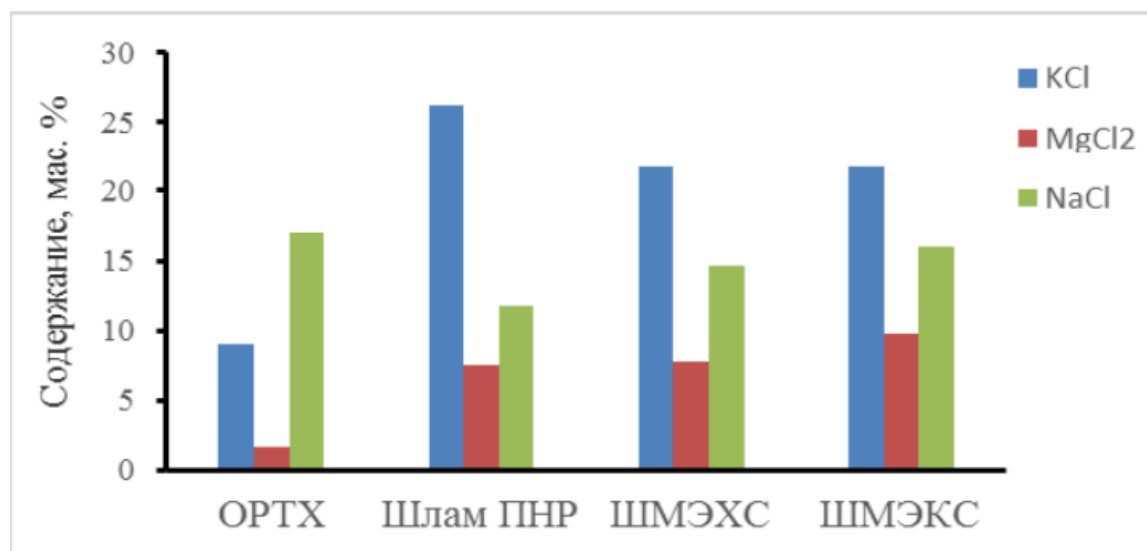


Рисунок 2.2 - Вміст хлоридів калію, магнію і натрію в ВРТХ, шламів ПНР, ШМЕХС, ШМЕКС [16]

Основною ціллю наведеної технології було отримання сольового розчину з карналітовим модулем $KCl/MgCl_2 = 0,8-1,0$. При водному вилуговуванні шламів ПНР і ШМЕКС отримані розчини з високим вмістом домішок марганцю, що робить їх непридатними для подальших досліджень.

Встановлено, що при вилуговуванні хлоридних відходів водою розчин мав карналітовий модуль 2,0-2,9. Крім того, розчин забруднений залізом, кремнієм, марганцем і алюмінієм. Для насичення розчинів вилуговування магнієм і

одночасним очищенням від домішок використовували шлами магнієвих електролізерів.

На першому етапі отримували розчин водного вилуговування з $\text{pH}=1,2-1,8$, який зміцнювали соляною кислотою до $\text{pH}=0,5$ потім порційно вводили ШМЕХС до $\text{pH}=6,8-7,6$ даний прийом дозволяє осадити домішкові метали і практично повністю розчинити оксид магнію ШМЕХС, що забезпечує необхідний карналітовий модуль $0,8-1,0$. Отриманий сольовий розчин мав склад, г/дм^3 : $\text{Ti } 0,0001-0,0004$; $\text{Fe } 0,001-0,003$; $\text{Si } 0,026-0,033$; $\text{Mn } 0,04-0,06$. Виправними методами і кристалізацією з розчину був отриманий карналіт, що відповідає вимогам ДСТУ 16109-70.

Останнім часом спостерігається зростання затребуваності рідкоземельних металів (РЗМ), які застосовуються в багатьох високотехнологічних галузях промисловості.

Вивчення розподілу рідкісноземельних елементів по хлоридним відходах ТОВ «ЗТМК» показало, що одним з потенційних сировинних джерел рідкоземельних елементів є відпрацьовані розплави титанових хлораторів. Склад рідкоземельних елементів ВРТХ комерційно привабливий, так як частка диспрозія становить 57%, неодиму 8%, а мало затребуваним церію всього 13% [15].

Технологічна схема розробленої технології приведена на малюнку 2.3.

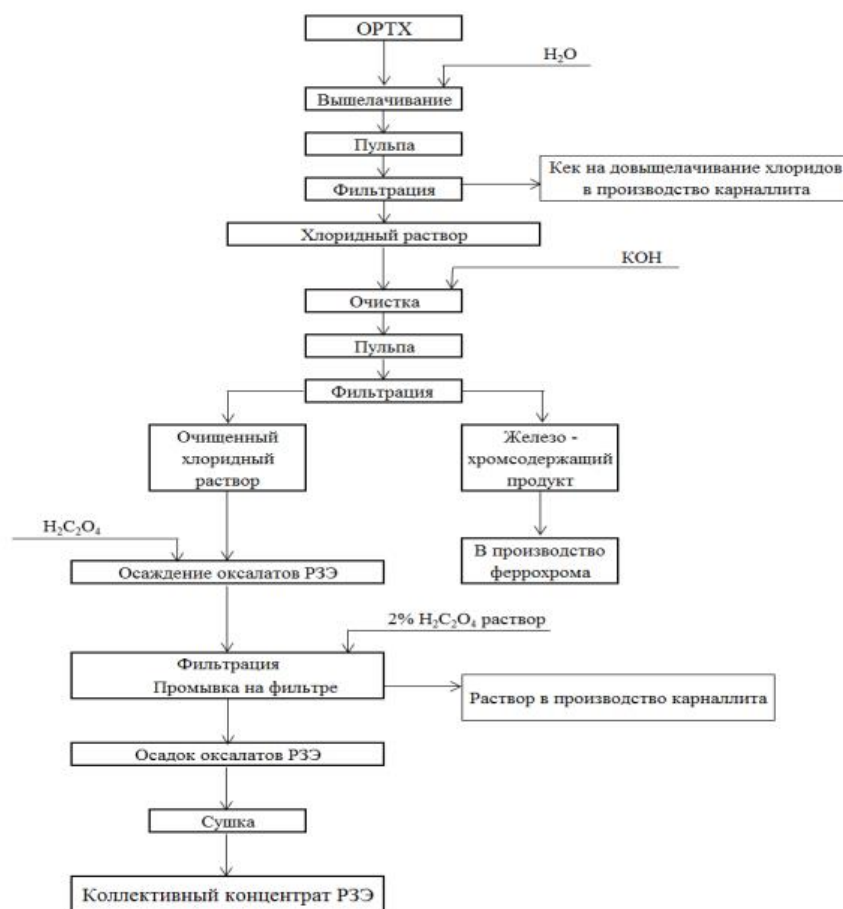


Рисунок 2.3 – Принципова схема отримання концентратів РЗМ з відпрацьованого розплаву титанового хлоратору

За даними хімічного аналізу, зміст оксалатів РЗМ - 96,0%. Основні домішки - оксалати барію і заліза, сумарний вміст яких 3,1% [13].

Наскрізний витяг рідкоземельних елементів з ВРТХ в колективний концентрат склало 66%, орієнтовний річний економічний ефект технології склав 530 тис. дол. США.

За даними ТОВ «ЗТМК» проведено аналіз розподілу ніобію в твердих відходах процесу хлорування титанових шлаків, який показав, що найбільший вміст ніобію знаходиться у возгонів пилових камер (ПК) титанового хлоратора від 0,26 до 0,6%. Розроблений спосіб [16, 17] вилучення ніобію з возгонов ПК, складу мас. %: 0,7 Nb; 2,8 Ti; 8,2 Fe; 6,3 K; 0,4 Mg; 2,5 Na; 0,27 Cr; 8,4 Al; 0,9 SiO₂; 0,44 Mn, включає вилуговування 5% Розчином сірчаної кислоти при

співвідношенні Т:Ж = 1:10, температурі 100°C, тривалості вилуговування 2 год. Склад кеку, мас. %: 1,87 Nb; 16,2 Ti; 7,9 Fe; 0,3 Si; 0,1 Cr; 0,2 Mn; 0,7 Al. Витяг ніобію в кек склало 99,5%, титану 73,3%, заліза 6,7% [13].

У кек переходять крім титану і ніобію й інші домішкові компоненти, які необхідно відокремити від основних металів. Ефективним методом для цього є процес хлоридовозгонки, який дозволяє перевести в возгони ніобій, титан у вигляді хлоридів і таким чином відокремити їх від більшості домішок. Шихта складалася з кеку 89,1% і антрациту 10,7%, в якості сполучного компонента при гранулювання використовували цукрову патоку в кількості 0,2% від ваги шихти [13].

Встановлено оптимальні параметри процесу: витрата хлору 0,2 дм³/хв, температура 750 ° С, час 120 хвилин. Витяг ніобію в возгони склало 95,2%. Отримані хлоридовозгони піддавали гідролітичній обробці з отриманням осаду складу, мас. %: 20,16 Nb; 25,8 Ti; 0,7 Fe; 0,42 Si; 0,86 Al; 0,046 Mn.

Витяг ніобію в осад склало 98,8%. Отриманий осад може бути перероблений з отриманням чистого пентаксиду ніобію за відомими методиками. Отриманий розчин від вилуговування возгонів ПК складу, г/дм³: 12,4 Fe; 4,1 Al; 2,5 Mn; 42 SO₄ 2; 7,5 K; <0,1 Mg; 3,2 Na очищали обпаленим оксидом кальцію. з очищеного розчину складу, г / дм³ : 0,01 Fe; 0,03 Al; 0,04 Mn; 0,01 SO₄ 2; 24,4 KCl; 156,0 MgCl₂; 4,3 NaCl виділяли карналліт.

В даний час ТОВ «ЗТМК» продовжує роботи по знешкодженню і утилізації промислових стічних вод титаномagneзівного виробництва, що містять хлор з метою отримання компактного осаду і рідкої фази, придатної для використання в водообігу підприємства. На відміну від існуючої технології реагентної очистки промислових стоків титаномagneзівного виробництва, заснованої на методі освітлення промислових стічних вод відстоюванням в шламонакопичувачах, пропонується зміна умов реагентної очистки промислових стоків (кислотності рідкого середовища), застосування процесу декантування з використанням методу центрифугування і термічних методів де мінералізації з використанням способу вакуумного випарювання фугату. Така технологія дозволяє значно

скоротити кількість твердих залишків та сприяє створенню більш ефективного замкнутого циклу водопостачання [13].

Вищенаведені способи переробки хлоридних відходів ОРТХ, возгонів ПК, шламів магнієвого виробництва дозволяють переробляти їх з витяганням додаткових продуктів. Однак, основними причинами, що стримують утилізацію відходів в повному обсязі, є відсутність промислових потужностей з підготовки відходів до утилізації, відсутність коштів для придбання даних потужностей, а також недостатньо представницьких дослідних випробувань з утилізації відходів через відсутність дослідних цехів на підприємствах [14].

Для підприємств, які виробляють губчастий титан в шламовідвалах яких накопичилося значна кількість хлоровмісних відходів, вельми актуальним завданням як і раніше залишається розробка нових технологічних схем і процесів переробки хлоридних відходів, що дозволяють отримувати всі цінні компоненти. Для обґрунтування раціональності таких прийомів необхідне проведення додаткових науково-дослідних робіт, проектування та будівництво пілотних установок для комплексної переробки сировини [19].

2.2 Використання відходів виробництва Запорізького титано-магнієвого комбінату при рафінуванні магнієвих сплавів

При хлоруванні титанових шлаків в процесі виробництва чотирихлористого титану утворюється відпрацьований розплав сольового хлоратору (РСХ). Даний матеріал має третій клас екологічної небезпеки й утилізується методом захоронення в траншеї, що обладнані «вапняковою» подушкою, що дозволяє утримувати розповсюдження хлоридів в ґрунті. На утилізацію відходів та утримання полігонів підприємства витрачають сотні тисяч гривень, проте екологічного ефекту від цього майже не спостерігається. Саме тому використання відходів для потреб промисловості із забезпеченням екологічної безпеки є більш ніж актуальною задачею [1].

Метою дослідження є опис методу використання в якості флюсу не покривний ВІ-2, а твердий РСХ. Завданням дослідження є обґрунтування можливості використання твердого РСХ в якості флюсу при рафінуванні магнієвої стружки і отриманні вторинного магнієвого сплаву, що застосовується для модифікації чавуну [1].

Досліджували можливість застосування твердого РСХ як флюс при рафінуванні магнієвої стружки і отримання вторинного магнієвого сплаву, застосовуваного для модифікування чавуну [2].

Суміш магнієвої стружки сплавів Мл-5 і Мл-10 переплавляли в печі "Райт" за двома технологіями:

- 1) за серійною технологією із застосуванням покривного флюсу ВІ-2 [2];
- 2) з використанням в якості флюсу РСХ, який попередньо подрібнювали до фракції 0,01-2 мм і прокалювали при температурі 150 ° С [2].

Технологічну плавку починали під флюсом ВІ-2 як більш легкоплавким, і в міру розплавлення металу в піч присаджували РСХ. Після рафінації і відстоювання 15 хв готовий розплав при температурі 720°C заливали в виливниці і піщано-глинисті форми для отримання стандартних зразків з робочим діаметром 12 мм для механічних випробувань. Частка використання РСХ по відношенню до ВІ-2 становила до 70% на плавку, при цьому змін технологічних і санітарних норм в процесі дослідної плавки не було [3].

Хімічний склад РСХ і традиційно застосовуваного флюсу ВІ-2 для виплавки магнієвих сплавів представлений в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Хімічний склад флюсу ВІ-2 та РСХ [3]

Флюс	Масова частка з'єднань, % мас										
	MgCl ₂	KCl	CaCl ₂	BaCl ₂	CaF ₂	MgO	TiCl ₄	FeCl ₃	AlCl ₃	CrCl ₃	NaCl
ВІ-2	38-46	32-43	10-11	5-9	3-5	≤1.5	-	-	-	-	-
РСХ	15-20	24-28	2-4	-	-	-	7-10	19-21	8-10	5-9	8-10

Зразки з магнієвого сплаву проходили термічну обробку в печах типу Бельв'ю і ПАП-4М по режиму Т6 (гарт від $415 \pm 5^\circ\text{C}$, витримка 15 годин, охолодження на повітрі і старіння при 200 ± 5 про $^\circ\text{C}$, витримка 8 годин, охолодження на повітрі) [2].

Тимчасовий опір розриву (σ_b) і відносне подовження (δ) зразків визначали на розривної машині Р5. Твердість зразків заміряли на твердомірі TWIN фірми «Ernst» [1].

Мікроструктуру металу розривних зразків вивчали на мікроскопі «Neophot 32» після травлення реактивом, що складається з 1% азотної кислоти, 20% оцтової кислоти, 19% дистильованої води, 60% етиленгліколю [1].

Хімічний склад досліджуваних сплавів різних варіантів переплавки магнієвої стружки за змістом основних елементів перебував приблизно на одному рівні (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 - Хімічний склад магнієвих сплавів після переплаву стружки з застосуванням різних флюсів

Сплав	Середня масова частка елементів, %					
	Al	Zn	Mn	Si	Fe	Cu
серійний	11,0	0,87	0,11	0,6	0,03	0,09
досліджуваний	11,7	0,95	0,24	0,80	0,05	0,08

Макроструктура зразків досліджуваних сплавів була щільною, однорідною без усадочної рихлості, пустот, газових пор і ін. видимих дефектів.

Мікроструктура зразків обох технологій складалася з δ -твердого розчину алюмінію, цинку і марганцю в магнії з чіткими кордонами зерен, евтектоїда ($\delta + \gamma$), що має вигляд пластин, які чергуються і дрібнодисперсними зміцнюючими інтер металічними (Mg_4Al_3) фазами.

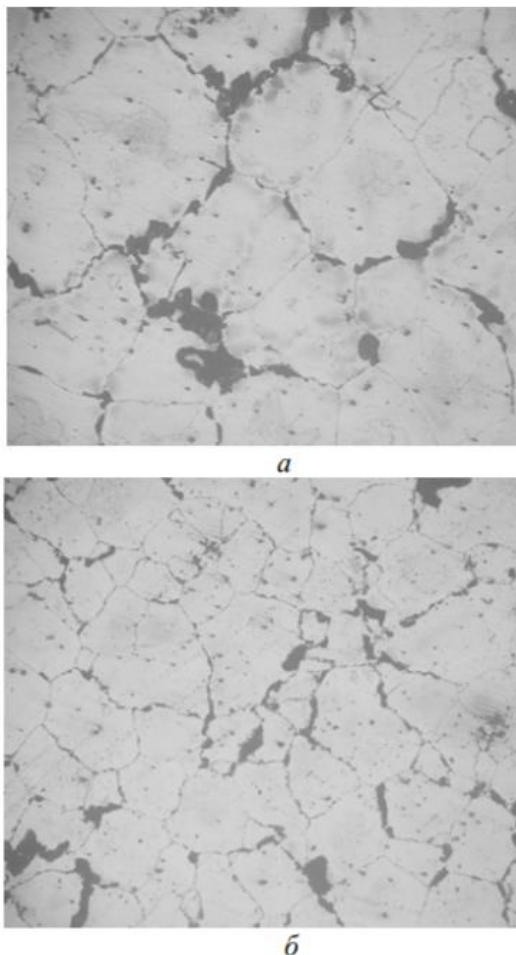


Рисунок 2.4 – а) – серійний сплав; б) сплав із використанням відпрацьованого РСХ [4].

Евтектоїдна фаза була зосереджена на межі зерен, інтерметалічна фаза виділялася в вигляді частинок округлої форми [4].

Діаметр зерна серійного сплаву становив 0,04 - 0,06 мм. Значення твердості цих зразків знаходилися на рівні 74-77 НВ (табл. 2.5). У зразках зі сплаву із застосуванням РСХ розмір зерна зменшився більш ніж в два рази і становив 0,02 - 0,03 мм, при цьому твердість їх підвищилася до 85- 90 НВ.

Механічні властивості термооброблених зразків в магнієвих сплавах досвідчених плавок з використанням РСХ мали більш високий рівень як міцності, так і пластичних характеристик металу (табл. 2.5). Можливо, цьому сприяло мікролегірування та модифікування металу компонентами РСХ.

Таблиця 2.5 - Середні значення механічних властивостей із магнієвих сплавів при переплаві стружки [4]

Сплав	Механічні властивості		
	σ_g , МПа	δ , %	НВ
Серійний	82	1,4	75
Досліджуваний	105	1,8	88

В результаті проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

- Встановлено можливість використання РСХ, як флюсу при переплаві магнієвої стружки і отримання вторинного магнієвого сплаву.
- Застосування РСХ як флюсу не вимагає ніяких додаткових змін в технологічному процесі проведення плавки і отримання вторинного магнієвого сплаву, при цьому його екологічна безпека відповідає встановленим нормам.
- Відзначено позитивний вплив РСХ при переплаві магнієвої стружки на показники механічних властивостей і гранулярність структури металу.
- Використання РСХ дозволяє економити до 400 кг флюсу ВІ-2 на тонну придатного і знизити вартість вторинного магнієвого сплаву на 450 грн. за тонну придатного.
- Можливість використання РСХ як флюсу дозволить ЗТМК знизити витрати на його утилізацію та підвищити екологічну безпеку свого виробництва.
- За технологією діаметр зерна серійного сплаву складають 0,04-0,06 мм. Значення твердості знаходяться на рівні 74-77 НВ. В зразках із сплаву з застосуванням РСХ розмір зерна складає 0,02-0,03 мм, при цьому твердість підвищилась до 85-90 НВ [11].

Висновок. Можна зробити висновок, що застосування РСХ в якості флюсу позитивно впливає на показники механічних властивостей магнієвого сплаву, при тому його екологічна безпечність відповідає встановленим нормам. Можливість використання РСХ в якості флюсу дозволяє знизити підприємствам витрат на його утилізацію та підвищити екологічну безпеку свого виробництва.

Висновки до розділу 2

1. Створення технології комплексної переробки сировини в сучасній металургії титану є пріоритетним завданням, що стоїть перед металургами і науковцями, рішення якої дозволить створити безвідхідну технологічний ланцюжок титанового металургійного комплексу. У свою чергу, безвідходність титанового металургійного комплексу тісно стикається з ресурсозбереженням, під яким прийнято розуміти економне використання природних ресурсів в сферах виробництва і споживання, що забезпечує збереження екологічного середовища і життя на Землі як в локальних, так і в глобальних масштабах. Ресурсозбереження ґрунтується на комплексному використанні сировини, енергії та інших складників в умовах замкнутого виробництва, в якому відходи одних переділів виступають сировиною для інших [6]. Така схема дозволить скоротити до мінімуму шкідливі викиди титанового виробництва в навколишнє середовище.

2. В даний час ТОВ «ЗТМК» продовжує роботи по знешкодженню і утилізації промислових хлор вмісних стічних вод титаномagneїєвого виробництва з метою отримання компактного осаду і рідкої фази, придатної для використання в водообіг підприємства. На відміну від існуючої технології реагентної очистки промислових стоків титаномagneїєвого виробництва, заснованої на методі освітлення промислових стічних вод відстоюванням в шламонакопичувачах, пропонується зміна умов реагентної очистки промислових стоків (Кислотності рідкого середовища), застосування процесу декантування з використанням методу центрифугування і термічних методів де мінералізації з використанням

способу вакуумного випарювання фугату. Така технологія дозволяє значно скоротити кількість твердих залишків та сприяє створення більш ефективного замкнутого циклу водопостачання.

3. Вищенаведені способи переробки хлоридних відходів ОРТХ, возгонов ПК, шламів магнієвого виробництва дозволяють переробляти їх з витяганням додаткових продуктів. Однак, основними причинами, що стримують утилізацію відходів в повному обсязі, є відсутність промислових потужностей з підготовки відходів до утилізації, відсутність коштів для придбання даних потужностей, а також недостатньо представницьких дослідно випробувань по утилізації відходів через відсутність дослідно цехів на підприємствах.

4. Для підприємств, які виробляють губчастий титан в шламовідвалах яких накопичилося значна кількість хлоровмісних відходів, вельми актуальним завданням як і раніше залишається розробка нових технологічних схем і процесів переробки хлоридних відходів, що дозволяють отримувати всі цінні компоненти. Для обґрунтування раціональності таких прийомів необхідне проведення додаткових науково-дослідних робіт, проектування та будівництво пілотних установок для комплексної переробки сировини.

5. Можна зробити висновок, що застосування РСХ в якості флюсу позитивно впливає на показники механічних властивостей магнієвого сплаву, при тому його екологічна безпечність відповідає встановленим нормам. Можливість використання РСХ в якості флюсу дозволяє знизити підприємствам витрат на його утилізацію та підвищити екологічну безпеку свого виробництва.

3 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ «ВИКОРИСТАННЯ В ЯКОСТІ ФЛЮСУ НЕ ПОКРИВНИЙ ВІ-2, А ТВЕРДИЙ РСХ»

Ідея стартап-проекту [24] - використання відпрацьованого розчину сольового хлоратору замість покривного флюсу при плавленні титанової стружки для отримання магнієвого сплаву.

На ринку України є два підприємства, що займаються переробкою титану та магнію. Це ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат», який відповідно знаходиться в межах міста Запоріжжя та ПрАТ «Кримський титан», що базується в м. Арманськ, який знаходиться на окупованому півострові Крим.

Запорізький титано-магнієвий комбінат — єдиний виробник титанової губки в Європі, а нова продукція — результат глибокої переробки титану, яка відкриває для підприємства нові ринки збуту в Європі та Азії. Титанові злитки, а також сляби (злитки прямокутного перерізу) широко застосовуються як конструкційний матеріал в атомній енергетиці, хімічному машинобудуванні, суднобудуванні та в багатьох інших промислових галузях. Запустивши промислове виробництво нової продукції, титановий бізнес Group DF вийшов на новий перспективний ринок. Щорічне споживання титанових злитків і слябів у світі складає близько 200 тисяч тонн продукції.

Отже, для підвищення екологічності процесу виробництва титанової губки та зниження негативного впливу на навколишнє середовище можливо використання відпрацьованого розплаву сольового хлоратору (вторинної сировини) для вдосконалення механічних властивостей магнієвих злитків.

3.1 Маркетингове дослідження аналізу стартап-проекту

Проведемо маркетингове дослідження аналізу стартап-проекту, щоб визначити можливість його впровадження на ринку [27].

Відпрацьований розплав сольового хлоратора – це хлоровмісний відхід, що утворюється при хлоруванні титанового шлаку в об'ємах близько 17 тисяч тон на рік (вихід розплаву при хлоруванні 1 тони титанового шлаку = 0,233 т).

Основною ідеєю стартап-проекту є використання обґрунтування можливості використання твердого РСХ в якості флюсу при рафінуванні магнієвої стружки і отриманні вторинного магнієвого сплаву, що застосовується для модифікації чавуну.

Даний проект можна віднести до сфери «Управління і поводження з відходами», «Хімічної промисловості». Короткий опис ідеї наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Використання в якості флюсу не покривний VI-2, а твердий РСХ	Застосування при рафінуванні магнієвої стружки і отриманні вторинного магнієвого сплаву	Зниження собівартості продукції шляхом використання вторинної сировини
		Зменшення плати податку за зберігання відходів на території підприємства
		Екологізація однієї з ланок процесу виробництва
		Безпечність в експлуатації (хлоровмісні відходи мають показник ступеня небезпеки – I)

Ставка податку за зберігання 1 тони високо небезпечних відходів 51,2 грн. Так як ЗТМК знаходиться в межах промислового району м. Запоріжжя є також коефіцієнт за розміщення та зберігання відходів в межах населеного пункту, який становить 3. Таким чином економія для підприємства на 1 тоні відпрацьованого РСХ становитиме 153,6 грн.

Для визначення переваг даного удосконалення перед існуючим проведемо дослідження слабких, нейтральних та сильних сторін. Аналіз характеристик наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Техніко-економічні показники стартап-проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики	Назва матеріалу		Слабкі сторони	Нейтральні сторони	Сильні сторони
		Моя пропозиція	Наявний варіант			
1	Наявність технологічної лінії для застосування	Відпрацьований РСХ	Покривний флюс ВІ-2	-	-	+
2	Екологічність застосування в лінії виробництва	Відпрацьований РСХ	Покривний флюс ВІ-2	-	-	+
3	Технічні характеристики продукту після використання	Відпрацьований РСХ	Покривний флюс ВІ-2	-	-	+
4	Технологія виробництва (метод Кролля)	Відпрацьований РСХ	Покривний флюс ВІ-2	-	+	-
5	Ставка податку на зберігання відходів	Відпрацьований РСХ	Покривний флюс ВІ-2	+	-	-
6	Застосування додаткових ресурсів	Відпрацьований РСХ	Покривний флюс ВІ-2	-	+	-

Після встановлення сильних та слабких сторін стартап-проекту «Використання в якості флюсу не покривний ВІ-2, а твердий РСХ» я переходитиму до аналізу факторів можливостей (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Політико-правовий	Підтримка української держави на законодавчому рівні	Вихід на міжнародний ринок зі своєю продукцією
2	Економічний	Зацікавленість іноземних інвесторів у розробці стартап-проектів	Пошук зацікавлених клієнтів для закупки титанової губки
3	Природний	Сприятливий вплив на НПС	Підприємство зменшить негативний вплив на НПС шляхом використання відходів як вторинної сировини

Також необхідно використати фактори загроз в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Фактори загроз використання відпрацьованого РСХ

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	2	3	4
1	Політико-правовий	Відсутність пільг в законодавстві при використанні вторинної сировини у виробництвах	Участь у міжнародних подібних програмах
2	Економічний	Не стабільність валюти	Коливання ціни продукції, планова діяльність
3	Соціально-культурний	Промислові підприємства, що закуповують титанову губку як сировину для своєї продукції вимагають сертифікат якості продукції при застосування відпрацьованого РСХ	Забезпечення відповідності між ціною та якістю

Визначивши можливі загрози та можливості потрібно дізнатися про конкуренцію на промисловому ринку продаж одорантів. Саме конкуренцію вважають основною умовою ефективного функціонування ринкової економіки. Конкуренція здійснює вплив на ринок через попит, ринкову ціну та пропозицію.

На ринку України зустрічаються наступні види конкуренції: монополія – діяльність ринку контролюється одним єдиним продавцем певного товару; олігополія – виникає при наявності на ринку декількох монополістів, які зазвичай підтримують його стабільність; монополістична – боротьба, яка виникає між монополіями, які виготовлять один і той самий товар; чиста – на ринку представлена велика кількість виробників продукції.

В Україні наразі лише підприємство ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат» є виробником такої продукції, як титанова губка та ін.

Перед заключним етапом маркетингового дослідження можливостей впровадження стартап-проекту є складання SWOT-аналізу (табл. 3.5). Він являється методом оцінки внутрішніх та зовнішніх факторів, які впливають на

розвиток підприємства. Ринкові загрози та можливості складаються на основі детального аналізу факторів, які впливають на формування промислового ринку.

Таблиця 3.5 – SWOT – аналіз стартап-проекту

<p>S (сильні сторони)</p> <ul style="list-style-type: none"> – підвищення екологічності продукції – поліпшення ситуації з управління і поводження з відходами – можливість покращення механічних властивостей магнієвих сплавів – доступ до ресурсів – Наявність людських ресурсів для забезпечення діяльності – Зниження собівартості виготовленої продукції 	<p>W (слабкі сторони)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Зміна економічних тенденцій – Зменшення кількості проданої продукції – Здійснення навантаження на навколишнє середовище
<p>О (можливості)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Можливість виходу на міжнародний ринок завдяки сертифікації систем менеджменту – Збільшення прибутку за рахунок сертифікації продукту (СЕ-маркування) – Наявність можливості вдосконалення виробничої лінії без використання додаткових ресурсів 	<p>Т (загрози)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Велика інфляція – Недосконалість законодавчої бази

Диференційований маркетинг дає змогу досягти високого ступеня задоволення потреб окремих споживачів, підприємство переважно реалізує їм товари у великих обсягах. Стратегія диференціації маркетингу передбачає надання товару особливих відмінностей від існуючих товарів конкурентів.

Характеристика обраної стратегії наведена у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Характеристика екологічної стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Екологічна стратегія диференціації	Ринкове позиціонування	Диференціація змінює ступінь заміненості продукту, збільшує прихильність до марки товару, здатна зменшити чутливість ціни чим піднімає рентабельність.	Стратегія диференціації

Розробка стартап-проекту - це створення бізнес-моделі комерціалізації науково-технічних розробок. Побудова конкурентної бізнес-моделі є ефективним інструментом вирішення поставлених у роботі задач і представляє структуру найважливіших елементів бізнес-проекту та є джерелом інноваційних ідей і підходів, які можуть бути застосовані в унікальному поєднанні компонентів. В таблиці 3.7 представлено структуру бізнес-моделі технології використання відпрацьованого розчину сольового хлоратору як покривного флюсу, замість технологічно передбаченого флюсу ВІ-2.

Таблиця 3.7 – Структура бізнес-моделі запропонованої технології

Ключові партнери Приватне акціонерне товариство «Електрометалургійний завод „Дніпроспецсталь“ ім. Кузьміна»	Ключові види діяльності 1. Виробництво титано-магнієвої губки методом Кролля	Цінність пропозиції 2. Підвищення екологічності продукції 3. Підвищення екологічної безпеки підприємства 4. Покращення механічних властивостей продукції 5. Раціональне поводження з відходами	Взаємовідносини з клієнтами 6. Сертифікати якості на продукцію 7. Впровадження ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 та ін.	Споживчі сегменти 8. Відділи закупки підприємств важкого машинобудування (авіа, воєнного, промислового тощо.)
	Ключові ресурси 9. Обладнання в цехах 10. Сировина 11. Додаткові компоненти 12. Вторинне використання відходів		Канали збуту 13. Прямий канал збуту	
Структура собівартості 14. Витрати разові (капітальні): дослідження можливості впровадження технології 15. Витрати постійні: екологічний податок, заробітні плати 16. Витрати змінні: навчання персоналу, впровадження СЕМ, СМЯ, СМОБПіПБ та ін.			Потоки надходження доходу 17. Продаж титано-магнієвої губки (продукту виробництва) 18. Пільги від держави	

Таким чином в якості стартап-проекту розглянуто можливість використання відпрацьованого розчину сольового хлоратору як покривного флюсу, замість технологічно передбаченого флюсу ВІ-2. Сама ідея є

конкурентоспроможною та має багато сильних сторін (індивідуальний підхід до розробок, низька вартість товару, врахування необхідності переробки як гарячих так і відвальних шлаків). В якості клієнтів залишаться всі наявні в Україні та найближчому закордоні підприємства важкого та авіаційного машинобудування. Окрім цього, проект має певну кількість загроз, що можуть ускладнити вихід на ринок. В якості базової стратегії розвитку обрано стратегію екологічної диференціації. Ключовими конкурентоспроможними позиціями є гнучкість роботи фірми, невеликі капіталовкладення, поєднання екологічності та економічної вигоди. А пошук клієнтів може здійснюватися на різноманітних промислових виставках і конференціях [27].

3.2 Фінансове обґрунтування стартап-проекту

Таблиця 3.8 – Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту

Статті капіталовкладень	Величина, грн.
Вартість основних фондів та нематеріальних активів виробничого призначення	
– початкова вартість задіяних у виробничому процесі основних засобів та необоротних нематеріальних активів (разом із транспортуванням, установкою та демонтажем)	500 000 грн
Інші прямі витрати:	
– витрати на дослідження та розробку інноваційних продуктів	2 000 000 грн
– витрати на послуги сторонніх підприємств (лабораторія)	200 000 грн
– витрати на оплату комунальних послуг (електроенергія)	125 500 грн
Загальновиробничі витрати	
– витрати на управління виробництвом (оплата праці управлінського персоналу всіх підрозділів підприємства разом із ЄСВ до Пенсійного фонду, відряджень тощо)	50 000 грн
– витрати на опалення, освітлення, водопостачання, водовідведення та інше утримання виробничих приміщень	75 000 грн
– витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону довкілля	50 000 грн
– інші загальновиробничі витрати	50 000 грн
Всього капіталовкладень на реалізацію проекту	3 050 500 грн

Базою для використання запропонованої мною технології є лабораторне дослідження. В таблиці 3.8 я описала вартість основних витратних пунктів для впровадження мого стартап-проекту.

Загальні витрати вказані за 1 рік часу. Оскільки ця технологія не потребує технологічних змін в обладнанні та роботі персоналу, то такі статті витрат капіталовкладень враховані не були. Навчання персоналу враховане в пункті витрат на управління виробництвом.

3.3 Економічна оцінка ефективності запровадження запропонованого стартапу

Економія підприємства на екологічному податку за зберігання відходів в разі використання відпрацьованого розплаву сольового хлоратору, як покривного флюсу для плавки магнію становитиме близько 2 611 200 грн на рік, при ставці податку 153,6 грн/т хлоровмісного відходу, а обсяги щорічних відходів – 17 000 тон. Також при використанні покривного флюсу VI-2, що використовується за класичною технологією необхідна його закупка. Щорічно використовується близько 5500 тон цієї речовини. Вартість 1 тони покривного флюсу VI-2 становить 145 грн/тону. Сумарно на рік – 797 500 грн. Ці кошти можна вкласти в провадження запропонованої технології.

1. Коефіцієнт ефективності E (або питомий прибуток на одиницю капіталовкладень) – це відношення приросту прибутку до капіталовкладень, які викликали цей приріст (величина обернено пропорційна періоду окупності $T_{ок}$) [26]:

$$E = \frac{\Delta\P_p}{K} = \frac{3\,408\,700}{3\,050\,500} = 1,12 \quad (3.1)$$

Необхідна умова: $E > E_n$, тобто коефіцієнт ефективності повинен перевищувати встановлену норму ефективності.

Система оцінки економічної ефективності виробничих інвестицій повинна базуватись на таких принципах:

- повернення інвестованих коштів має оцінюватись на основі величини грошового потоку;

- приведення до теперішньої вартості як суми інвестицій, так і грошового потоку;

- для оцінки різних інвестиційних проектів необхідно використовувати диференційовану дисконтну ставку (ставка відсотка), причому вона повинна змінюватись залежно від мети цієї оцінки.

2. Період окупності інвестицій (додаткових капіталовкладень) [26]:

$$T_{ок} = K / \text{ГП} = 3\,050\,500 / 3\,408\,700 = 0,9, \text{ років,} \quad (3.2)$$

де ГП – середньорічна величина грошового потоку (економія експлуатаційних витрат) за певний період, грн.

Для короткострокових інвестицій період вимірюється в місяцях, для довгострокових - в роках.

Коефіцієнт ефективності запропонованих впроваджень технологічних процесів становить 1,12. Термін окупності проекту – 0,9 року.

Висновки до розділу 3

У розділі проведено аналіз слабких і сильних сторін використання відпрацьованого розчину сольового хлоратору як покривного флюсу, замість технологічно передбаченого флюсу ВІ-2. Як результат було обрано технології для впровадження їх Запорізькому-титано-магнієвому комбінаті, а саме, рафінування магнієвої стружки і отримання вторинного магнієвого сплаву, що застосовується для модифікації титану.

Було проведено маркетингове дослідження аналізу стартап-проекту, SWOT-аналіз, наведена бізнес-модель проекту, а також фінансове обґрунтування і ефективність впровадження.

Економія підприємства на екологічному податку за зберігання відходів в разі використання відпрацьованого розплаву сольового хлоратору, як покривного флюсу для плавки магнію становитиме близько 2 611 200 грн на рік,

при ставці податку 153,6 грн/т хлоровмісного відходу, а обсяги щорічних відходів – 17 000 тон.

Також при використанні покривного флюсу ВІ-2, що використовується за класичною технологією необхідна його закупка. Щорічно використовується близько 5500 тон цієї речовини. Вартість 1 тони покривного флюсу ВІ-2 становить 145 грн/тону. Сумарно на рік – 797 500 грн.

В якості базової стратегії розвитку обрано стратегію екологічної диференціації, а ключовими конкурентоспроможними позиціями визначено гнучкість роботи фірми, невеликі капіталовкладення, поєднання екологічності та економічної вигоди.

Коефіцієнт ефективності запропонованих впроваджень технологічних процесів становить 1,12. Термін окупності проекту – 0,9 року.

ВИСНОВКИ

1. В першому розділі було розглянуто загальну характеристику підприємства хімічної галузі промисловості ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат», технологічну схему виробництва та основні забруднюючі компоненти.

2. З хлоратора виводяться два матеріали - парогазова суміш продуктів хлорування та відпрацьований розплав. Відпрацьований розплав виводиться з хлоратора періодично та частково, а після охолодження вивозиться на відвальне господарство підприємства.

3. Парогазова суміш виводиться з хлоратора безперервно та надходить в систему апаратів очищення та конденсації технічного тетрахлориду титану. Апарати очищення парогазової суміші: камера пилова, зрошувальний скруббер. Апарати конденсації технічного тетрахлориду титану: два послідовно встановлених зрошувальних конденсатора, де в процесі охолодження відбувається конденсація технічного тетрахлориду титану.

4. Згідно з санітарною класифікацією підприємств, виробництв та організацій Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів, затверджених наказом МОЗ України від 19.06.96 р. № 173 «Хімічні підприємства та виробництва» Клас I. А. Санітарно-захисна зона 3000 м. Умови до дотримання СЗЗ існують.

5. На Запорізькому титано-магнієвому комбінаті основними забруднюючими компонентами є хлор та водень хлористий. Їх нормативні значення наведені в таблиці вище.

6. Створення технології комплексної переробки сировини в сучасної металургії титану є пріоритетним завданням, що стоїть перед металургами і науковцями, рішення якої дозволить створити безвідхідну технологічний ланцюжок титанового металургійного комплексу. У свою чергу, безвідходність титанового металургійного комплексу тісно стикається з ресурсозбереженням, під яким прийнято розуміти економне використання природних ресурсів в

сферах виробництва і споживання, що забезпечує збереження екологічного середовища і життя на Землі як в локальних, так і в глобальних масштабах. Ресурсозбереження ґрунтується на комплексному використанні сировини, енергії та інших складників в умовах замкнутого виробництва, в якому відходи одних переділів виступають сировиною для інших [6]. Така схема дозволить скоротити до мінімуму шкідливі викиди титанового виробництва в навколишнє середовище.

7. В даний час ТОВ «ЗТМК» продовжує роботи по знешкодженню і утилізації промислових хлор вмісних стічних вод титаномagneїєвого виробництва з метою отримання компактного осаду і рідкої фази, придатної для використання в водообіг підприємства. На відміну від існуючої технології реагентної очистки промислових стоків титаномagneїєвого виробництва, заснованої на методі освітлення промислових стічних вод відстоюванням в шламонакопичувачах, пропонується зміна умов реагентної очистки промислових стоків (Кислотності рідкого середовища), застосування процесу декантування з використанням методу центрифугування і термічних методів де мінералізації з використанням способу вакуумного випарювання фугату. Така технологія дозволяє значно скоротити кількість твердих залишків та сприяє створення більш ефективного замкнутого циклу водопостачання.

8. Вищенаведені способи переробки хлоридних відходів ОРТХ, возгонов ПК, шламів magneїєвого виробництва дозволяють переробляти їх з витяганням додаткових продуктів. Однак, основними причинами, що стримують утилізацію відходів в повному обсязі, є відсутність промислових потужностей з підготовки відходів до утилізації, відсутність коштів для придбання даних потужностей, а також недостатньо представницьких дослідно випробувань по утилізації відходів через відсутність дослідно цехів на підприємствах.

9. Для підприємств, які виробляють губчастий титан в шламовідвалах яких накопичилося значна кількість хлоровмісних відходів, вельми актуальним завданням як і раніше залишається розробка нових технологічних схем і процесів переробки хлоридних відходів, що дозволяють отримувати всі цінні компоненти.

Для обґрунтування раціональності таких прийомів необхідне проведення додаткових науково-дослідних робіт, проектування та будівництво пілотних установок для комплексної переробки сировини.

10. Можна зробити висновок, що застосування РСХ в якості флюсу позитивно впливає на показники механічних властивостей магнієвого сплаву, при тому його екологічна безпечність відповідає встановленим нормам. Можливість використання РСХ в якості флюсу дозволяє знизити підприємствам витрат на його утилізацію та підвищити екологічну безпеку свого виробництва.

11. У розділі проведено аналіз слабких і сильних сторін використання відпрацьованого розчину сольового хлоратору як покривного флюсу, замість технологічно передбаченого флюсу ВІ-2. Як результат було обрано технології для впровадження їх Запорізькому-титано-магнієвому комбінаті, а саме, рафінування магнієвої стружки і отримання вторинного магнієвого сплаву, що застосовується для модифікації титану.

12. Було проведено маркетингове дослідження аналізу стартап-проекту, SWOT-аналіз, наведена бізнес-модель проєкту, а також фінансове обґрунтування і ефективність впровадження.

13. Економія підприємства на екологічному податку за зберігання відходів в разі використання відпрацьованого розплаву сольового хлоратору, як покривного флюсу для плавки магнію становитиме близько 2 611 200 грн на рік, при ставці податку 153,6 грн/т хлоровмісного відходу, а обсяги щорічних відходів – 17 000 тон.

14. Також при використанні покривного флюсу ВІ-2, що використовується за класичною технологією необхідна його закупка. Щорічно використовується близько 5500 тон цієї речовини. Вартість 1 тони покривного флюсу ВІ-2 становить 145 грн/тону. Сумарно на рік – 797 500 грн.

15. В якості базової стратегії розвитку обрано стратегію екологічної диференціації, а ключовими конкурентоспроможними позиціями визначено гнучкість роботи фірми, невеликі капіталовкладення, поєднання екологічності та економічної вигоди.

16. Коефіцієнт ефективності запропонованих впроваджень технологічних процесів становить 1,12. Термін окупності проекту – 0,9 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Современное состояние и предлагаемые решения проблем переработки хлоридных отходов титано-магниевого производства. URL: <http://kims-imio.kz> (дата звернення: 29.10.2020).
2. Белоусов Н. Н. Плавка и разливка сплавов цветных металлов. Москва, 2011. – 80 с.
3. Титан губчастий. URL: <http://ztmc.zp.ua>. (дата звернення: 11.11.2020)
4. Крапива, С. Н. Отвальная страна. Журнал «Бизнес». 2006. № 33 (708). С. 85-87.
5. Кроля процес. URL: <https://www.chem21.info> (дата звернення 08.11.2020).
6. Технологія виробництва титанової губки. URL: <https://ztmc.zp.ua> (дата звернення 16.11.2020).
7. Способы производства из порошкового титана. URL: <https://extxe.com> (дата звернення 08.11.2020).
8. Бондар О. І., Байрак О.М. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. Міністерство екології та природних ресурсів України. Київ, 2017. 308 с.
9. Хлорная технология переработки титановых шлаков. URL: <http://www.creon-conferences.com> (дата звернення 18.11.2020).
10. Червоный И. Ф. О физико-химических закономерностях образования титановой губки. Научные труды «Донецкий национальный технический университет». Донецьк, 2008. С. 37–46.
11. Кудрявский Ю. П. Концентрирование скандия и тория из отходов производства тетрахлорида титана, их разделение и очистка. Сборник научных трудов Обезвреживание и переработка отходов титано-магниевого производства Запорожье. Запоріжжя, 2006. С. 30–37.
12. Про регенеративну переробку відходів виробництва тетрахлориду титану. URL: <http://www.zgia.zp.ua> (дата звернення 18.11.2020).

13. Органічне виробництво та продовольча безпека. URL: <http://znau.edu.ua> (дата звернення 18.11.2020).
14. Флюс порошковый ВИ-2 ТУ ВУ 590339385.002-2007. URL: <https://castings.com.ua> (дата звернення 18.11.2020).
15. Расход электроэнергии на расплавление. URL: <https://metallurgist.pro> (дата звернення 18.11.2020).
16. Физические свойства магния: плотность, теплоемкость, теплопроводность. URL: <http://thermalinfo.ru> (дата звернення 18.11.2020).
17. Исследование влияния кислорода на свойства спеченных титановых сплавов. URL: <http://www.zgia.zp.ua> (дата звернення 18.11.2020).
18. ЗТМК получает электроэнергию по стандартному тарифу. URL: <https://www.061.ua> (дата звернення 18.11.2020).
19. Sidorenko S.A. About the complex processing of chloride waste from the titanium tetrachloride production. Intellectual potential of the xxi century, 2017.
20. Розробка та обґрунтування нової концепції технологічних процесів знешкодження та утилізації хлоридних відходів титано-магнієвого виробництва. 2009. №10. С. 31–36.
21. 1. Давидова С. Л. Важкі метали як супертоксиканти ХХІ століття. РУДН, 2002. 140 с.
22. Худайбергенов Т. Є. Титано-магнієве виробництво. Технологія переробки промпродуктів і відходів. Алмати, 2006. 178 с.
23. Поляков А.Ю. Основы металлургии ванадия. 1998. 139 с.
24. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. Металлургия редких металлов. Металлургия, 1991. С.124-151.
25. Иванкин А.А. Обезвреживание отходов химикорректификационной очистки тетрахлорида титана. Вісник Запорізького державного університету, 2016. №1. С. 172–176.
26. Розроблення стартап-проекту. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. НТУУ «КПІ». Київ, 2016. 28 с.

27. Що таке стартап? URL: <https://biznecat.com> (дата звернення: 18.11.2020).

28. Круш П.В. СТАРТАП-ПРОЕКТ Рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації «Розроблення стартап-проекту» / Круш П.В., Шевчук Н.А., Андрусь О.І. – Київ, 2019. – 50 с.

29. Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування: Закон України від 08.07.2010 р. № 2464-VI. Дата оновлення: 09.08.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення: 03.12.2020).

30. 50. Податковий кодекс України : Закон України від 02.12.2010 р. № 2755-VI. Голос України. 2010. 04 груд. (№ 229-230). С. 17-83.

31. 51. Шевчук Н.А., Зайченко С.В., Кривда О.В. Впровадження та реалізація стартап проекту геомехатронного комплексу. Сучасні проблеми економіки і підприємництво. 2018. №21. С. 94-101.