

**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 504.062.2

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис) Анатолій КРЮЧКОВ  
(ім'я, прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**зі спеціальності 101 Екологія**

(код та назва спеціальності)

**на тему: «Зниження навантаження на довкілля гірничо-збагачувальними комбінатами шляхом використання відходів гірничого виробництва в очищенні стічних вод»**

**Студентка групи** ОЗ-91мп  
(шифр групи)

Горбачова К. Ю.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Науковий керівник** Тверда О. Я., д. т. н., доцент, доцент кафедри геоінженерії

(прізвище та ініціали, науковий ступінь, вчене звання, посада)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Консультант** Стартап-проекту  
(назва розділу)

Шевчук Н. А., к. т. н., доцент  
(прізвище та ініціали, науковий ступінь, вчене звання)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Рецензент** Полукаров О. І., к. т. н., доцент, доцент кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки

(прізвище та ініціали, науковий ступінь, вчене звання, посада)

\_\_\_\_\_  
(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-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) – 101 Екологія («Інженерна екологія та ресурсозбереження»)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Анатолій КРЮЧКОВ  
 (підпис) (ім'я, прізвище)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію**

студентці \_\_\_\_\_ Горбачовій Катерині Юріївні  
 (прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема дисертації «Зниження навантаження на довкілля гірничо-збагачувальними комбінатами шляхом використання відходів гірничого виробництва в очищенні стічних вод».

науковий керівник дисертації \_\_\_\_\_ Тверда Оксана Ярославівна, д. 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 «21» грудня 2020 р.

3. Об'єкт дослідження: технологічний процес очищення стічних вод гірничих підприємств.

4. Предмет дослідження: технологічні параметри процесу очищення стічних вод гірничовидобувних підприємств з використанням відходів видобутку.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: провести аналіз сучасного стану досягнень з питань зниження навантаження на довкілля та підвищення рівня ресурсозбереження гірничими підприємствами; дослідити можливість використання відходів гірничого виробництва для очищення стічних вод гірничих підприємств; розробити спосіб очищення стічних вод гірничих підприємств з використанням відходів видобутку корисних копалин, який би ліг

в основу кругового циклу функціонування гірничих підприємств; розробити стартап-проект, визначити еколого-економічну ефективність запропонованих рішень.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: технологічна схема водопостачання та водовідведення фабрики кар'єру.

7. Орієнтовний перелік публікацій: Результати наукових досліджень представлені в матеріалах XII науково-технічної конференції “Енергетика. Екологія. Людина”, ІЕЕ., в матеріалах III Науково-технічної конференції магістрантів Інституту енергозбереження та енергоменеджменту (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів).

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Репін М. В., к. т. н., асистент</i>		
<i>Стартап-проект</i>	<i>Шевчук Н. А., к. т. н., доцент</i>		

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

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Вибір і затвердження теми.	01.09.20 – 06.09.20	виконано
2.	Патентний та літературний огляд інформації	7.09.20 – 27.09.20	виконано
3.	Складання плану, розробка індивідуального завдання	28.09.20 – 11.10.20	виконано
4.	Глибоке вивчення літературних джерел і написання теоретичної частини.	12.10.20 – 08.11.20	виконано
5.	Обґрунтування еколого-економічного ефекту запропонованих заходів	09.11.20 – 22.11.20	виконано
6.	Розроблення стартап-проекту	23.11.20 – 30.11.20	виконано
7.	Підготовка графічного матеріалу	14.12.20 – 20.12.20	виконано
8.	Подання роботи ДЕК та її захист	21.12.20 – 22.12.20	виконано

Студентка

(підпис)

Катерина ГОРБАЧОВА

(ім'я, прізвище)

Науковий керівник

(підпис)

Оксана ТВЕРДА

(ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація містить 90 сторінок, 6 ілюстрацій, 19 таблиць та 67 джерел згідно з переліком посилань.

**Актуальність теми.** У промислових циклах гірничо-добувної галузі утворюється велика кількість стічних вод, до складу яких входять мінеральні кислоти, які потребують очищення, проблема управління та поводження з промисловими відходами гірничих підприємств та питання комплексного використання сировини визначають актуальність досліджень у напрямку зниження навантаження на навколишнє середовище та формування замкненого циклу функціонування гірничих підприємств.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Магістерська дисертація виконувалась відповідно до «Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» (Закон України від 21 квітня 2011 року N 3268-VI), Закону України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» (№2697-VIII від 28 лютого 2019 року), а також плану наукових досліджень кафедри геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», і є складовою частиною НДР «Утилізація відходів видобутку нерудних корисних копалин» (№ ДР 0120U101193), в якій автор брала участь як виконавець.

**Метою** роботи є зниження навантаження на довкілля гірничо-збагачувальними комбінатами шляхом використання відходів гірничого виробництва в процесі очищення стічних вод.

Для досягнення зазначеної мети поставлено та вирішено такі задачі дослідження:

– провести аналіз сучасного стану досягнень з питань зниження навантаження на довкілля та підвищення рівня ресурсозбереження гірничими підприємствами;

- дослідити можливість використання відходів гірничого виробництва для очищення стічних вод гірничих підприємств;
- розробити спосіб очищення стічних вод гірничих підприємств з використанням відходів видобутку корисних копалин, який би ліг в основу кругового циклу функціонування гірничих підприємств;
- розробити стартап-проект, визначити еколого-економічну ефективність запропонованих рішень.

**Об’єкт дослідження** – технологічний процес очищення стічних вод гірничих підприємств.

**Предмет дослідження** – технологічні параметри процесу очищення стічних вод гірничовидобувних підприємств з використанням відходів видобутку.

**Методи дослідження.** Для вирішення поставлених завдань у роботі використовувались сучасні методи наукових досліджень: аналізу – для узагальнення сучасних науково-технічних досягнень щодо зменшення навантаження на навколишнє середовище та підвищення рівня ресурсозбереження гірничими підприємствами; дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу – для встановлення залежності зміни залишкового вмісту іонів важких металів від рН; фізико-хімічного аналізу – для встановлення кількісно-якісних характеристик відходів видобутку вапняку залежно від кількісно-якісного складу стічних вод гірничих підприємств; графічний – для наочного представлення результатів дослідження; еколого-економічного аналізу – для розрахунку еколого-економічного ефекту впровадження результатів дослідження у виробництво.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

- вперше запропоновано круговий цикл функціонування гірничих підприємств, який базується на впровадженні у виробництво розробленого способу очищення кислих стічних вод гірничих підприємств з використанням відходів видобутку вапняку та отриманням сухого осаду – гіпсу, що є сировиною для низки галузей промисловості;

– встановлено залежність кількісно-якісного складу реагенту (вапнякових відходів) від хімічного складу та обсягу стічних вод гірничих підприємств;

– встановлено залежність кількості сухого осаду, утвореного в процесі очищення стічних вод гірничо-рудних підприємств відходами видобутку та переробки вапняку, залежно від кількості використаного реагенту та хімічного складу стічних вод.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у розробленні способу очищення кислих стічних вод гірничих підприємств з використанням відходів видобутку вапняку та отриманням сухого осаду – гіпсу, що є сировиною для низки галузей промисловості. Запропоновано методику визначення необхідного кількісно-якісного складу відходів, що містять оксид кальцію, від хімічного складу та обсягу стічних вод гірничо-рудних підприємств. Розроблено рекомендації щодо використання осаду, утвореного в процесі очищення стічних вод гірничо-рудних підприємств запропонованим способом.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати дисертаційних досліджень доповідались на 2 науково-технічних конференціях: XII науково-технічній конференції “Енергетика. Екологія. Людина”, м. Київ, 2020 рік; III науково-технічній конференції магістрантів Інституту енергозбереження та енергоменеджменту, м. Київ, 2020 рік.

**Публікації.** За результатами дисертаційної роботи опубліковано 1 статтю у науковому фаховому виданні з переліку МОН України.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЗНИЖЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ, ОЧИЩЕННЯ, СТІЧНА ВОДА, ВІДХОДИ ВИРОБНИЦТВА, ОСАД, ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИЙ КОМБІНАТ, ВАПНУВАННЯ.

## ABSTRACT

The master's dissertation contains 90 pages, 6 illustrations, 19 tables, and 67 sources according to the list of references.

**Actuality of theme.** In the industrial cycles of the mining industry, a large amount of wastewater is formed, including mineral acids that need treatment, the problem of management and treatment of industrial waste of mining and processing plants and the question of integrated raw materials use determine the relevance of research in reducing the environmental impact and formation of mining and processing plants' closed cycle.

**Relationship of work with scientific programs, plans, themes.** The master's dissertation was performed accordingly to the "National program of development of mineral resources of Ukraine for the period up to 2030" (Law of Ukraine of April 21, 2011 N 3268-VI), the Law of Ukraine "On the basic principles (strategy) of state environmental policy of Ukraine 2030" (№2697-VIII of February 28, 2019), as well as the research plan of the Department of Geoengineering of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute", and is the part of the "Utilization of non-metallic waste" (( DR 0120U101193) research, in which the author participated as a performer.

**The purpose of the study** is reducing the environmental impact of mining and processing plants through the use of mining waste in the process of wastewater treatment.

To achieve this goal, the following research objectives are set and solved:

- to analyze the current state's achievements in reducing the burden on the environment and an increase in the level of resource conservation by mining and processing plants;
- to examine the possibility of using mining waste for wastewater treatment of mining plants;
- to develop a wastewater treatment method for mining and processing plants through the use of mining waste, which would form the basis of the circular cycle of

mining plants operation;

- to develop a startup project and determine the environmental and economic efficiency of the proposed solutions.

**The object of the research** is the technological process of wastewater treatment of mining and processing plants.

**Subject of research** is technological parameters of the wastewater treatment process of mining and processing plants by using extractive waste.

**Research methods.** For solving the tasks in the work were used modern scientific research methods: analysis - for summarizing modern scientific and technical achievements to reduce the burden on the environment and increase the level of the resource conservation by mining and processing plants; dispersion and correlation-regression analysis - for establishing the dependence of changes in the residual content of heavy metal ions on pH; physical and chemical analysis - for establishing the quantitative and qualitative characteristics of limestone mining waste depending on the quantitative and qualitative composition of wastewater from mining and processing plants; graphic - for visual presentation of the research results; ecological and economical analysis - to calculate the ecological and economical effect of the research results` implementation in production.

**Scientific novelty of the obtained results:**

- for the first time a circular cycle of mining and processing plants is proposed, which is based on the implementation of the developed method of acid wastewater treatment of mining and processing plants using limestone waste and obtaining dry sludge - gypsum, which is raw material for a number of industries, into production;

- establishment of the quantitative and qualitative composition dependence of the reagent (limestone waste) on the chemical composition and volume of wastewater of mining and processing plants;

- establishment of the dependence of the amount of dry sludge, which is formed in the process of wastewater treatment of mining and processing plants with limestone processing waste, depending on the amount of reagent, that is used and the chemical composition of wastewater.



**The practical value of the results** is the development of method for treating the acidic wastewater from mining and processing plants through the use of limestone waste, afterwards obtaining the dry sludge - gypsum, which is a raw material for a number of industries. A method for determining the required quantitative and qualitative composition of waste containing calcium oxide from the chemical composition and volume of wastewater from mining and processing plants is proposed. Recommendations for the use of the sludge, that is formed in the process of wastewater treatment of mining and processing plants by the proposed method, are developed.

**Approbation of the results of the dissertation.** The main provisions and results of the dissertation research were presented at 2 scientific and technical conferences: the XII Scientific and Technical Conference “Energy. Ecology. Human”, Kyiv, 2020; the III Scientific and Technical Conference of the Master's students of the Energy Saving and Energy Management Institute, Kyiv, 2020.

**Publications.** Based on the results of the dissertation, 1 article was published in the scientific professional publication from the list of the Ministry of Education and Science of Ukraine.

**KEY WORDS:** DECREASE THE BURDEN, CLEANING, WATER-WASTE, PRODUCTION WASTE, SEDIMENT, MINING AND PROCESSING PLANT, LIMING.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	12
ВСТУП .....	13
1 АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ГІРНИЧИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ .....	16
1.1 Актуальність дослідження .....	16
1.2 Аналіз проблем утилізації відходів гірничого виробництва .....	23
1.3 Оцінка сучасних досліджень з питань очищення стічних вод гірничих підприємств.....	28
Висновки до розділу 1 .....	33
2 ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ З ВІДХОДАМИ ГІРНИЧОГО ВИРОБНИЦТВА В ЯКОСТІ РЕАГЕНТУ.....	34
2.1 Обґрунтування способу очищення стічних вод гірничих підприємств .....	34
2.2 Обґрунтування можливості використання відходів добування вапняку в якості реагенту.....	46
2.3 Обґрунтування шляхів використання утвореного у процесі очищення стічних вод осаду .....	48
Висновки до розділу 2 .....	50
3 ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО СПОСОБУ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ НА ПРИКЛАДІ КАР'ЄРУ № 9 ІРШАНСЬКОГО ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ .....	51
3.1 Характеристика стічних вод та системи водопостачання – водовідведення кар'єру № 9 Іршанського гірничо-збагачувального комбінату .....	51
3.2 Розрахунок ефективності очищення стічних вод та кількості отриманого у процесі очищення стоків осаду як сировини для подальшого використання ....	58
Висновки до розділу 3 .....	62

4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ГІРНИЧОГО ВИРОБНИЦТВА В ОЧИЩЕННІ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД З ОТРИМАННЯМ ОСАДУ.....	63
4.1 Опис ідеї проекту .....	63
4.2 Аналіз конкурентного середовища .....	67
4.3 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту .....	71
4.4 Ключові види діяльності та ключові партнери .....	72
4.5 Фінансове обґрунтування стартап-проекту .....	74
4.6 Цільові групи потенційних споживачів .....	75
4.7 Канали збуту .....	76
4.8 Бізнес-модель проекту .....	77
4.9 Аналіз ризиків стартап проекту.....	79
4.10 Оцінка ефективності впровадження стартап-проекту та пропозиції інвестору.....	80
Висновки до розділу 4 .....	81
ВИСНОВКИ.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	84

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ВВП – внутрішній валовий продукт;

ГДК – гранично допустима концентрація;

ГЗК – гірничо-збагачувальний комбінат;

ЗР – забруднююча речовина;

ІГЗК – Іршанський гірничо-збагачувальний комбінат;

НС – навколишнє середовище;

ХСК – хімічне споживання кисню.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У промислових циклах гірничо-добувної галузі утворюється велика кількість стічних вод, до складу яких входять мінеральні кислоти, які потребують очищення, проблема управління та поводження з промисловими відходами гірничих підприємств та питання комплексного використання сировини визначають актуальність досліджень у напрямку зниження навантаження на навколишнє середовище та формування замкненого циклу функціонування гірничих підприємств.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Магістерська дисертація виконувалась відповідно до «Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» (Закон України від 21 квітня 2011 року N 3268-VI), Закону України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» (№2697-VIII від 28 лютого 2019 року), а також плану наукових досліджень кафедри геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», і є складовою частиною НДР «Утилізація відходів видобутку нерудних корисних копалин» (№ ДР 0120U101193), в якій автор брала участь як виконавець.

**Метою** роботи є зниження навантаження на довкілля гірничо-збагачувальними комбінатами шляхом використання відходів гірничого виробництва в процесі очищення стічних вод.

Для досягнення зазначеної мети поставлено та вирішено такі задачі дослідження:

- провести аналіз сучасного стану досягнень з питань зниження навантаження на довкілля та підвищення рівня ресурсозбереження гірничими підприємствами;
- дослідити можливість використання відходів гірничого виробництва для очищення стічних вод гірничих підприємств;

- розробити спосіб очищення стічних вод гірничих підприємств з використанням відходів видобутку корисних копалин, який би ліг в основу кругового циклу функціонування гірничих підприємств;
- розробити стартап-проект, визначити еколого-економічну ефективність запропонованих рішень.

**Об’єкт дослідження** – технологічний процес очищення стічних вод гірничих підприємств.

**Предмет дослідження** – технологічні параметри процесу очищення стічних вод гірничовидобувних підприємств з використанням відходів видобутку.

**Методи дослідження.** Для вирішення поставлених завдань у роботі використовувались сучасні методи наукових досліджень: аналізу – для узагальнення сучасних науково-технічних досягнень щодо зменшення навантаження на навколишнє середовище та підвищення рівня ресурсозбереження гірничими підприємствами; дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу – для встановлення залежності зміни залишкового вмісту іонів важких металів від рН; фізико-хімічного аналізу – для встановлення кількісно-якісних характеристик відходів видобутку вапняку залежно від кількісно-якісного складу стічних вод гірничих підприємств; графічний – для наочного представлення результатів дослідження; еколого-економічного аналізу – для розрахунку еколого-економічного ефекту впровадження результатів дослідження у виробництво.

#### **Наукова новизна одержаних результатів:**

- вперше запропоновано круговий цикл функціонування гірничих підприємств, який базується на впровадженні у виробництво розробленого способу очищення кислих стічних вод гірничих підприємств з використанням відходів видобутку вапняку та отриманням сухого осаду – гіпсу, що є сировиною для низки галузей промисловості;

- встановлено залежність кількісно-якісного складу реагенту (вапнякових відходів) від хімічного складу та обсягу стічних вод гірничих підприємств;

- встановлено залежність кількості сухого осаду, утвореного в процесі очищення стічних вод гірничо-рудних підприємств відходами видобутку та переробки вапняку, залежно від кількості використаного реагенту та хімічного складу стічних вод.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у розробленні способу очищення кислих стічних вод гірничих підприємств з використанням відходів видобутку вапняку та отриманням сухого осаду – гіпсу, що є сировиною для низки галузей промисловості. Запропоновано методику визначення необхідного кількісно-якісного складу відходів, що містять оксид кальцію, від хімічного складу та обсягу стічних вод гірничо-рудних підприємств. Розроблено рекомендації щодо використання осаду, утвореного в процесі очищення стічних вод гірничо-рудних підприємств запропонованим способом.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати дисертаційних досліджень доповідались на 2 науково-технічних конференціях: XII науково-технічній конференції “Енергетика. Екологія. Людина”, м. Київ, 2020 рік; III науково-технічній конференції магістрантів Інституту енергозбереження та енергоменеджменту, м. Київ, 2020 рік.

**Публікації.** За результатами дисертаційної роботи опубліковано 1 статтю у науковому фаховому виданні з переліку МОН України.

# **1 АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ГІРНИЧИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ**

## **1.1 Актуальність дослідження**

Наразі умови посиленого впливу виробничої діяльності на навколишнє середовище поступово знищують природні характеристики довкілля. Україна входить до числа індустріально-аграрних країн оскільки частка важкої промисловості у промисловому комплексі становить близько 60 % ВВП, що значно перевищує показник західноєвропейських країн – 35 %.

Діяльність гірничих підприємств нерозривно пов'язана з утворенням великої кількості промислових відходів, які чинять негативний вплив на навколишнє середовище. Також важливим фактором забруднення НС є зношеність комунікацій та застарілість обладнання, яка на частині гірничих підприємств сягає 70 %.

Слід відзначити спеціалістів, які зробили значний внесок у розвиток підходів стосовно управління відходами гірничої та металургійної галузей, В. П. Бобилєва, Є. П. Волинкіну, В. С. Волошина, О. Бент, Л. Белашова, С. Харічкова, З. Бройде, І. Дрозд, В. Коломієць, О. Губанова, О. Боднар, В. Винниченко, І. Корінько, Г. Доусон, О. Череп, Т. Г. Данилову, Т. В. Кожемякіну, В. Є. Лотоша, В. Л. Пілюшенка та ін [1].

Проблема управління та поводження з відходами, незважаючи на велику кількість наукових праць та розробок в цій галузі, в умовах сучасної України є надзвичайно актуальною та потребує новітніх досліджень з економічного погляду на відходи, мінімізації їх впливу на довкілля, безпечного їх зберігання у спеціальних обладнаних сховищах з метою залучення в якості вторинної сировини.

Однією з найбільших проблем, що пов'язана з відходами гірничих підприємств є значне навантаження на НС як наслідок нераціонального та не організованого поводження з частиною відходів. Більшість таких відходів утворені в процесах видобування та збагачення руди. В економічному плані



відходами вважаються невикористані залишки сировини, матеріалів, напівфабрикати, теплоносії та інші види невикористаних матеріальних ресурсів, які з'явилися у процесі виробництва продукції, втратили споживчі властивості та відповідно до цього не можуть бути використані за прямим призначенням.

В середньому приблизно 5 % загальної кількості видобутої сировини матеріалізується у вигляді кінцевого продукту [2]. Інші 95 % потрапляють у водойми та осаджуються на дно, розсіюючись на великих територіях забруднюють атмосферу або зосереджуються на ґрунтовому покриві.

З економічної точки зору комплексне використання мінеральної сировини надзвичайно ефективне, перш за все, вторинне вилучення цінних компонентів з відходів виробництва значно знижує собівартість продукції та частково вирішує проблему обмеженості сировинної бази [3]. Завдяки комплексному підходу до управління та використання мінеральної сировини є можливість за менших капітальних витрат значно збільшити обсяг виробництва продукції. Наразі гострим стало питання комплексного використання та поводження з відходами гірничої галузі, які включають розкривні породи, відвали порід, хвости збагачення, шлаки, шлами, тощо [4].

Серед загальної кількості відходів накопичених в Україні близько 28 млрд. т складають відходи видобутку та збагачення, більш 3 млрд. т металургійних шлаків. Щорічно промисловістю утворюється промислових відходів більше ніж 1,6 млрд. т, а також близько 2 млн. т сумарно скидів та викидів. Серед промислових відходів найбільшу частку 84 % становлять відходи процесів переробки та видобутку мінеральної сировини, 7 % металургійні шлаки [2].

Відходи гірничих підприємств умовно можна розділити на три групи: розкривні породи, відходи з вмістом порід та відходи процесу збагачення руд [5].

Перша група – нерудні відходи, що відносяться до порід осадового походження та утворені в результаті розкривних робіт, їх складують у відвалах. Друга група відходів складається з порід, що утворилися як наслідок неоднорідності рудних тіл. Діючими в Україні гірничими підприємствами щороку попутно видобувається понад 60 млн. м<sup>3</sup> гірських порід, більшість з яких

придатна для вторинної переробки для виготовлення щебеню. Третя група – відходи збагачення руд, на збагачувальній фабриці в процесі збагачення руди отримують концентрат і відходи збагачення, відходи, зазвичай, складають 45 % загального обсягу руди, яка переробляється.

Небезпеку становлять накопичені та сконцентровані у відстійниках, резервуарах і накопичувачах відходи, оскільки ЗР в них зазнають складних фізико-хімічних змін контактуючи з атмосферою, просочуючись у літосферу та гідросферу. Як наслідок – утворюється та виділяється велика кількість сполук, у тому числі небезпечних та токсичних, які переміщуються навколишнім середовищем та прямо впливають на якість усіх компонентів довкілля.

У передових економіках світу приділяється величезна увага питанню ефективного поводження і використання відходів гірничої промисловості за рахунок чого їх рівень утилізації складає 65–80% [6].

У праці [7] пропонується технологія виробництва будівельної продукції з відходів видобутку та гірничого виробництва, які утворені в процесі виробництва щебеню на каменедробильному заводі. Автор роботи [8] вказує, що, враховуючи наявність у складі мінеральної сировини для виготовлення щебеню кремнезему, то доцільною є вторинна переробка відвалів не тільки для цілей будівельного комплексу, а й для процесів виробництва сонячних батарей, скла, радіотехнічних деталей, мікропроцесорів, оскільки кремнезем є надзвичайно цінним ресурсом.

Дослідження, досвід роботи та виробничі випробування низки промислових об'єктів демонструють можливість відходів видобутку і збагачення корисних копалин використовуватися в якості сировини для у процесах виготовлення будівельної цегли, кераміки, заповнювачів для бетонів, щебеню та інших матеріалів, на які є попит у будівництві [9].

Доцільно розробити та використовувати комплексний підхід з метою суттєво знизити кількість відходів виробництва гірничих підприємств та частково вирішити проблему накопичених відходів. Слід також враховувати, що відходи для довкілля є небезпечними та після переробки можуть

використовуватися в якості заміни природних мінеральних ресурсів. До складу накопичених відходів входять як мінеральні складові, які можна застосовувати у будівельній індустрії, так і метали, у деяких випадках чорні, кольорові, рідкісноземельні і навіть інколи дорогоцінні. Вартість вторинної переробки та добування таким чином матеріалів після закінчення терміну окупності буде нижчою, ніж добування цих же матеріалів з обмежених запасів природної сировини.

Незважаючи на наявність технологій для переробки більшої частини відходів, щороку зростає кількість відходів, розміщених у відвалах і хвостосховищах. Сучасні тенденції утворення відходів в економічному розвитку металургійних і гірничих підприємств викликають подальше погіршення і без того складної екологічної ситуації в районах, де вони розташовані, тому ця проблема потребує подальшого розгляду та досліджень у сфері мінімізації їх негативного впливу на довкілля шляхом впровадження кругової економіки [4].

Проведений аналіз сучасних джерел інформації дає можливість зробити висновок, що незадовільна екологічна ситуація спричинена наслідками виробничої діяльності гірничих підприємств в Україні та зумовлена комплексом причин [1]:

- недосконалістю існуючого законодавства у сфері поводження з відходами;
- відсутністю діючого економічного механізму регулювання відносин між підприємствами-продуцентами відходів і потенційними споживачами побічної продукції;
- неможливістю відрегулювати механізм дбайливого ставлення підприємців до навколишнього середовища за допомогою ринкових відносин;
- відсутністю системного підходу з боку структур управління при вирішенні проблеми відходів.

Більшість підприємств видобутку та переробки вапняків після збагачення вагому частину сировини не використовують такі відходи вимагають значних витрат на їх зберігання.

Відходи добування вапняків, зазвичай, це суміш переподрібненого 0–15 мм вапняку з піском та глинистим матеріалом [10]. Небажаними для металургії та будівельної промисловості є домішки глини у вапняках, причинами їх наявності є: малоефективна технологія переробки сировини; дефіцит інформації про новітні технології та устаткування для переробки вапняків. У роботі [4] розроблено та запропоновано круговий цикл для гірничовидобувної галузі, в суті якого показане вторинне використання відходів видобутку вапняку з метою очищення викидів шкідливих газів, утворених в процесі кар'єрних вибухових робіт, а також з метою очищення стічних вод гірничих підприємств.

Питання очищення стічних вод підприємств гірничо-добувної галузі в умовах сучасної України є одними із найголовніших і потребує новітніх досліджень з мінімізації впливу таких вод на довкілля.

Води гірничо-збагачувальних комбінатів містять у своєму складі забруднюючі речовини, які перед скиданням у водойми потребують очищення, а вловлені речовини, за можливості – вторинної переробки та повторного використання. Найбільш поширеними забруднювачами таких вод є сполуки хлору та сірчана кислота, розчинні солі, в основному сульфати важких металів: цинку, заліза, міді, марганцю та нікелю [1]. Такі води без попередньої очистки та нейтралізації не можуть бути використані у промислових цілях, вловлені та осажені забруднюючі речовини із промислових стоків у подальшому придатні для використання у будівництві, промислових та інших цілях.

Наразі більшість промислових підприємств у своїх технологічних процесах, утворюють велику кількість токсичних стічних вод, що містять іони важких металів, такі стоки є небезпечними джерелами забруднення навколишнього середовища.

Більшість іонів важких металів відносяться до I-II класу небезпеки, вони відрізняються канцерогенними, мутагенними властивостями і мають кумулятивний ефект [3].

Для важких металів не існує надійних механізмів самоочищення. Важкі метали лише перерозподіляються з одного природного джерела в інший,

взаємодіючи з різними живими організмами і всюди залишаючи видимі небажані наслідки цієї взаємодії [4, 5].

Токсичність металу пов'язана з його впливом на обмін речовин живих організмів і здоров'я людини. Загальний токсичний вплив важких металів на людину і тварин призводить до змін у системах кровотворення, внутрішньої секреції, виникають злякисні новоутворення і порушення спадкового апарату. Одночасна присутність двох і більше важких металів у воді зазвичай викликає посилення токсичних проявів такої води на біоту, в тому числі на людину, за одночасної наявності сполук міді та цинку у воді спостерігається зростання рівню токсичності у п'ять разів. У водних і ґрунтових системах, які у своєму складі мають дефіцит розчиненого кисню, токсичний вплив важких металів на мікроорганізми різко зростає [5].

Захист водного басейну від забруднення промисловими стічними водами можливий за умови впровадження оборотних циклів водопостачання. Однак організація оборотного водопостачання з використанням стічних вод на підприємстві можлива тільки за умови їх глибокого очищення від ЗР. Використання недоочищеної води, в якій містяться іони важких металів, у виробничих цілях обов'язково призведе до таких проблем: корозія, зменшення терміну функціонування обладнання, підвищення експлуатаційних витрат на утримання та ремонт технологічного обладнання [10, 11].

При неефективних способах очищення стічних вод з вмістом важких металів, вони потрапляють у природні водойми. Результатом такого просочування виникає безліч проблем: втрата природної здатності водойм до самоочищення, порушення функціонування активного мулу на станціях очистки міських стоків та загалом зростає рівень навантаження на НС.

Розробка родовищ чинить різний вплив на гідрологічні умови прилеглих територій. Це в значній мірі залежить від розташування родовищ корисних копалин. Клімат, рельєф місцевості, наявність поблизу водойм та водотоків, склад і будова розкритих порід, глибина залягання продуктивного пласта, тектонічна будова району – від усіх цих чинників залежить який саме буде вплив

на гідрологічні умови. Обводненість визначається під час експлуатації родовищ за допомогою штучних факторів, які зумовлюються способом розкриття та системою розробки родовища [12]. Пов'язано це з перерозподілом гідродинамічного та гідростатичного тиску, дренажем вод, посиленням надходженням води у гірничі виробки з відкритих водотоків і водойм, фільтрацією та інфільтрацією опадів, причиною чого є деформація поверхні під час розробки родовища.

На прилеглі території впливають гідрологічні та інженерно-геологічні явища, що виникають під час розробки родовищ. Внаслідок таких явищ змінюються умови живлення і рух підземних вод, що сприяє формуванню депресійних воронок і підсіканню усіх водоносних горизонтів, зниженню рівню води у криницях.

Гірничодобувні і переробні підприємства використовують воду у великій кількості для побутових, технологічних і технічних потреб, зокрема, для пилепридушення, для використання у технологічних процесах переробних заводів, збагачувальних фабрик, під час використання гідро-механізованої розробки, для використання населенням [13].

Під час будівництва та експлуатації кар'єрів можуть виникнути суттєві ускладнення пов'язані із наявністю поверхневих і підземних вод, зокрема:

- деформації рельєфу;
- деформації гірничих виробок;
- ускладнення під час вибухових робіт;
- зниження продуктивності технологічного обладнання;
- ускладнення під час бурових робіт.

Тому осушення родовищ є однією із першочергових і основних особливостей гірничого виробництва.

Осушенням в гірничій справі називають сукупність технічних заходів, які суттєво зменшують заводненість родовищ корисних копалин і режим притоку води в гірничі виробки при будівництві гірничих підприємств і експлуатації родовищ з ускладненими гідрогеологічними умовами[14]. Тому видобувні

роботи, як правило, супроводжуються штучним водопониженням, але при скиданні відкачених або стічних вод це призводить до забруднення водних об'єктів солями, важкими металами та нафтопродуктами.

Для гірничих підприємств характерне значне переважання об'єму стічних вод над об'ємом вод, що використовуються для забезпечення технологічних процесів [15]. Стікаючі з поверхні відвалів дренажні води не можуть бути використані в циклі гірничого виробництва без відповідної підготовки і очистки, за відсутності очисних споруд, поверхневі води забруднюються не якісними стічними водами: завислими частками, паливно-мастильними матеріалами, часточками глини, водами з підвищеною температурою, породним мінеральним пилом.

За умови відкритої розробки корисних копалин у безпосередній близькості до водотоків і поверхневих водойм, відбувається механічне забруднення водного басейну, зміна характеру і зовнішнього вигляду берегової та прибережної зони. За межі кар'єрного поля води відкачуються і відводяться з використанням пристроїв водовідведення і водовідливу [16].

## 1.2 Аналіз проблем утилізації відходів гірничого виробництва

Технологія виробничої діяльності гірничозбагачувальних підприємств пов'язана з утворенням величезної кількості промислових відходів. Їх більшу частину складають відходи, що утворені в процесах видобутку та збагачення руди. Величезні обсяги утворення та накопичення відходів зумовлюють загострення економічних, екологічних, соціальних проблем та потребують негайних заходів з їх рішень [17]. Для суттєвого зниження кількості відходів виробництва ГЗК необхідним є використання комплексного підходу до вирішення цього питання. Слід також враховувати, що такі відходи можуть бути використані як заміник природних ресурсів та в той же час вони є небезпечними для навколишнього середовища.

У гірничих підприємств наразі відходи виробництва з економічної точки зору не існують, вони не відображаються у фінансовій звітності і не мають впливу на показники господарської діяльності. Таким чином на гірничих підприємствах утворене замкнене коло: не ведеться облік виробничих відходів тому, що це економічно не вигідно, а не вигідно, тому що не ведеться облік. Розробка та впровадження ефективної системи управління операціями з поводження з виробничими відходами повинна передбачати наявність інформаційної бази, в основу якої покладені дані екологічно-орієнтованого обліку.

Для ефективного поводження з промисловими відходами необхідним є дослідження економічної суті відходів виробництва гірничих підприємств з врахуванням галузевих особливостей та визначення ознак, за якими такі відходи будуть відноситись до об'єктів обліку. З введенням у виробничу практику терміну «відходи виробництва» як економічної групи буде чинитися вплив на побудову спеціальної інформаційної бази, та її створення на основі даних екологічно-орієнтованого обліку, з метою ефективного поводження з виробничими відходами гірничо-промислового комплексу [17].

Вагомий внесок у вирішення питання визначення економічної суті виробничих відходів гірничого виробництва мали нормативно-законодавчі документи [18, 19]. Питання організації обліку гірничо-промислових відходів та операцій з ними є маловивченими і вкрай актуальними для всіх гірничих підприємств України.

У довідниковій літературі надане загальне визначення терміну «відходи». Води – непридатні для виробництва певної продукції види сировини, її невикористані залишки або такі, що виникають у ході технологічних процесів речовини (тверді, рідкі та газоподібні) та енергія, які не підлягають утилізації у виробництві, що розглядається; відходи одного виробництва можуть служити сировиною для іншого [20].

Відходи гірничого виробництва – невикористані продукти видобутку та переробки мінеральної сировини, які можливо виділити із гірничої маси у



комплексі процесів розробки родовищ корисних копалин, їх збагачення, хімічної та металургійної їх переробки [21].

З економічної точки зору під терміном відходи розуміють не використану сировину, матеріали, напівфабрикати, теплоносії та інші матеріальні ресурси, які виникли у технологічних процесах виробництва продукції та втратили частково або повністю вихідні споживчі властивості, у зв'язку з чим їх використання супроводжується підвищеними витратами, в тому числі пониженням кількості виходу продукції або взагалі не використовуються у виробництві за прямим призначенням. Вартість таких відходів вираховується з сумарних витрат на сировину та матеріали.

У гірничій промисловості термін «відходи» можна вважати умовним на певному етапі розвитку продуктивності. Ключовою причиною утворення більшості відходів наразі вважається недосконалість існуючих технологічних схем роботи з матеріальними ресурсами. Тому справедливим є припущення, що такі відходи є результатом одного із незакінчених процесів виробництва, тобто є напівфабрикатом. Разом з науково-технічним прогресом кількість ресурсів, які наразі називають «відходами», зменшується, оскільки з'являються і розвиваються технології, основною сировиною для їх здійснення є утворені і накопичені раніше відходи виробництва. В такому випадку сировина – це вторинні матеріальні ресурси [22].

Ще кілька років тому в українському законодавстві не існувало чіткого, затвердженого терміну «відходи» та визначення відповідних умов поводження з відходами. Поява його юридично закріпленого визначення зумовлена проблемою охорони навколишнього середовища від зазвичай негативного впливу відходів, який проявляється в різних формах та пов'язаний зі збільшенням масштабів господарської діяльності.

Загальне визначення відходів регламентується, Законом України «Про відходи» та у ДСанПіН 2.2.7.029-99 зазначено наступне: відходи – будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворені в процесі діяльності людини, не мають подальшого використання на місці утворення або їх виявлення та власник

повинен позбутися їх шляхом утилізації або видалення; відходи як вторинна сировина – відходи, для утилізації та переробки яких в Україні наявні необхідні технології, виробничо-технологічні та економічні передумови [18].

У наведеному вище визначенні є значна розбіжність з практичним трактуванням відходів у сфері промислової діяльності. Зазвичай у практичній діяльності відходами вважають речовини, предмети та матеріали, які на момент їх утворення чи виявлення не можливо утилізувати або вилучити дозволеними методами, оскільки відсутні відповідні умови, їх вимушено зберігають не видаляючи до певного моменту часу, наприклад, з території виробництва до того моменту, поки буде можливим їх використання як ресурсоцінної сировини.

Рішення поставлених питань, які пов'язані з використанням відходів виробництва як вторинної сировини піднімає проблеми їх класифікації. В залежності від поставлених цілей, класифікація виробничих відходів має здійснюватися згідно різних ознак.

Промислові відходи класифікуються відповідно до їх придатності для використання з метою отримання кінцевої продукції. У такому випадку визначальним у вторинній сировині є кількісний вміст корисних для виробництва компонентів.

Законом України «Про відходи» регламентуються деякі законодавчі вимоги щодо класифікації відходів. В ньому визначено, що відходи поділяються на такі, що не навколишньому середовищу загрожують та здоров'ю населення та небезпечні – такі відходи, що мають біологічні, хімічні, фізичні або інші небезпечні властивості, вони можуть створювати або створюють значну небезпеку для довкілля та здоров'я населення та потребують спеціальних умов, методів та засобів для безпечного поводження з ними. Відповідно до державних санітарних норм і правил в Україні встановлено чотири класи небезпеки речовин:

1. Надзвичайно небезпечні.
2. Високо небезпечні.
3. Помірно небезпечні.

#### 4. Мало небезпечні.

Необхідними для визначення методів захоронення, утилізації, переробки та знешкодження відходів, а також правил поводження з ними є використання наразі існуючих класифікацій та визначення небезпеки токсикантів.

З метою вирішення проблем мінімізації негативного впливу виробничих відходів на довкілля виникає необхідність їх класифікації залежно від ступеню шкоди, яка може бути заподіяна природі, такий підхід дає можливість встановлення черги залучення відходів у першочергову переробку. У практиці гірничих підприємств є потреба групування відходів виробництва відповідно до величини можливого отримання економічного ефекту після їх використання та ступеню впливу таких відходів на компоненти довкілля.

Для подальшого використання у промислових циклах підприємств промислові відходи можна розділити на зворотні та незворотні. Зворотні мають чітко визначену ресурсну цінність та можуть в подальшому використовуватись у промислових циклах як на підприємстві, на якому вони утворені, так і на інших підприємствах та галузях промисловості, які мають у такій сировині потребу. Незворотні відходи – це вторинні матеріальні ресурси, вони не мають практичної цінності, їх подальша переробка є технологічно неможливою або недоцільною з економічної точки зору. Саме тому незворотні промислові відходи найчастіше пов'язують з прямими ресурсними та матеріальними втратами промислових виробництв [23].

Визначення зворотних відходів також наведене у Методичних рекомендаціях з формування собівартості продукції у промисловості з метою їх обліку підприємствами: зворотні відходи – залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, теплоносіїв та інших матеріальних та ресурсних цінностей, які утворені в процесах виробництва продукції, частково або повністю втратили споживчі властивості порівняно із початковим матеріалом і, в зв'язку з чим, використовуються зі зниженням виходу продукції, підвищеними витратами або взагалі не можуть бути використані за призначенням. У такому випадку не належать до зворотних відходів:

- залишки ресурсних та матеріальних цінностей, які передаються до інших цехів або підрозділів, відповідно до виробничої технології, як повноцінна сировина для виробництва продукції;

- супутні продукти, які одержані одночасно з основним продуктом у технологічному процесі [19].

Управління та поводження з відходами гірничого виробництва потребує в першу чергу реалізації основних регулюючих напрямів діяльності у даній сфері, зокрема: належно організованої облікової системи утворення, збору, переробки, розміщення та вилучення відходів; впровадження системи контролю матеріального балансу гірничого виробництва для стимулювання впровадження на виробництві маловідходних та безвідходних технологій; впровадження спеціального моніторингового контролю утворення та використання відходів на всіх виробничих етапах.

Відходи гірничих підприємств зазвичай відносяться до нетоксичних відходів, більша їх частина виникає у виробничих циклах, це: відходи видобутку мінеральної сировини, збагачення та агломераційного виробництва.

З метою поділу відходів гірничого виробництва на зворотні та незворотні потрібно відстежувати їх зв'язок з можливістю подальшого використання як сировини для основної продукції, іншого використання або складування.

### 1.3 Оцінка сучасних досліджень з питань очищення стічних вод гірничих підприємств

Питання розробки і впровадження такого методу очищення промислових стічних вод від іонів важких металів та інших ЗР з подальшою їх утилізацією, який був би ефективним як з екологічної, так і з економічної точки зору є дуже актуальним. Воно може бути вирішене за допомогою використання різних хімічних методів, зокрема: процесу осадження, екстракції, дистиляції та іонного обміну. Методи, які наразі застосовуються у промислових цілях, визначаються дисперсністю, складом домішок та об'ємами стічних вод. Виходячи з кількості

наявних забруднюючих речовин та їх складу, виникає необхідність поєднання методів очистки з метою підвищення їх ефективності. Такі методи поділяються на: хімічні, фізико-хімічні, механічні, біологічні і термічні.

Хімічні методи очищення промислових стоків базуються на хімічних реакціях, внаслідок яких відбуваються процеси утворення нових речовин, які є можливість видалити будь-якими доступними методами. Особливістю даних методів очищення промислових стоків є велика витрата реагентів і громіздкість обладнання. Крім цього, існує проблема зберігання та повторного використання осадів, що утворюються під час перебігу хімічних реакцій.

Серед хімічних методів найважливішими є озонування та хлорування промислових вод. Ці методи використовуються для доочистки стічної води та нейтралізації органічних і неорганічних ЗР. Реагентні методи базуються на процесах реагентного осадження іонів важких металів у вигляді слаботорозчинних сполук і їх подальшому вилученні зі стічних вод за допомогою відстоювання та фільтрації. Процеси осадження іонів важких металів проводяться введенням лугів, сульфідів і карбонатів. Обробка промислових стічних вод лужними реагентами наразі є найдешевшим та традиційним для України способом вилучення важких металів [24].

З метою очищення стічних вод також використовуються методи електрохімії, зокрема: електрофлотація, електродіаліз та електрокоагуляція. Ці методи дозволяють безперервно і періодично проводити процес очищення промислових стічних вод використовуючи частково або повністю автоматизовані технологічні схеми з отриманням із стічної води речовин, придатних для повторного використання у промислових циклах підприємств.

Фізико-хімічні методи використовуються для очистки вод від колоїдних, мілкодисперсних і розчинених речовин. До них відносять такі методи очищення: дистиляція, ректифікація, флотація, коагуляція, адсорбція, флокуляція, екстракція та зворотній осмос. Для того, щоб вилучити зі стоків метали, використовують іонообмінне очищення, яке дозволяє і ефективно очищати забруднену воду від токсичних речовин, і вловлювати ряд хімічних сполук, які

потім можна повторно використати у промисловості. Метод іонного обміну базується на вилученні з промислових стоків катіонів та аніонів з використанням процесів сорбції.

До механічних методів відносяться: відстоювання, проціджування, фільтрація та освітлення. Ці методи застосовуються для очищення промислових вод від грубодисперсних часточок розміром 5-10 мкм. Для цього використовуються відстійники, гідроциклони, решітки та фільтри [25].

За допомогою біологічних методів очищення можна очищати як промислові, так і стічні води комунального призначення використовуючи різноманітні мікроорганізми. Але ще недостатньо вивченим є механізми впливу важких металів на біохімічну очистку стоків. Згідно з теорією, якою пояснюється гальмуючий вплив металів на мікроорганізми, катіони важких металів реагують з активними компонентами клітин, в тому числі з дихальними ферментами, таким чином утворюючи стійкі комплексні сполуки. Швидкість, з якою такі комплексні сполуки утворюються, залежить від трьох незалежних параметрів: концентрації завислих речовин у муловій суміші, концентрації іонів металу і кількості біомаси [26].

Високий рівень адсорбційної здатності біомаси активного мулу поряд з вибірковістю компонентів, які сорбуються, використовують для очищення промислових стоків. Вилучення розчинених у воді металів за допомогою даного методу залежить від форми металу, що знаходиться у воді. Наприклад, в іонній формі мідь ефективніше сорбується активним мулом, ніж мідь в комплексі з ціан-іоном. Під час обробки активним мулом, іони важких металів вилучаються з розчину завдяки адсорбції клітинним полімером та стінками клітин бактерій або завдяки накопиченню в цитоплазмі клітин.

Перед скиданням вод гірничих підприємств у водойми, їх необхідно очистити та, за можливості, вловлені речовини переробити у вторинну сировину, оскільки, вони несуть в собі різного роду забруднюючі речовини. Найпоширенішими забруднювачами цих вод є сірчана кислота і сполуки хлору. Перша часто супроводжує розчинні солі, зазвичай сульфати важких металів -

міді, марганцю, заліза, нікелю та цинку. Такі води не можуть використовуватись у промислових цілях без попереднього очищення та нейтралізації [12].

Найдоступнішим об'єктом такого очищення є родовищні води, з яких можливо отримати додаткові речовини, які можна використати у промисловому циклі повторно. При цьому тільки промислові стічні води, у яких значно перевищений ГДК забруднюючих речовин, підлягають складним видам очищення. Для очистки родовищних вод, в більшості випадків достатньо витримати їх у відстійниках, де відбувається осадження колоїдних компонентів, механічних домішок, а іонорозчинні речовини, які є для навколишнього середовища найнебезпечнішими, зливаються з освітленими водами. Лужні води зазвичай підкисляють, а кислі - нейтралізують. Родовищні води найчастіше використовують для поповнення оборотних систем водопостачання гірничих підприємств [10].

В якості коагулянтів для очистки вод гірничої промисловості рекомендовано використовувати: соду, вапно, залізний купорос, сірчано кислий алюміній. Завдяки ним, можливо досягти ефективності очищення промислових стічних вод від більшості домішок на 90-99 %.

Під час очищення вод канадських родовищ використовується масштабна очистка та хімічна обробка кислих і металовмісних вод. На деяких підприємствах працюють за схемами, які не використовують стоки. Так, рядом фабрик компанії «Xstrata» для нікелевих родовищ була створена система оборотного водопостачання. Для використання очищеної води повторно, розробили систему зберігання хвостів в затоках озера Мус і нейтралізації стічних вод з використанням вапна [27].

У Великобританії, на вугільних шахтах, залізовмісні шахтні води, зазвичай, обробляють вуглекислим магнієм або кальцієм, рідше – вапном. Лужні або нейтральні води, у яких міститься залізо, аерують перед тим, як скинути їх для осадження у спеціальні водойми. Для очистки і відстоювання таких вод, на шахтах у графстві Дербішир користуються методом каскадної аерації, води від завислих часток зазвичай очищують використовуючи механічні методи.

У Японії від сульфат-іону та іонів важких металів запатентували власний метод очистки родовищних вод. Під час застосування даного методу, у спеціальному перемішувачі відбувається обробка родовищних вод сульфідом барію. Барій зв'язується з сульфат-іоном, а іони інших металів осаджуються у вигляді сульфідів [28]. Іони барію, що залишилися, вилучаються методом пінної флотації з жирною кислотою в присутності вспінювача. Очищена вода на виході становить 90 % від вихідної кількості розчину.

У США, наприклад, кислі промислові стоки в більшості випадків зазнають обробки вапняком, каустичною содою, негашеним та гашеним вапном. Нейтралізація кислої води з використанням вапняку в 2,6 разів дешевша за обробку такої води негашеним вапном і в 3,8 разів дешевша за нейтралізацію гашеним вапном. Інколи для очищення стоків будують установки для опріснення, вигідність яких з економічної точки зору зумовлена використанням ТЕЦ очищеної води.

З метою очищення від сірководню стічної води на деяких підприємствах, водночас з аерацією, використовуються також біологічні та хімічні методи. Таку мінералізовану воду очищують з використанням зворотнього осмосу, зазвичай комбінуючи цей метод з нейтралізацією, в такому випадку ефективність очистки досягає 99 %. Також в США використовуються методи виморожування і електролізу з метою опріснення стічних вод гірничих підприємств.

Наразі актуальним є метод очищення стічних вод «живим» фільтром, з використанням рослин, які мають здатність до поглинання неорганічних ЗР та токсичні сполуки, наприклад, фенол. Однак, такий метод не універсальний та не здатен до вирішення проблеми промислових стічних вод, оскільки для його використання потрібні великі території. Зазнаючи впливу токсикантів рослини гинуть, а у північних та помірних широтах ці рослини можуть функціонувати відносно нетривалий інтервал часу. Ці рослини-очищувачі доцільно використовувати з метою вилучення мінімальних залишків забруднюючих речовин, на фінальних стадіях очищення вод гірничо-рудних підприємств, безпосередньо перед скидом їх у водойми [29].



Наразі для процесів очищення промислових стоків, до складу яких входить велика кількість різних важких металів, найдоцільнішим і найефективнішим є використання реагентного методу. Цей метод включає окисно-відновні реакції, процеси нейтралізації, осадження та висушування утвореного осаду, і дозволяє ефективно нейтралізувати кислоти зі стоків та вилучати іони важких металів.

## Висновки до розділу 1

1. Проблема управління та поводження з відходами, незважаючи на велику кількість наукових праць та розробок в цій галузі, в умовах сучасної України є надзвичайно актуальною та потребує новітніх досліджень з економічного погляду на відходи, мінімізації їх впливу на довкілля, безпечного їх зберігання у спеціальних обладнаних сховищах з метою залучення в якості вторинної сировини. З економічної точки зору комплексне використання мінеральної сировини надзвичайно ефективне, перш за все, вторинне вилучення цінних компонентів з відходів виробництва значно знижує собівартість продукції та частково вирішує проблему обмеженості сировинної бази.

2. В процесі розробки родовищ не забезпечується повноцінне комплексне видобування корисних копалин із надр та їх комплексна переробка, рівень використання розкривних і вмісних порід низький, що в свою чергу викликає накопичення у відвалах величезної кількості пустих порід і відходів розробки родовищ. В зв'язку з недосконалістю наявних технологій розробки родовищ у непростих гірничо-геологічних умовах мають місце значні втрати сировини, що є одним із важливих пунктів нераціонального використання надр.

3. Для гірничих підприємств характерне значне переважання об'єму стічних вод над об'ємом вод, що використовуються для забезпечення технологічних процесів. За відсутності очисних споруд, поверхневі води забруднюються не якісними стічними водами: завислими частками; паливно-мастильними матеріалами; часточками глини; водами з підвищеною температурою; породним мінеральним пилом.

## **2 ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ З ВІДХОДАМИ ГІРНИЧОГО ВИРОБНИЦТВА В ЯКОСТІ РЕАГЕНТУ**

### **2.1 Обґрунтування способу очищення стічних вод гірничих підприємств**

Для гірничо-добувної промисловості характерним є утворення великих об'ємів і використання технологічних розчинів з високим вмістом токсикантів [30]. Відповідно до вмісту неорганічних домішок і їх концентрацій у стічних водах застосовують низку методів очистки: реагентний, іонообмінний, електрохімічний, електродіалізний, ультрафільтраційний, зворотного осмосу, термічний та ін. Існуючі методи очищення від іонів важких металів вимагають великих витрат реагентів, електроенергії і часто призводять до утворення побічних продуктів реакцій [31, 32].

Наразі у процесі очищення промислових стічних вод зі значним вмістом важких металів, найпоширенішим і найефективнішим є реагентний метод. Цей метод включає нейтралізаційні процеси, окисно-відновні реакції, осадження і зневоднення утвореного осаду, і дозволяє у достатній мірі вилучати зі стоків іони важких металів.

У процесах нейтралізації кислих стічних вод можуть використовуватися:  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ , доломіт. Наразі в Україні широко застосовується нейтралізація кислих промислових стічних вод за допомогою каустичної соди, яку додають безпосередньо у відстійник зі стічними водами. Такий метод є надзвичайно застарілим та неефективним у тому сенсі, що він не дає бажаного результату, економічно неефективний, оскільки потребує значних вкладень для закупки реагентів та подальшого ремонту обладнання, яке псується у процесах експлуатації недоочищеними водами. Також підприємства сплачують велику суму екологічного податку.

Найдешевшим з наведених вище реагентів є гідроксид кальцію з 5-10 % вмістом активного вапна  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Іноді для нейтралізації застосовують відходи різного промислового виробництва, наприклад, шлаки ферохромового,

сталеплавильного та доменного виробництв можна використати для нейтралізації вод, що містять сірчану кислоту [33]. З метою формування замкненого циклу функціонування гірничих підприємств реагенти для нейтралізації стоків варто пошукати серед відходів інших підприємств. Такими реагентами можуть бути відходи видобування вапняку та виробництва вапнякових добрив.

Реагентне очищення є одним з ефективних методів очищення стічних вод від домішок, при цьому великі часточки таких домішок осідають під дією сили тяжіння, а для осадження тонкодисперсних частинок використовують коагуляцію. Як коагулянт в таких випадках доцільно використовувати вапняне молоко  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Кальцій – активний метал, який витісняє важкі метали з розчинних сполук, перетворюючи їх у нерозчинні. При цьому осідають різноманітні солі, в тому числі фосфати, сульфати та хлориди. Ступінь осадження буде визначатися величиною рН середовища (рис. 2.1).

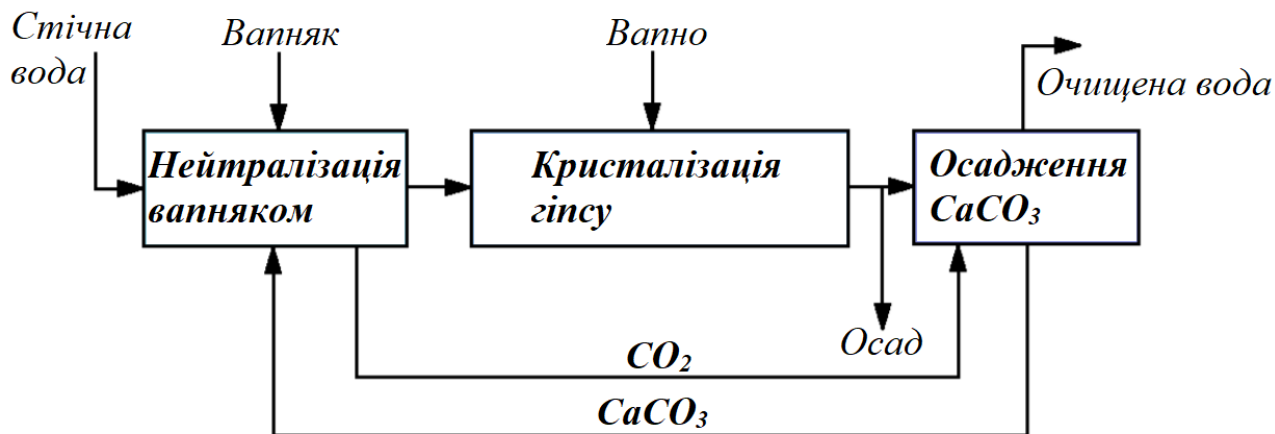


Рисунок 2.1 – Схема реагентного очищення стічних вод вапняком

Реагенти обираються відповідно складу та концентрації кислот та домішок у стічних водах. При цьому враховують можливість утворення та кількість осадів.

У процесі нейтралізації вводять вапно у стічну воду у вигляді гідроксиду кальцію – вапняного молока (мокре дозування) або у вигляді сухого порошку

(сухе дозування) [34]. Схема нейтралізаційної установки для розкислення промислових стічних вод вапняним молоком продемонстрована на рис. 2.2.

Установки для нейтралізації стоків включають реагентні камери, контактні резервуари, усереднювачі, змішувачі та відстійники для видалення осаду.

Для змішування стічних вод і вапняного молока використовують різних типів змішувачі: дірчасті, перегородчасті, з механічними мішалками, вихрові, барботажні [33].

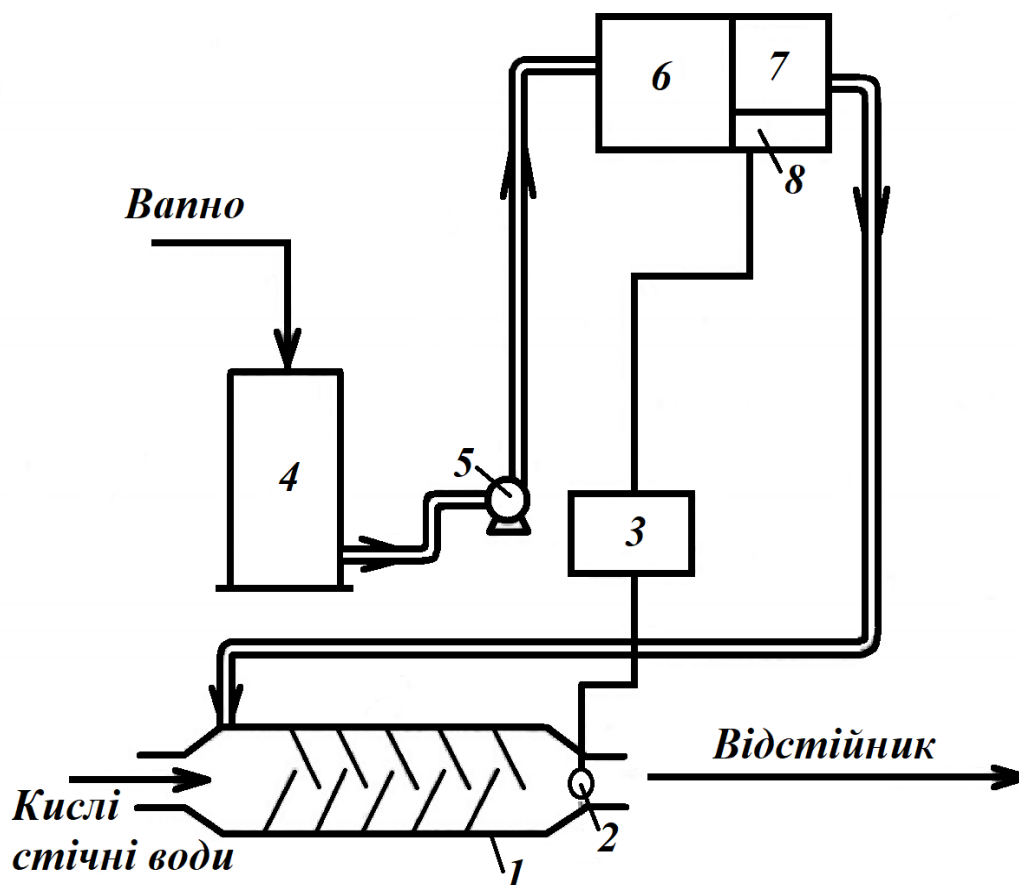
Кислі стічні води з усереднювача потрапляють у змішувач 1, який сумісно є контактним резервуаром. Встановлений на виході зі змішувача занурений датчик 2, а також система автоматичного регулювання 3 дають змогу виконувати автоматичне коригування рівню рН води на виході зі змішувача. Зі збірника 4 вапняне молоко подається у прийомник 6 дозатора 7 насосом 5.

Мінімальний час обробки води у нейтралізаційній камері з використанням вапняного молока – 5-30 хвилин, залежно від наявності і вмісту у стічній воді солей важких металів та інших ЗР.

У процесах нейтралізації вапняним молоком промислових стоків, у складі яких наявна сірчана кислота, осаджується гіпс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Розчинність гіпсу слабо змінюється зі зміною температури [33].

У розглянутому випадку очищення стічних вод гірничої промисловості найдоцільнішим у якості реагенту є використання вапняку для нейтралізації вод, оскільки він є найдешевшою альтернативою і таке його використання вирішує проблему складування та накопичення відходів вапнякового виробництва та переробки.

Вміст важких металів у стічних водах в розчиненому стані залежить від температури води, загальної мінералізації, наявності комплексоутворювачів, рівню рН. Іони важких металів у промислових стоках іноді утворюють комплекси за наявності органічних речовин. Особливо це є характерним для гумінових сполук у нейтральному та лужному середовищах.



1 – змішувач; 2 – занурений датчик; 3 – система автоматичного регулювання; 4 – збірник вапняного молока; 5 – насос; 6 – прийомник дозатору; 7 – дозатор; 8 – робочий апарат.

Рисунок 2.2 – Схема установки для нейтралізації промислових стічних вод

Враховуючи, що у стічних водах зазвичай наявні катіони декількох металів, використання специфічного осаджувача для видалення кожного з них є неможливим.

В якості реагентів знайшли застосування гідроксид кальцію, а також сульфід натрію. Через низьку вартість, в порівнянні з іншими реагентами, найбільш широко для обробки води використовується вапно, яке осаджує іони металів у вигляді малорозчинних у воді гідроксидів. Використання сполук феруму дозволяє отримувати більшу гідравлічну міцність і величину пластівців, які швидко осідають у відстійниках, до переваг цих коагулянтів також

відносяться висока ефективність сполук заліза при низьких температурах і більш широка область оптимальних значень рН середовища [35].

Після відділення осаду стічна вода з невеликим вмістом іонів важких металів може бути повернута в систему оборотного водопостачання.

Значення рН, які відповідають початку осадження гідроксидів різних металів і повного осадження, залежать від природи металів, концентрації їх в розчині, температури та вмісту домішок.

Кількість осаджених металів при вапнуванні води змінюється від 0 до 99,9% в залежності від типу металу і рН. Необхідна доза вапна для повного осадження того чи іншого металу змінюється в широких межах і становить від 0,05 до 0,3 кг/м<sup>3</sup>. Доза залежить, в першу чергу, від розчинності гідроксиду металу, початкового рН розчину і його іонної сили.

Ступінь переходу сполук металів у осад з початковою концентрацією ~100 мг/л та, відповідно, ступінь видалення сполук металів методом осадження їх гідроксидів, який перевищує 99,5 %, досягається при: рН = 5,0 для феруму; рН = 7,0 для хрому; рН = 8,0 для міді; рН = 9,3 для мангану; рН = 9,8 для цинку; рН = 10,45 для кобальту; рН = 10,8 для кадмію; рН = 11,15 для аргентуму; рН = 11,45 для нікелю [36].

Необхідна кількість вапна для процесів осадження 100 мг/кг (г/т) зазначених металів відповідно рівна 0,17; 0,17; 0,09; 0,12; 0,10; 0,12; 0,1; 0,1; 0,3 кг/м<sup>3</sup> розчину.

Нижча ефективність осадження сполук металів (<99,5 %) досягається для алюмінію (95,9 % при рН = 8,8), свинцю (98,5 % при рН = 10,8) та гідраргіуму (16,1 % при рН = 4,6). Необхідна кількість вапняку складає, відповідно, 0,35; 0,075 та 0,025 кг/м<sup>3</sup>[36].

Очищення стічних вод вапнуванням для практично повного вилучення з них сполук феруму, хрому, міді, цинку, кобальту, кадмію, аргентуму і нікелю є простим і ефективним методом очищення стоків від сполук важких металів [37].

Для забезпечення утилізації осаdів гідроксидів металів, в залежності від складу стоків, раціонально здійснювати поступове осаdження сполук металів з підвищенням рН в міру руху рідини від однієї осаdжувальної камери до іншої.

Ефективність реагентного методу очищення стічних вод визначається повнотою зв'язування іонів металів у складнорозчинні гідроксиди, яка залежить від великої кількості чинників: концентрації іонів металів у стічних водах, величини рН, за якої проводиться осаdження, розчинності утворених гідроксидів, можливості утворення гідроксокомплексів та ін. [38].

З метою обґрунтування оптимальних умов реагентної обробки стічних вод проведені теоретичні дослідження впливу величини рН і концентрації іонів металів в стічних водах на розчинність утворених гідроксидів важких металів.

У фізико-хімічних розрахунках використовуються дані про розчинність гідроксидів металів ( $S_{Me(OH)_n}$ , моль/дм<sup>3</sup>) на основі величини похідної розчинності [31, 32]:

$$S_{Me(OH)_2}^0 = \sqrt[3]{\frac{PP}{4}}, \quad S_{Me(OH)_3}^0 = \sqrt[4]{\frac{PP}{27}};$$

залежності рН початку осаdження гідроксидів від концентрації іонів металу:

$$pH = 14 + \frac{1}{n} \lg PP - \frac{1}{n} \lg C_{Me^{n+}};$$

залежності розчинності гідроксидів від рН:

$$C_{Me^{n+}} = \frac{PP}{(C_{OH^-})^n};$$

залежності загальної розчинності амфотерних гідроксидів металів від рН з урахуванням комплексоутворення:

$$S_{Me(OH)_n}^0 = \text{ПР}\{Me(OH)_n\} \cdot \sum_{i=0}^m \beta_i [OH]^{i-n};$$

де  $\beta_i$  – загальна константа комплексоутворення  $i$ -ї стадії, представляюча похідну ступінчатих констант комплексоутворення ( $K_i$ ):

$$\beta_i = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_i.$$

Фізико-хімічні розрахунки за наведеними вище формулами демонструють, що рН на початку осадження гідроксидів Mn(II), Zn(II) становить 7,6-9,6 і у проведенні процесу нейтралізації при рН 8,0-8,5 їх повне зв'язування не відбувається. Розрахунок розчинності гідроксидів важких металів з урахуванням рН і можливості комплексоутворення дозволяє визначити оптимальний рівень рН, що забезпечує глибоке очищення стічних вод від іонів важких металів, який становить 10,0-10,5. Параметри осадження і розчинності гідроксидів важких металів за залишковою концентрації іонів важких металів в розчині при рівнях рН 8, 9 і 10 представлені на рис. 2.3, 2.4.

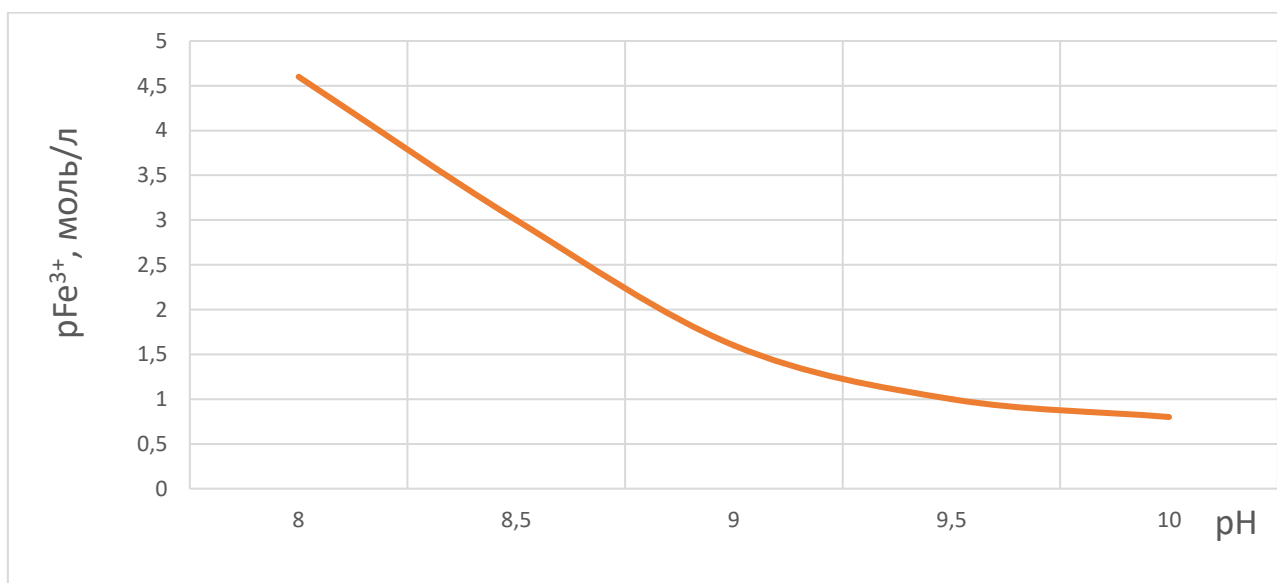


Рисунок 2.3 – Залишковий вміст іонів  $Fe^{3+}$  в розчині залежно від рН



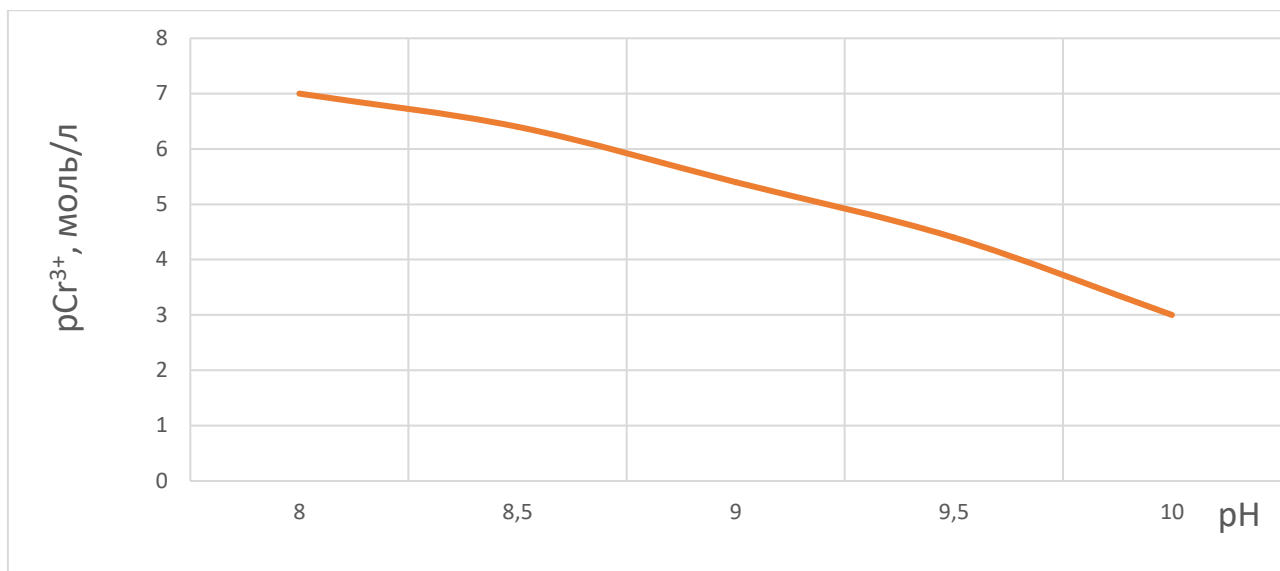


Рисунок 2.4 – Залишковий вміст іонів  $Cr^{3+}$  в розчині залежно від pH

При нейтралізації стічних вод спостерігається послідовне осадження гідроксидів Fe(III), Cr(III) при pH = 8-9 і гідроксидів і основних солей Zn(II), Mn(II) при pH = 10-10,5.

Таким чином проаналізовано процеси розчинності, утворених у процесі очищення стічних вод вапнуванням, гідроксидів важких металів від pH середовища та встановлені оптимальні умови для реагентної обробки стічних вод при pH 10 з подальшим коригуванням pH до 7,5-8. Такий спосіб дозволяє окрім розкислення промислових стічних вод знизити концентрації іонів важких металів до нормованих величин.

Відповідно до вимог до умов скидання стічних вод у водойму рівень pH очищеної води повинен бути наближений до нейтрального. У зв'язку з чим є необхідність коригування pH стоків до рівня pH 7,5-8, наприклад, відпрацьованим розчином сірчаної кислоти.

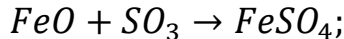
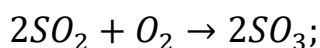
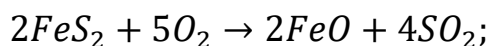
За процесів збагачення рудних корисних копалин мінеральна поверхня окиснюється, внаслідок чого у складі стічних вод наявні іони важких металів та різноманітних сполук, їх наявність також зумовлена процесами взаємодії реагентів з мінеральними поверхнями [39]. Стічні води гірничих підприємств зазвичай містять мінеральні кислоти, в тому числі сірчану кислоту, яку додають у флотаційний процес в якості регулятора середовища.

Вибір реагенту для осадження металів та нейтралізації кислих стічних вод першочергово залежить від розчинності солей, утворених як результат перебігу хімічних реакцій [40].

Крізь захисний шар дамб хвостосховищ та ставків для відстоювання при інфільтрації забрудненої стічної води в поверхневі водотоки потрапляють окислені промислові води з низкою різного роду ЗР [41].

Окислення стічних вод в основному пов'язане із надходженням у хвостосховище сульфат-іонів, які утворені в результаті окислення мінералу марказиту, що присутній у вміщуючих породах [42].

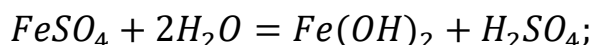
Процес окислення стічної води представлений наступним чином:



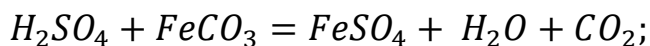
Протіканню наведених реакцій у надводній частині хвостосховища сприяють такі умови:

- підвищена повітряно-водопроникність хвостової пульпи внаслідок відсутності у ній компоненту, який здатний до зв'язування та заповнення пор;
- значна площа містить у своєму складі близько 2 % марказиту ( $FeS_2$ );

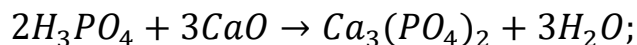
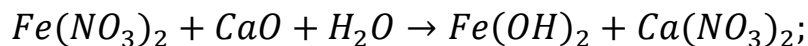
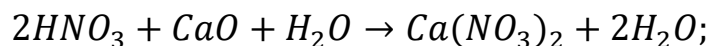
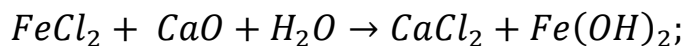
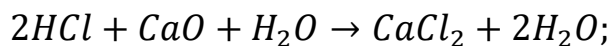
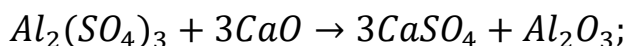
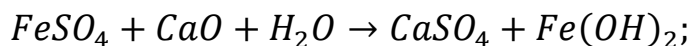
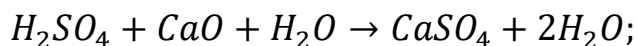
Після інфільтрації та випадіння опадів спостерігаються утворення та вимивання у поверхневі водотоки гідроксиди феруму та сірчана кислота [43]:



Частково сірчана кислота витрачається на розклад наявного у складі хвостів збагачення сидериту:



Вибір оптимального реагенту для нейтралізації промислових стічних вод з вмістом мінеральних кислот та осадження металів значною мірою залежить від розчинності утворених в результаті перебігу хімічних реакцій солей. Пропонується для нейтралізації мінеральних кислот застосування лужного реагенту, вапна у вигляді вапняного молока [44]. Таке рішення підтверджується наступним рядом хімічних реакцій, які ілюструють вплив на складові стічної води оксиду кальцію:



Необхідна кількість вапна, для очищення стічної води, визначається за умови повної нейтралізації кислот, які входять до складу стоків, і приймається на 10 % більше від розрахункової, яка наведена у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Витрати реагентів на нейтралізацію кислот

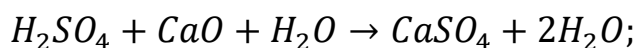
Луги	Кислота			
	сірчана	соляна	Азотна	Оцтова
Негашене вапно	$\frac{0,56}{1,79}$	$\frac{0,77}{1,3}$	$\frac{0,46}{2,2}$	$\frac{0,47}{2,15}$
Гашене вапно	$\frac{0,76}{1,32}$	$\frac{1,01}{0,99}$	$\frac{0,59}{1,7}$	$\frac{0,62}{1,62}$

У табл. 2.1 над рискою наведена доза у грамах реагентів на 1 грам кислоти, під рискою наведена кількість кислоти у грамах на 1 грам лугів. Кількість реагентів, які необхідні для осадження металів зі стічних вод, наведена в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Витрати реагентів, необхідних для осадження металів

Метал	Витрати реагентів, г/г	
	<i>CaO</i>	<i>Ca(OH)<sub>2</sub></i>
<i>Цинк</i>	0,85	1,13
<i>Нікель</i>	0,95	1,29
<i>Мідь</i>	0,88	1,16
<i>Залізо</i>	1	1,32
<i>Свинець</i>	0,27	0,36

Розрахуємо витрату CaO на 1 г ЗР:



$$Mr(H_2SO_4) = 98 \text{ а. о. м.},$$

$$Mr(CaO) = 56 \text{ а. о. м.},$$

$$Mr(H_2O) = 18 \text{ а. о. м.},$$

$$Mr(CaSO_4) = 136 \text{ а. о. м.},$$

$$X + 98 \rightarrow 136 + 18;$$

$$X = 154 - 98;$$

$$X = 56;$$

$$\frac{98}{56} = \frac{1}{X};$$

$$X = 0,57 \text{ (г)}.$$

Таким чином, для нейтралізації 1 г  $H_2SO_4$  необхідно використати 0,57 г CaO.

У табл. 2.3 наведені результати аналогічних розрахунків необхідної кількості CaO на 1 г ЗР, які входять до складу стічних вод.

Таблиця 2.3 – Витрати CaO за ідеальних умов

Речовина	Витрата CaO, г/г
$H_2SO_4$	0,57
$FeSO_4$	0,37
$HCl$	0,77
$FeCl_2$	0,44
$HNO_3$	0,45
$Fe(NO_3)_2$	0,31
$H_3PO_4$	0,86
$Al_2(SO_4)_3$	0.49

## 2.2 Обґрунтування можливості використання відходів добування вапняку в якості реагенту

Комплексна переробка відходів різних агрегатних станів з метою зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище є однією з актуальних проблем сучасності.

Реальну небезпеку становлять стічні води, що містять важкі метали, які, маючи властивості токсикантів кумулятивного і адитивного характеру, можуть чинити мутагенний та канцерогенний вплив на живі організми.

Для глибокого очищення стічних вод широко застосовується сорбційне очищення, а для стічних вод з вмістом мінеральних кислот – нейтралізацію.

Відповідно до ідей сталого розвитку та з економічної точки зору застосування дешевих мінеральних, органічних, вуглецевих сорбентів, які є відходами промисловості, є дуже актуальною. Вартість таких сорбентів в десятки разів нижча штучних.

Для очищення води все більше застосування знаходять невуглецеві сорбенти природного і штучного походження (глинисті породи, цеоліти, відходи ряду виробництв) [45]. Використання їх зумовлене високою сорбційною ємністю, вибірковістю, катіонообмінними властивостями, порівняно низькою вартістю і доступністю.

Для вилучення солей важких металів з розчинів пропонується використовувати високоефективні сорбенти на основі іонообмінних і комплексоутворюючих поліакрилонітрильних волокон. Ці волокна мають високу швидкість сорбції і десорбції іонів важких металів навіть в дуже розведених розчинах, високу хімічну стійкість і осмотичну стабільність [46].

Пропонується також спосіб видалення важких металів з стічних вод шляхом адсорбції на біомасі активного мулу або інших сорбентів рослинного походження. Відмінність його полягає в тому, що біомасу попередньо обробляють розчинами кислот, лугів, солей або органічними розчинниками. При

цьому значно збільшуються сорбційні властивості біомаси і зростає швидкість сорбції металів із стічних вод.

Відома технологія знешкодження токсичних виробничих стоків за допомогою феррогідрозоля – електрогенерірованої суспензії гідроксидів дво- і тривалентного заліза з добавками. Готують її з відходів металу в спеціальному генераторі. При необхідності ферогідрозоль дозується у реактор, де змішується з виробничими стоками [47].

Ферогідрозоль є високоефективним сорбентом і коагулянт, а також діє як відновник і хімічний реагент. При цьому забезпечується управління кристаллохімією осаду, що дозволяє отримувати шлам із спеціально заданими властивостями.

Заміна дорогих дефіцитних реагентів, які використовуються для очищення стічних вод відходами промислових виробництв дає можливість кардинально вирішити питання комплексного використання сировинних ресурсів та зменшити у великих масштабах площі, відведені під відвали та місця зберігання відходів [48].

Іноді для нейтралізації застосовують відходи різного промислового виробництва, наприклад, шлаки ферохромового, сталеплавильного та доменного виробництв можна використати для нейтралізації вод, що містять сірчану кислоту [33].

В даному випадку пропонується використовувати в якості реагенту для нейтралізації стічних вод та осадження ЗР вапнякові відходи. Така сировина є надзвичайно доцільною як з економічної точки зору, так і з екологічної, оскільки вирішується питання зберігання і складування відходів видобування вапняку, очищення стічних вод у такий спосіб є ефективнішим за звичайні способи, таким чином знижується антропогенне навантаження на НС. А оскільки відходи є реагентом, вони вимагають витрат на їх зберігання та можуть бути отримані безкоштовно на підприємствах та місцях їх складування.

### 2.3 Обґрунтування шляхів використання утвореного у процесі очищення стічних вод осаду

У процесі очищення стічних вод нейтралізацією з використанням у якості реагенту відходів добування та переробки вапняку утворюється осад – гіпс, який пропонується використовувати в якості вторинної сировини, таким чином знижується навантаження на навколишнє середовище та забезпечується круговий цикл функціонування гірничих підприємств.

Гіпс має широку сферу застосування завдяки своїм властивостям. Зокрема, цінною є здатність гіпсу при обпалюванні втрачати воду, при цьому перетворюючись на порошок білого кольору, який «схоплюється» і твердіє збільшуючись в об'ємі при заливанні водою [49]. Така властивість гіпсу використовується у технологічних процесах виробництва в'язучих речовин.

Наприклад, використовують гіпс в якості меліоранту у сільському господарстві для гіпсування солончакових ґрунтів. Підвищенням вмістом у ґрунті натрію зумовлюється лужність, погіршення структури ґрунту та винесення гумусу. У процесі гіпсування ґрунтів натрій витісняється кальцієм і зв'язується у нешкідливого для біоти сульфат, також гіпс сприяє витісненню калію, таким чином підвищуючи родючість ґрунтів.

Гіпсом у сільському господарстві підвищують гігроскопічність ґрунтів, він добре зв'язує та поглинає вологу, наприклад, внесення гіпсу підвищує аерацію та водопроникнення глинистих ґрунтів. Наразі, в Україні понад 2,8 млн га територій відносяться до солонуватих ґрунтів та підлягають процесу гіпсування. У якості меліоранту гіпс використовується у вигляді гіпсового борошна, в якому вміст гіпсу має перевищувати клас А – 85 % та клас Б – 70 % [50]. Також в якості добрива гіпс використовується для вирощування на підзолистих ґрунтах люцерни, конюшини та бобових культур.

Гіпсом сповільнюють швидкість з якою схоплюється цемент після його заливання водою, тому його вводять при помолі клінкера як добавку у цементній



промисловості. Гіпс входить до складу гіпсошлакового цементу, ангідритового цементу та спеціального цементу.

Важливим є медичне використання гіпсу. Медичний гіпс – сухий порошок білого кольору, його виготовляють випалюванням та розмолотом гіпсового каменю. Він використовується для виготовлення хірургічні пов'язок та зліпків. До медичного гіпсу висунуті жорсткі вимоги стосовно його строку захоплення, межі міцності при розтягуванні та помолу.

Алебастр – це будівельний або штукатурний гіпс, виготовлений у процесах випалювання та розмолу гіпсового каменю [51]. Його випалювання зазвичай проводиться у кільцевих, камерних, обертових, шахтних печах та у варильних котлах у завислому стані. З тонни гіпсового каменю отримують майже 850 кг алебастру. Використовується він у виробництві в'язучих матеріалів, для виробництва гіпсових плит та блоків.

Формувальний гіпс використовується з метою виготовлення моделей і форм у машинобудівній, та керамічній промисловості, для різноманітних виробів та скульптурних робіт, форм для лиття металів і сплавів. Формувальний гіпс виробляють з найчистішого відбірного гіпсового каменю [52].

Гіпсошлаковий цемент – гідравлічна в'язуча речовина, його виготовляють шляхом одночасного тонкого помолу двоводного гіпсу, гранульованого сухого доменного шлаку та цементного клінкеру. Гіпсошлаковий цемент використовують у будівництві підводних та підземних споруд, особливо якщо на них чиниться вплив вилуговування або розчинів сульфатів.

Ангідритовий цемент – це розмелені продукти випалювання за температури 600-700°C двоводного гіпсу або природного ангідриту з додаванням різноманітних речовин, які активізують захоплення. Ангідритовий цемент використовують у процесах виробництва будівельних розчинів, порожнистого каменю, бетонів, штучного мармуру [53].

Тонкорозмелений гіпс у невипаленому стані використовують в якості гіпсового цементу у будівництві одноповерхових будівель, фасадів споруд і відливці архітектурних деталей.

Гіпс застосовують у паперовій промисловості в якості наповнювачу для деяких гатунків паперу, оскільки він перевищує деякі з кращих сортів тальку та каоліну за білизною [54].

## Висновки до розділу 2

1. Вперше запропоновано круговий цикл функціонування гірничих підприємств, який базується на впровадженні у виробництво розробленого способу очищення кислих стічних вод гірничих підприємств з використанням відходів видобутку вапняку та отриманням сухого осаду – гіпсу, що є сировиною для низки галузей промисловості.

2. Встановлено залежність кількісно-якісного складу реагенту (вапнякових відходів) від хімічного складу та обсягу стічних вод гірничих підприємств, зокрема для нейтралізації 1 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  необхідно 0,57 г  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeSO}_4$  – 0,37 г  $\text{CaO}$ ,  $\text{HCl}$  – 0,77 г  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeCl}_2$  – 0,44 г  $\text{CaO}$ .

3. Встановлено залежність кількості сухого осаду, утвореного в процесі очищення стічних вод гірничо-рудних підприємств відходами видобутку та переробки вапняку, від кількості використаного реагенту та хімічного складу стічних вод.

4. Запропоновано шляхи подальшого використання отриманого у процесі очищення стічних вод гірничих підприємств осаду, зокрема у сільському господарстві, медицині, цементній промисловості, будівництві, керамічній, авіаційній, машинобудівній галузях промисловості та у паперовому виробництві.

### **3 ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО СПОСОБУ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ НА ПРИКЛАДІ КАР'ЄРУ №9 ІРШАНСЬКОГО ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ**

3.1 Характеристика стічних вод та системи водопостачання – водовідведення кар'єру № 9 Іршанського гірничо-збагачувального комбінату

Кар'єр №9 Іршанського гірничо-збагачувального комбінату розташований на Юрській ділянці-2 Межирічного родовища, на відстані 0,5 км на північ від смт. Іршанськ і простягається на південь до межі кар'єру на Юрській ділянці-1.

Розробка родовища проводиться у відкритий спосіб з подачею на фабрику первинного збагачення пісків гідротранспортом, фабрика розташована на схід від кар'єру на відстані 3,1 км. Ділянка розташована у водозбірному басейні лівої притоки р. Тростяниця – р. Рихти. Річка не перетинає родовище, а протікає безпосередньо близько біля ділянки проведення робіт. Води кар'єру № 9 використовуються для підживлення оборотної системи водопостачання.

Вся вода, яка є необхідною для технологічних потреб подається з системи оборотного водопостачання кар'єру, а кар'єрні стічні води подаються у ставок-відстійник. Всі кар'єрні води, які накопичуються у діючих гірничих виробках, а також на знижених ділянках відпрацьованого простору кар'єру, використовуються для поповнення вод оборотної системи (рис. 3.1).

Фабрика кар'єру № 9 збагачує рудні піски, у вигляді чорного концентрату вони переміщуються спеціальним автотранспортом на доводчу фабрику №1, яка розташована на промисловому майданчику в смт. Іршанськ. Для транспортування рудних пісків і їх гідрологічного розмиву вода подається до збагачувальної фабрики насосною станцією системи оборотного водопостачання із ставка-відстійника. З фабрики водою транспортуються хвости збагачення, які осідають у хвостосховищі під власною вагою, а такі води після їх відстоювання подаються знову для технологічних потреб. Таким чином,

забезпечується робота гірничо-збагачувального комбінату по замкненому циклу (рис. 3.2).

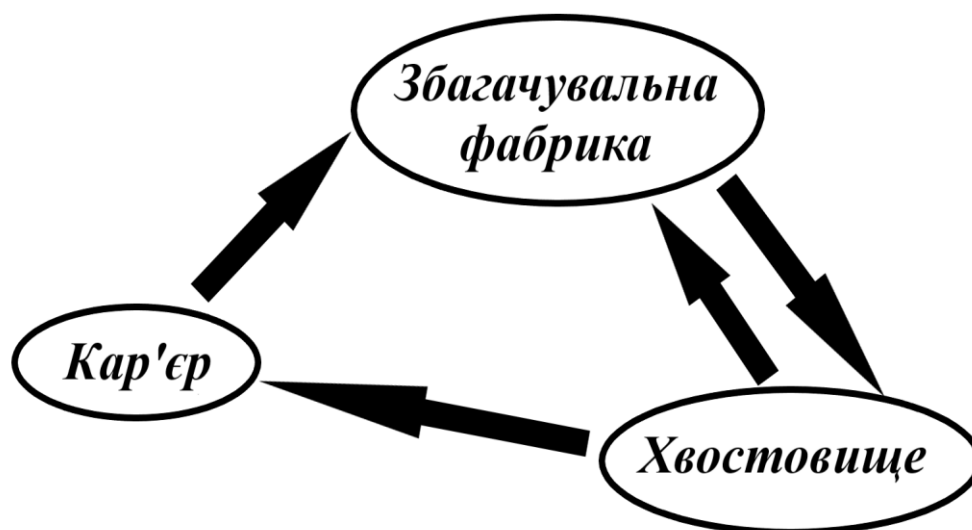


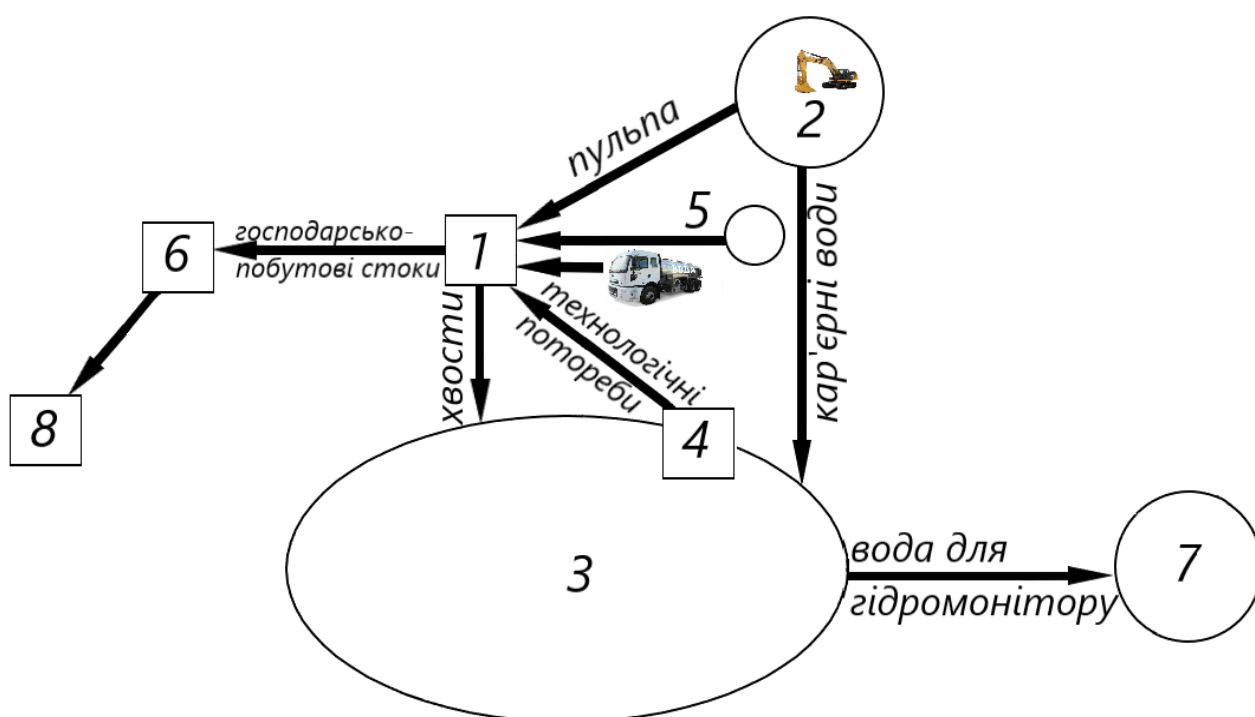
Рисунок 3.1 – Типова спрощена схема оборотного водопостачання гірничо-збагачувальних комплексів

Ємність хвостосховища у яке здійснюється складування хвостів збагачення складає 4 млн. м<sup>3</sup>, при цьому висота дамби складає 14 м. По мірі заповнення хвостосховища, подальше складування буде проводитися у відпрацьований простір кар'єру Межирічного родовища. Хвостосховище розміщується на відстані 2,2 км від ділянки проведення робіт збагачувальної фабрики.

Виробниче водопостачання фабрики кар'єру функціонує повністю з використанням із ставка-відстійника освітленої води по оборотній системі. У відстійник подаються підземні води, зібрані системою кар'єрного водовідливу та стічні води збагачувальної фабрики. Виробниче водопостачання кар'єру та система водопостачання збагачувальної фабрики нерозривно пов'язані та разом є складовою системи замкненого оборотного водопостачання гірничого комплексу.

Освітлена вода подається до забійних установок кар'єру, після чого – на збагачувальну фабрику по трубопроводах із застосуванням насосної станції оборотного водопостачання. Такі води, після збагачення гравітаційними методами рудних пісків, разом із хвостами направляються у хвостосховище.

Системою передбачений резервуар ємністю 10 тис. м<sup>3</sup>, призначений для аварійних стоків, у ньому збираються переливи і аварійні стоки фабрики, після чого подаються у хвостосховище і не чинять негативного впливу на ґрунтові та поверхневі води ділянки проведення робіт.



1 – фабрика чорного концентрату; 2 – кар'єр № 9; 3 – рекультивованій ставок-відстійник фабрики кар'єру № 9; 4 – насосна станція; 5 – артезіанська свердловина; 6 – локальні очисні споруди; 7 – кар'єр № 8;  
8 – очисні споруди в смт. Іршанськ

Рисунок 3.2 – Схема водопостачання та водовідведення доводчої фабрики кар'єру № 9

Господарсько-побутове водопостачання збагачувальної фабрики здійснюється тимчасовим водозабором з артезіанської свердловини, яка розташована на відстані 50 м від збагачувальної фабрики.

Джерела водопостачання комплексу:

- поверхневі води з водосховища в руслі р. Ірша, зворотної системи водопостачання кар'єру № 9 для підживлення фабрики чорного концентрату кар'єру № 8;
- підземні води – тимчасовий забір води з артезіанських свердловин;
- освітлені води, які залучені в оборотну систему водопостачання та подаються з ставків-відстійників.

У дозволі на спеціальне водокористування під час роботи Іршанського гірничо-збагачувального комбінату задекларовано скид зворотних вод:

- випуск № 1 (аварійний випуск) — скид з хвостосховища № 4 у р. Лемня, розташований на відстані 500 м на південь від с. Лісовщина Коростенського району (табл. 3.1);
- випуск № 2 (аварійний випуск) — скид з хвостосховища № 1 у р. Ірша, розташований на відстані 40 м від мосту через р. Ірша у с. Старики Коростенського району (табл. 3.2).

Аналіз табл. 3.1 демонструє стійку тенденцію до перевищення підприємством дозволених обсягів та вмісту ЗР у воді, яку скидають з хвостосховища № 4 у р. Лемня. Таким чином, при затвердженій ГДК завислих речовин – 5,25 мл/л, фактична концентрація у зворотній воді складає 19,6 мл/л. Фактичний скид завислих речовин складає 5488,0 г/год, що значно перевищує допустимий ГДС – 1470 г/год. Аналогічна тенденція прослідковується для ХСК та азоту амонійного. Також значна невідповідність дозволу на спеціальне водокористування помітна для сульфатів, перевищення в 10 разів, спостерігається суттєве перевищення показників загального заліза та алюмінію, більше ніж у 30 разів, та перевищення ГДК марганцю у 70 разів.

Таблиця 3.1 – Затверджений граничнодопустимий скид і склад стічних вод випуску № 1

<i>Показники скиду зворотних вод</i>	<i>Фактична концентрація, мг/л</i>	<i>Фактичні скиди, г/год</i>	<i>Затверджені допустимі концентрації, мг/л</i>	<i>Затверджені ГДС, г/год</i>	<i>Скиди перераховані, т/рік</i>
1	2	3	4	5	6
<i>Завислі речовини</i>	19,6	5488,0	5,25	1470	3,675
<i>Мінералізація</i>	1296,0	362880,0	1000	280000	700,0
<i>Хлориди</i>	35,5	9940,0	200	56000	140,0
<i>Сульфати</i>	1056,0	295680,0	100	28000	70,0
<i>БСК 5</i>	7,2	2016,0	3,2	896	2,24
<i>Азот амонійний</i>	2,04	571,2	0,61	170,8	0,427
<i>Нітриди</i>	0,01	2,8	0,08	22,4	0,056
<i>Нітрати</i>	1,98	554,4	20	5600	14,0
<i>ХСК</i>	71,8	20104,0	34	9520	23,8
<i>Фосфати (по PO<sub>3</sub>)</i>	0,16	44,8	0,32	89,6	0,224
<i>Нафтопродукти</i>	—	—	0,05	14	0,035
<i>Залізо заг.</i>	24,4	6832,0	0,71	198,8	0,497
<i>Алюміній</i>	5,2	1456,0	0,17	47,6	0,119
<i>Марганець</i>	7,0	1960,0	0,1	28	0,07

Аналіз результату лабораторних досліджень якості стічних вод, які скидаються у р. Ірша з випуску № 1, вказує на значне перевищення встановлених нормативів. Фактичний показник вмісту завислих речовин у стічній воді становить 19,6 мг/л, що майже в 4 рази перевищує допустимий вміст, 5,25 мг/л. Варто зазначити, що у порівнянні з випуском № 1, у водах випуску № 2 загалом

спостерігається нижче перевищення ГДК та ГДС, але все ж перевищується більшість нормативних показників.

Результати аналізу табл. 3.1 та табл. 3.2 демонструють майже за всіма показниками перевищення ГДК, особливо це стосується марганцю, ферму та алюмінію, це можна пояснити наявністю їх сполук у ґрунтах, звідки вони і потрапляють у води. На випуску № 2 спостерігаються найбільші перевищення.

ІГЗК розташований на водозбірній площі лівої притоки р. Тетерів – р. Ірша, відповідно, його впливу зазнають усі водотоки території. В першу чергу, це р. Ірша, а також р. Рихта, р. Лемня та р. Барашалка.

Таблиця 3.2 – Затверджений ГДС і склад стічних вод випуску № 2

<i>Показники скиду зворотних вод</i>	<i>Фактична концентрація, мг/л</i>	<i>Фактичні скиди, г/год.</i>	<i>Затверджені ГДК, мг/л</i>	<i>Затверджені ГДС, г/год</i>	<i>Скиди перераховані, т/рік</i>
<i>Завислі речовини</i>	18,4	8,096	5,25	2,31	0,020
<i>Мінералізація</i>	1985,0	873,4	1000	440,0	3,87
<i>Хлориди</i>	78,0	34,32	200	88,0	0,774
<i>Сульфати</i>	1618,0	711,92	100	44,0	0,387
<i>БСК 5</i>	9,76	4,294	3,2	1,41	0,012
<i>Азот амонійний</i>	4,13	1,817	0,61	0,268	0,002
<i>Нітриди</i>	0,138	0,061	0,08	0,035	0,0003
<i>Нітрати</i>	1,62	0,713	20	8,8	0,077
<i>ХСК</i>	88,8	39,072	34	14,96	0,132
<i>Фосфати (по <math>PO_3^{4-}</math>)</i>	2,02	0,889	0,32	0,141	0,001
<i>Нафтопродукти</i>	—	—	0,05	0,022	0,0002
<i>Залізо заг.</i>	20,3	8,932	0,71	0,312	0,003
<i>Алюміній</i>	3,3	1,452	0,17	0,075	0,001
<i>Марганець</i>	7,3	3,212	0,1	0,044	0,0004





Внаслідок недотримання встановлених для скиду нормативів може виникнути ряд екологічних наслідків, зокрема:

- інфільтрація стічних вод у кар'єр, може привлдити до порушення водного режиму річок, уклонів водостоку, затоплення та підтоплення прилеглих до підприємства територій;
- утворення депресійних лійок та порушення режимів підземних вод;
- зниження якості води внаслідок аварійних скидів з хвостосховищ у відкриті водойми.

Води хвостосховищ, згідно їх хімічного складу, є гідрокарбонатними з загальною мінералізацією — 0,5 г/л та  $\text{pH} \approx 3,5$ . Кислотність вод хвостовища зумовлюється окисленням сульфїду феруму, вміст якого у титанових рудах близько 1 %.

3.2 Розрахунок ефективності очищення стічних вод та кількості отриманого у процесі очищення стоків осаду як сировини для подальшого використання

З метою визначення кількості сухого осаду  $M$ ,  $\text{кг/м}^3$ , утвореного у процесі очищення 1  $\text{м}^3$  стічних вод, до складу яких входять кислота та солі важких металів, скористаємося формулою:

$$M = \frac{100 - A}{A} \cdot (A_1 - A_2) + A_1 + (E + E_2 - 2),$$

де  $A$  – вміст у вапні активного  $\text{CaO}$ , %;

$A_1$  – необхідна кількість для осадження важких металів активного  $\text{CaO}$ ,  $\text{кг/м}^3$ ;

$A_2$  – необхідна кількість для нейтралізації кислоти активного  $\text{CaO}$ ,  $\text{кг/м}^3$ ;

$A_3$  – кількість утворених у процесі нейтралізації гідроксидів металів,  $\text{кг/м}^3$ ;

$E_1$  – кількість утвореного у процесі осадження металів сульфату кальцію,  $\text{кг/м}^3$ ;

$E_2$  – кількість утвореного у процесі нейтралізації кислоти сульфату кальцію, кг/м<sup>3</sup>.

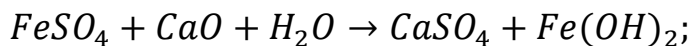
У даній формулі третій член може не враховуватись у випадку, якщо значення його від'ємне.

З метою визначення об'єму осаду  $W$ , %, утвореного за нейтралізації 1 м<sup>3</sup> стічних вод, проведемо розрахунок за наступною формулою [24]:

$$W = \frac{10M}{100 - P},$$

де  $P$  – вологість осаду, %.

Для визначення кількості осаду, який буде отримано під час очищення стічних вод та осадження важких металів з використанням у якості реагенту вапна, запишемо рівняння реакцій нейтралізації стічних вод:



$$Mr(FeSO_4) = 152 \text{ а. о. м.},$$

$$Mr(CaO) = 56 \text{ а. о. м.},$$

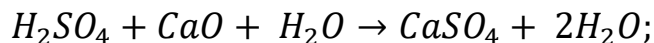
$$Mr(CaSO_4) = 136 \text{ а. о. м.},$$

$$Mr(Fe(OH)_2) = 90 \text{ а. о. м.},$$

$$A_1 = \frac{12,4 \cdot 56}{152} = 4,6 \text{ мг/дм}^3,$$

$$A_2 = \frac{12,4 \cdot 136}{152} = 11,1 \text{ мг/дм}^3,$$

$$A_3 = \frac{12,7 \cdot 90}{152} = 7,3 \text{ мг/дм}^3,$$



$$Mr(H_2SO_4) = 98 \text{ а. о. м.},$$

$$Mr(CaO) = 56 \text{ а. о. м.},$$

$$Mr(CaSO_4) = 136 \text{ а. о. м.},$$

$$E_1 = \frac{15 \cdot 56}{98} = 8,6 \text{ мг/дм}^3,$$

$$E_2 = \frac{15 \cdot 136}{98} = 20,8 \text{ мг/дм}^3,$$

$$\begin{aligned} M &= \frac{100 - A}{A} \cdot (A - A_2) + A_3 + (E + E_2 - 2) = \\ &= \frac{100 - 70}{70} \cdot (4,6 - 11,1) + 7,3 + (8,6 + 20,8 - 2) = 32 \text{ мг/дм}^3. \end{aligned}$$

Визначимо об'єм осаду, який утвориться в процесі нейтралізації 1 м<sup>3</sup> стічних вод, при відповідній вологості  $P = 96 \%$ :

$$W = \frac{10 \cdot M}{100 - P} = \frac{10 \cdot 32}{100 - 96} = 80 \%.$$

Визначимо загальну кількість сухого осаду утвореного за добу водокористування підприємства:

$$W_d = \frac{M \cdot Q_d}{10000} = \frac{32 \cdot 50}{10000} = 0,016 \text{ т/д.}$$

Для обґрунтування доцільності застосування запропонованого рішення розрахуємо ефективність очищення промислових стоків до його впровадження та після.

Ефективність очищення промислових стоків за допомогою очисних споруд можна розрахувати за наведеною нижче формулою:

$$E = 100\% - \left( \frac{C_2 \times 100\%}{C_1} \right),$$

де  $C_1$  – концентрація ЗР у стічній воді до очистки, мг/л;

$C_2$  – концентрація ЗР у стічній воді після очистки, мг/л.

Ефективність очищення наявним на підприємстві способом:

$$E = 100\% - \left( \frac{769 \times 100\%}{1503} \right) = 48,84 \text{ \%}.$$

Ефективність очищення стічних вод запропонованим способом ~~випробування~~ з отриманням осаду – сировини для подальшого використання:

$$E = 100\% - \left( \frac{103 \times 100\%}{1503} \right) = 93,15\%.$$

Ефективність очищення стічних вод запропонованим способом складає 93,15 %. Результати розрахунків демонструють підвищення ефективності очищення промислових стоків на 44,31 % у порівнянні із способом очищення стоків, який наразі використовується на кар'єрі № 9.

Гіпсовий осад, утворений в процесі очищення промислових стоків, що включає нейтралізацію кислих стічних вод та осадження важких металів, у

подальшому придатний для використання у промислових, будівельних та інших цілях як вторинна сировина.

### Висновки до розділу 3

1. Обґрунтовано ефективність способу очищення кислих стічних вод гірничих підприємств з використанням відходів видобутку вапняку та отриманням сухого осаду – гіпсу, що є сировиною для низки галузей промисловості, на прикладі виробничого водопостачання та водовідведення фабрики кар'єру № 9 Іршанського гірничо-збагачувального комбінату.

2. Ефективність очищення стічних вод запропонованим способом складає 93,15 %. Результати розрахунків демонструють підвищення ефективності очищення промислових стоків на 44,31 % у порівнянні із способом очищення стоків, який наразі використовується на кар'єрі № 9. В результаті розрахунків отримуємо загальну добову кількість сухого осаду, що буде утворена підприємством, – 0,016 т, а об'єм сухого осаду – 80 %.

## **4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ГІРНИЧОГО ВИРОБНИЦТВА В ОЧИЩЕННІ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД З ОТРИМАННЯМ ОСАДУ**

Стартап – це новітній проект, який розвивається в умовах невизначеності та займається розробкою нових товарів, технологій або послуг і знаходиться на стадії пошуку оптимальних бізнес ідей за умови фінансування [55].

Метою розділу є проведення маркетингового дослідження та аналізу для впровадження розробленої нової технології на ринок, в тому числі формулювання ідеї проекту, визначення цільової групи споживачів, обґрунтування можливостей та переваг пропонованої технології.

### **4.1 Опис ідеї проекту**

Ідеєю стартап-проекту є використання відходів гірничого виробництва в процесі очищення промислових підприємств з отриманням гіпсу у вигляді осаду, який в подальшому придатний для використання в якості вторинної сировини для промисловості та будівництва.

У проекті пропонується замкнений цикл функціонування гірничих підприємств, який дає змогу не лише вирішувати питання очищення стічних вод, а й вирішувати завдяки методу вапнування стоків проблему накопичення та складування відходів на підприємствах з видобування вапняку та виробництва вапнякових добрив. Отриманий таким чином осад – гіпс, придатний для подальшого використання у промислових циклах.

У зв'язку зі стрімким ростом населення на нашій планеті надзвичайно актуальним є питання задоволення попиту людей необхідними природними ресурсами. Як наслідок, зростають не тільки обсяги використання природних ресурсів, а й обсяги відходів, що накопичуються у довкіллі [4]. Наразі, в Україні гостро стоїть питання раціонального використання сировини та управління відходами.

В табл. 4.1. зазначені напрямки застосування та зміст ідеї, також окреслені основні вигоди, які може отримати користувач у процесі використання даної технології.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

<i>Зміст ідеї</i>	<i>Напрямки застосування</i>	<i>Вигоди для користувача</i>
Використання відходів гірничого виробництва як реагенту у процесі очищення промислових стічних вод гірничих підприємств.	Можливість вторинного застосування очищеної води для технологічних потреб підприємства.	Зниження собівартості очистки стічної води.
		Зменшення навантаження на навколишнє середовище вторинним використанням відпрацьованих у промисловому циклі вод та відходів виробництва.
	Можливість застосування осаджених та вловлених часток як вторинної сировини у промислово-будівельному комплексі.	Зниження суми витрат на екологічний податок за скиди ЗР у водні об'єкти.
		Зниження суми витрат на складування відходів виробництва та попередження забруднення гідросфери та ґрунтів у процесах супутніх зберіганню відходів.

Основною відмінністю запропонованої ідеї є використання вторинної сировини, що суттєво зменшує капіталовкладення даної технології та дає вагомий екологічний ефект. Особливо необхідно зазначити, що на території України суперництво в даній промисловій галузі мінімальне оскільки ринку відсутні такого типу технології, а циркулярна економіка тільки починає розвиватися.

З метою демонстрації отриманої еколого-економічної вигоди запровадження кругового циклу функціонування підприємств гірничої промисловості з використанням у процесі очищення стоків гірничо-збагачувального комбінату відходів виробництва вапнякового родовища



наведемо розрахунки можливої економії при переході підприємства на вторинну вапнякову сировину.

Сума податку, який справляється за скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти обчислюються за формулою [56]:

$$П = \sum_{i=1}^n (M_i \cdot H_i),$$

де  $M_i$  – обсяг скиду  $i$ -тої забруднюючої речовини в тонах;

$H_i$  – ставка податку в поточному році за тонну  $i$ -тої забруднюючої речовини у гривнях з копійками.

Для розрахунку екологічного податку до (табл. 4.2) та після (табл. 4.3) впровадження пропонованих заходів наведені обсяги скидів забруднюючих речовин від ГЗК.

Таблиця 4.2 – Обсяг скиду ЗР з об'єктів №1 та №2 до впровадження

<i>Найменування забруднюючої речовини</i>	<i>Обсяг скиду, т</i>	<i>Ставка податку, грн/т</i>
Завислі речовини	3,695	46,19
Хлориди	140,774	46,19
Сульфати	70,387	46,19
Азот амонійний	0,429	1610,48
Нітрити	0,0563	7909,77
Нітрати	14,077	138,57
Фосфати	0,225	1287,18
Нафтопродукти	0,0352	9474,05
Залізо загальне	0,5	21092,69
Алюміній	0,12	21092,69
Марганець	0,0704	21092,69

Сума податку, який справляється за скиди ЗР складає:

$$П_d = \sum_{i=1}^n (M_i \cdot H_i) = 28196,57 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.3 – Обсяг скидів забруднюючих речовин з об'єктів №1 та №2 після впровадження

<i>Найменування забруднюючої речовини</i>	<i>Обсяг скиду, т</i>	<i>Ставка податку, грн/т</i>
Завислі речовини	2,5865	46,19
Хлориди	98,542	46,19
Сульфати	49,2709	46,19
Азот амонійний	0,3003	1610,48
Нітрити	0,03941	7909,77
Нітрати	9,8539	138,57
Фосфати	0,1575	1287,18
Нафтопродукти	0,025	9474,05
Залізо загальне	0,35	21092,69
Алюміній	0,084	21092,69
Марганець	0,04928	21092,69

Сума податку, який справляється за скиди ЗР після впровадження пропонованої системи заходів складе:

$$П_п = \sum_{i=1}^n (M_i \cdot H_i) = 15735,37 \text{ грн.}$$

Розрахуємо річну економію:

$$\Delta П = П_d - П_п = 28196,57 - 15735,37 = 12461,2 \text{ грн.}$$

Сума капіталовкладень, необхідних для встановлення та експлуатації пропонованого обладнання:

1. Одноразові капітальні вкладення 8600 грн.
2. Експлуатаційні витрати 4300 грн/рік.

До одноразових капітальних вкладень входять інвестиції на встановлення об'єкту та його вартість. До експлуатаційних витрат входять витрати на технічне обслуговування та ремонт об'єкту [57].

Розмір чистого економічного річного ефекту розраховується за наступною формулою:

$$E = (\Delta\Pi + \Delta D) - (C + E_n \cdot K) = 6871,2 \text{ грн/рік},$$

де  $\Delta\Pi$  – результат природоохоронних заходів;

$\Delta D$  – додатковий дохід;

$E_n$  – коефіцієнт дисконтування,  $E_n = 0,15$ ;

$C$  – експлуатаційні витрати за рік;

$K$  – вартість установки.

Термін окупності:

$$T_{ок} = (C + E_n \cdot K) / E = (4300 + 0,15 \cdot 8600) / 6871,2 = 0,81 \text{ роки}.$$

Таким чином, річна економія на екологічному податку за рахунок зменшення обсягу скидів становитиме 12461,2 грн/рік, чистий еколого-економічний ефект становитиме 6871,2 грн/рік. Розрахований термін окупності запропонованої установки – 0,81 роки.

## 4.2 Аналіз конкурентного середовища

Наступним етапом розробки стартап-проекту є аналіз потенційних техніко-економічних переваг технології в порівнянні із пропозиціями конкурентів. Аналіз потенційних конкурентів [58], виокремлення сильних, нейтральних та слабких сторін запропонованого проекту для формування поняття про його конкурентоспроможність наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ n/n	Техніко-економічні характеристики ідеї		Технології конкурентів			W	N	S
			Використання відходів гірничого виробництва	Використання звичайної технології додавання лужного реагенту (соди)	Використання відстоювання та проміжної фільтрації	(слабка сторона)	(нейтральна сторона)	(сильна сторона)
1	Економічні	Вартість сировини, для очищення вод, грн/т	0	22,57	19,4			Сировина безкоштовна, оскільки є відходом виробництва
		Вартість обладнання, тис. грн	8,6	6	14,1		Середня вартість обладнання	
		Норма амортизації, %	3	8	12			Низькі експлуатаційні витрати
		Термін окупності, років	0,81	3,2	6,2			Короткий термін окупності
2	Технічні	Ефективність роботи обладнання, %	93,15	48,84	95,8			Висока ефективність очищення за допомогою обладнання

Продовження таблиці 4.4

№ n/n	Техніко-економічні характеристики ідеї		Технології конкурентів			W	N	S
			Використання відходів гірничого виробництва	Використання звичайної технології додавання лужного реагенту	Використання відстоювання та проміжної фільтрації	(слабка сторона)	(нейтральна сторона)	(сильна сторона)
3	Конструкційні	Необхідність модернізації ГЗК	Проектом не передбачена	Проектом не передбачена	Необхідне переобладнан ня системи відстійників			Можливість використання без модернізації системи очищення
4	Екологічні	Відповідність цілям сталого розвитку	Відповідає	Не відповідає	Не входить до найперспекти в-ніших варіантів			Відповідність стратегії сталого розвитку
		Використання вторинної сировини	Використовує відходи виробництва вапняків	Не використовує- ться	Не використовує -ться			Використання вторинної сировини
5	Безпеки	Експлуатаційн а безпека	Відповідає вимогам	Відповідає вимогам	Відповідає вимогам		Відповідає вимогам надійної та безпечної експлуатації	

В результаті проведеного аналізу можна дійти висновку, що запропонований метод має найбільше переваг порівняно з конкурентами. Вагомою перевагою є використання відходів і отримання придатного для вторинного використання осаду, це створює замкнений цикл функціонування гірничих підприємств. Також вагомими перевагами з економічної точки зору є низькі експлуатаційні витрати та короткий термін окупності.

Для використання запропонованої технології немає необхідності у модернізації наявних на підприємстві відстійників, цей метод очищення стічних вод та отримання гіпсу є безпечним та відповідає вимогам охорони праці та безпеки на підприємстві.

SWOT-аналіз – один із методів визначення зв'язків між сильними та слабкими сторонами, можливими загрозами та перспективами впровадження технології [59]. Результати SWOT-аналізу для технології використання відходів гірничого виробництва в очищені промислових стічних вод наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – SWOT- аналіз стартап-проекту

<i><b>S (strength) – Сильні сторони</b></i>	<i><b>W (weaknesses) – Слабкі сторони</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Покращення екологічної ситуації підприємств та прилеглих територій;</li> <li>• Зниження антропогенного навантаження на компоненти навколишнього середовища;</li> <li>• Досягнення економічної вигоди;</li> <li>• Вирішення питання складування відходів водночас із очищенням стічних вод;</li> <li>• Наявність поблизу безкоштовної сировини;</li> <li>• Наявність потенційних вітчизняних користувачів;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Відсутність патенту;</li> <li>• Відсутність досвіду у розробці подібних технологічних рішень;</li> <li>• Необхідність утилізації отриманого у процесі очищення стічних вод осаду;</li> </ul>

## Продовження таблиці 4.5

<i><b>S (strength) – Сильні сторони</b></i>	<i><b>W (weaknesses) – Слабкі сторони</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Відповідність міжнародним та державним стандартам;</li> <li>• Високий рівень пристосування технології до наявних технологій;</li> <li>• Наукова, економічна та технологічна обґрунтованість;</li> <li>• Відповідність ідеям «сталого розвитку»;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Нестача досвіду у експлуатації фільтруючого обладнання;</li> </ul>
<i><b>O (opportunities) – Можливості</b></i>	<i><b>T (threats) – Загрози</b></i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вторинне використання відходів виробництва;</li> <li>• Використання отриманих продуктів у промислово-будівельному комплексі;</li> <li>• Зниження витрат на зберігання та утилізацію відходів;</li> <li>• Подальші розробки та дослідження технології;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тривалість процедури отримання сертифікатів ISO;</li> <li>• Виникнення монополії;</li> <li>• Невелика кількість споживачів;</li> <li>• Незатребуваність продуктів очищення у промисловості та будівництві як вторинної сировини;</li> </ul>

## 4.3 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту

Вартість проекту об'єднує процеси планування, складання бюджету фінансування, власне фінансування, управління та контроль, які забезпечують виконання проекту в межах схваленого бюджету [60].

Ресурси, які планується використовувати на етапі запуску та в процесі функціонування проекту:

- матеріальні [61]: дрібняк (відходи добування вапняку та виробництва вапнякових добрив), який надається для реалізації проекту безкоштовно;
- капітальні: кошти на закупку, монтаж та обслуговування необхідного в ході функціонування проекту обладнання;

- інтелектуальні: спеціально розроблене необхідне для реалізації очищення стоків та збору осаду обладнання;
- трудові: 1 працівник, який здійснюватиме контроль якості очищення та збору осаду, інші працівники вже є в штаті гірничого підприємства на базі якого реалізовуватиметься проект;

#### 4.4 Ключові види діяльності та ключові партнери

У цьому розділі описується яким чином у проекті планується досягнути його мети, розкривається спосіб виконання завдань проекту.

Ключовими видами пропонованої у проекті діяльності є:

- Очищення стічних вод методом вапнування стоків з використанням відходів добування вапняку і виробництва вапнякових добрив з метою отримання гіпсового осаду, який у подальшому планується збувати якості вторинної сировини для технологічних процесів промисловості та будівельного комплексу.
- Збут отриманого осаду.

Короткий опис видів діяльності, направлених на реалізацію завдань проекту наведений в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Ключові види діяльності

<i>Назва діяльності</i>	<i>Опис діяльності</i>	<i>Результат діяльності</i>
Очищення стічних вод	Методом вапнування стоків з використанням відходів добування вапняку і виробництва вапнякових добрив з отриманням гіпсового осаду.	Зниження собівартості очистки стічних вод. Вирішення проблеми складування відходів. Отримання побічного продукту – гіпсу.
Збут гіпсу	Продаж гіпсу в якості вторинної сировини для промисловості та будівельного комплексу.	Отримання додаткового прибутку.



Ключові партнери проекту – постачальники необхідних матеріальних, капітальних, трудових ресурсів наведені у табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Інформація про партнерські організації

<i>Інформація</i>	<i>Партнер 1</i>	<i>Партнер 2</i>
Повна офіційна назва організації-партнера	Приватне акціонерне товариство "Житомирагрохім"	Акціонерне товариство "Об'єднана гірничо-хімічна компанія"
Місце розташування	11301, смт. Лугини, вул. Героїв Чорнобиля, 15/23	12110, смт Іршанськ, вул. Шевченка, 1
Офіційна адреса	11301, смт. Лугини, вул. Героїв Чорнобиля, 15/23	03038 м. Київ, М. Грінченко, 4
Контактна особа	Геращенко М. І., директор	Сівченко В. А., керівник
Телефон	+38 (061) 439-15-74	+38 (044) 235-82-63
Адреса електронної пошти	Zhitoagrohim@gmail.com	info@umcc.com.ua
Роль та залученість до підготовки цього проекту	Постачальник сировини, яка є відходами у їх промисловому циклі	Постачальник матеріальних, капітальних та трудових ресурсів
Завдання, які покладаються на організацію партнера в реалізації проекту	Постачання відходів добування вапняку та виробництва вапнякових добрив	Забезпечення запуску та функціонування проекту

#### 4.5 Фінансове обґрунтування стартап-проекту

Даний етап реалізації стартап-проекту передбачає обґрунтування необхідних витрат, формування на їх основі собівартості реалізації бізнес-ідеї стартап-проекту та формування її ціни.

Витратне обґрунтування ціни товару передбачає обґрунтування собівартості виробництва товару. Собівартість узагальнює витрати підприємства на виробництво і реалізацію товару [60].

В табл. 4.8 наведені, обґрунтовані та узагальнені величини необхідних капіталовкладень на запуск та реалізацію пропонованої технології.

Таблиця 4.8 – Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту

<i>Статті капіталовкладень</i>	<i>Величина, тис. грн.</i>
<b>Прямі матеріальні затрати</b>	
– витрати сировини й матеріалів за винятком повернених відходів	0
– витрати на запасні частини	4,3
<b>Прямі затрати на оплату праці виробничих працівників [62]</b>	
– заробітна плата за ставками і тарифами виробничих працівників за рік	60
– премії, заохочення, компенсаційні виплати виробничих працівників	6
– оплата відпусток виробничих працівників за рік	12
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду – 22% по заробітній платі виробничих працівників	9,36
<b>Вартість основних фондів та нематеріальних активів виробничого призначення</b>	
– початкова вартість задіяних у виробничому процесі основних засобів та необоротних нематеріальних активів (разом із транспортуванням, установкою та демонтажем)	8,6
<b>Всього капіталовкладень на реалізацію проекту</b>	<b>100,26</b>

#### 4.6 Цільові групи потенційних споживачів

Для обґрунтування потенційних споживачів доцільним є виявлення цільових груп, яким буде пропонуватися метод очищення стоків та гіпс, а також визначення відповідної стратегії охоплення ринку [63, 64].

Для розроблення ринкової стратегії першочергово визначаємо стратегію охоплення ринку та наводимо у табл. 4.9 характеристику цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 4.9 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

<i>№ n/n</i>	<i>Опис цільової групи потенційних клієнтів</i>	<i>Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)</i>	<i>Інтенсивність конкуренції в сегменті</i>	<i>Простота входу у сегмент</i>
1	Підприємства гірничодобувної промисловості	Попит існує, оскільки наразі відсутні аналогічні пропозиції	Інтенсивність низька, що зумовлено відсутністю потенційних конкурентів	Низька складність входу у сегмент
2	Підприємства будівельного комплексу	Попит існує постійно	Середній рівень інтенсивності конкуренції	Середня складність входу у сегмент
3	Промислові підприємства, які використовують у технологічному процесі гіпс	Попит існує постійно	Високий рівень інтенсивності конкуренції	Висока складність входу у сегмент

В якості цільових груп обрані підприємства гірничодобувної промисловості, підприємства будівельного комплексу та промислові підприємства, які використовують у технологічному процесі гіпс.

На основі результатів аналізу потенційних споживачів в якості цільової групи обираємо безпосередньо вихід на підприємства гірничодобувної

промисловості. Характеристика базової стратегії розвитку для цієї групи потенційних споживачів наведена в табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Визначення базової стратегії розвитку

<i>Обрана альтернатива розвитку проекту</i>	<i>Стратегія охоплення ринку</i>	<i>Ключові конкурентні позиції відповідно до обраної стратегії</i>	<i>Базова стратегія розвитку*</i>
Поширення комерційних пропозицій серед цільової аудиторії	Стратегія диференційованого ринку	Створення спеціалізованого комплексу маркетингу, спрямованого на задоволення потреб обраного сегменту	Стратегія спеціалізації

#### 4.7 Канали збуту

Завершальним етапом є формування маркетингової програми, що включає формування та аналіз системи збуту, які наведені у табл. 4.11.

Канали збуту — це сукупність фірм або окремих осіб, які виконують посередницькі функції щодо фізичного переміщення товарів і перебирають на себе або сприяють переданню права власності на товари на шляху їх просування від виробника до споживача [60].

Визначено, що в даному випадку оптимальною є традиційна система збуту власними силами без залучення посередників.

Специфікою закупівельної поведінки цільових клієнтів:

- для державних підприємств закупівлі здійснюються через офіційний портал оприлюднення інформації про публічні закупівлі України Prozorro,
- для приватних підприємств закупівля здійснюється на договірних засадах.

Таблиця 4.11 – Формування системи збуту

<i>№ п/п</i>	<i>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</i>	<i>Оптимальна система збуту</i>
1	Для державних підприємств закупівлі здійснюються через офіційний портал оприлюднення інформації про публічні закупівлі України Prozorro	Проведення комерційних переговорів. Транспортування. Встановлення контакту. Інформування. Доробка (доопрацювання зауважень та неточностей, виявлених при реалізації проекту).	Традиційна
2	Для приватних підприємств закупівля здійснюється на договірних засадах		

#### 4.8 Бізнес-модель проекту

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 [65, 66].

В таблиці 4.12 представлено розроблену структуру бізнес-моделі використання відходів гірничого виробництва в очищенні промислових стічних вод з отриманням осаду.

Розроблена бізнес-модель полягає у виробництві та активному продажі гіпсового осаду, очищенні стічних вод, вирішенні проблеми управління відходами, продажі технології та навчання зацікавлених підприємств.

Планується використовувати товарну маркетингову стратегію просування, яка базується на використанні прямого каналу збуту.

Таблиця 4.12 – Структура бізнес моделі використання відходів гірничого виробництва в очищенні промислових стічних вод з отриманням осаду

Ключові партнери	Ключові види діяльності	Взаємовідносини з клієнтами	Споживчі сегменти
1. <i>Приватне акціонерне товариство "Житомир-агрохім"</i> Постачальник сировини, яка є відходами у їх промисловому циклі, завданням партнеру є постачання відходів добування вапняку та виробництва вапнякових добрив. 2. <i>Акціонерне товариство "Об'єднана гірничо-хімічна компанія"</i> Постачальник матеріальних, капітальних та трудових ресурсів, завданням партнеру є забезпечення запуску та функціонування проекту.	1. Очищення стічних вод методом вапнування стоків з отриманням гіпсового осаду. 2. Збут гіпсу в якості вторинної сировини для промисловості та будівельного комплексу.	1. Проведення навчальних заходів та семінарів. 2. Демонстрація можливостей пропонованої технології та її новітніх ключових відмінностей.	1. Особливий сегмент споживачів – підприємства гірничо-добувної промисловості. 2. Підприємства будівельного комплексу. 3. Промислові підприємства, які використовують у технологічному процесі гіпс.
	Ключові ресурси 1. <i>Матеріальні:</i> дрібняк (відходи добування вапняку та виробництва вапнякових добрив). 2. <i>Капітальні:</i> власні кошти та залучені інвестиції. 3. <i>Інтелектуальні:</i> спеціально розроблене проектне обладнання. 4. <i>Трудові:</i> кваліфікований робітник, який здійснює контроль якості, інші необхідні робітники зі штату гірничого підприємства.	Канали збуту 1. Прямий продаж як вторинної сировини, так і технології. 2. Отримання грантів, державної підтримки. 3. Написання статей, подальша розробка проектів. 4. Реклама в спеціалізованих журналах з гірничої справи.	
	Цінність пропозиції 1. Вузький споживацький сегмент. 2. Пропозиція відповідає принципам та цілям «сталого розвитку». 3. Безпечність експлуатації. 4. Можливість використання без модернізації підприємства.		

Продовження таблиці 4.12

<p><b>Структура собівартості</b></p> <p>1. Витрати разові (капітальні): обладнання для очистки стічної води, облаштування робочого місця.</p> <p>2. Витрати постійні: заробітна плата, витрати на зв'язок.</p> <p>3. Витрати змінні: амортизація обладнання, періодичний ремонт обладнання.</p>	<p><b>Потоки надходження доходу</b></p> <p>1. Продаж технології.</p> <p>2. Збут гіпсу.</p> <p>3. Різниця у сплаті екологічного податку.</p> <p>4. Навчання нових кадрів.</p> <p>5. Реалізація проекту на нових підприємствах.</p>
---	---

#### 4.9 Аналіз ризиків стартап проекту

Інноваційні ризики визначаються ймовірністю втрат підприємства від інвестування засобів у виробництво нового обладнання, які можуть не знайти очікуваного попиту у споживачів на ринку.

У пропонованому проекті ризики мінімальні і постійно існує попит, оскільки наразі відсутні аналогічні пропозиції, а технологія є унікальною як з економічного, так і з екологічного погляду.

- фінансові ризики пропонованого проекту зумовлені недостатньо стабільним фінансовим станом підприємства та відсутньою сталістю фінансування етапів реалізації стартап-проекту;
- кадрові ризики пов'язані з інноваційністю проекту, яка в свою чергу може призвести до недостатньої професійної компетентності залучених до реалізації працівників.
- маркетингові ризики можуть виникнути як наслідок недосконалості маркетингової стратегії впровадження та реалізації стартап-проекту на ринку.

#### 4.10 Оцінка ефективності впровадження стартап-проекту та пропозиції інвестору

На цьому етапі детально описуються пропозиції інвестору для залучення інвестицій і реалізації та розвитку стартап проекту.

Головні показники оцінювання проекту:

1. Чиста приведена вартість проекту (NPV - Net Present Value) [67].

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i} - CF_0,$$

$$NPV = (34,31 + 29,84 + 25,94 + 22,56) - 100,26 = 112,65 - 100,26 = 12,39;$$

де  $CF_0$  – початкові інвестиції;

$CF_i$  – потік платежів в  $i$ -му році;

$r$  – ставка дисконтування, що відображає швидкість зміни вартості коштів в часі.

Інвестиція є ефективною, оскільки  $NPV > 0$ .

2. Співвідношення кредиту (інвестицій) до вартості проекту (LTC – Loan To Cost)

$$LTC = \frac{Loan\ Amount}{Cost},$$

$$LTC = \frac{100,26}{100,26} = 1;$$

де *Loan Amount* – сума кредиту (інвестиції), використані для фінансування проекту;

*Cost* – загальна вартість проекту.



### 3. Простий термін окупності проекту (років)

Термін окупності  $T_{ок}$  – період, за який інвестиції окупаються за рахунок збільшення прибутку, або економії річних експлуатаційних витрат  $\Delta Pr$ :

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta Pr},$$

$$T_{ок} = \frac{100,26}{34,31} = 2,92;$$

Термін окупності проекту складе 2,92 роки.

4. *Коефіцієнт ефективності*  $E$  – це відношення приросту прибутку до капіталовкладень, які викликали цей приріст (величина обернено пропорційна періоду окупності  $T_{ок}$ ):

$$E = \frac{\Delta Pr}{K} = \frac{1}{T_{ок}},$$

$$E = \frac{1}{2,92} = 0,34;$$

Коефіцієнт ефективності перевищує встановлену норму ефективності.

### Висновки до розділу 4

1. Сформульовано основну ідею проекту – використання відходів гірничого виробництва в процесі очищення промислових підприємств з отриманням гіпсу у вигляді осаду, який в подальшому придатний для використання в якості вторинної сировини для промисловості та будівництва.

2. У проекті запропоновано замкнений цикл функціонування гірничих підприємств, який дає змогу не лише вирішувати питання очищення стічних вод, а й вирішувати завдяки методу вапнування стоків проблему накопичення та

складування відходів на підприємствах з видобування вапняку та виробництва вапнякових добрив.

3. Основною відмінністю запропонованої ідеї є використання вторинної сировини, що суттєво зменшує капіталовкладення даної технології та дає вагомий екологічний ефект. Особливо необхідно зазначити, що на території України суперництво в даній промисловій галузі мінімальне оскільки ринку відсутні такого типу технології, а циркулярна економіка тільки починає розвиватися.

4. У запропонованому проекті ризики мінімальні і постійно існує попит, оскільки наразі відсутні аналогічні пропозиції, а технологія є унікальною як з економічного, так і з екологічного погляду.

5. У таблиці 4.13 підведені підсумки підготовки стартап-проекту використання відходів гірничого виробництва в очищенні стічних вод та узагальнені основні техніко-економічні показники.

Таблиця 4.13 – Узагальнюючі техніко-економічні показники

<i><b>Показники</b></i>	<i><b>Значення</b></i>
Капіталовкладення, тис. грн.	142,26
Собівартість побічного продукту, грн.	0
Ціна побічного продукту, тис. грн/т	3
Річна економія за рахунок зниження екологічного податку, тис. грн.	12,46
Термін окупності методу, років.	0,81
Чиста приведена вартість проекту	12,39
Коефіцієнт економічної ефективності	0,34
Період повернення капіталовкладень, років	2,92

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз сучасного стану досягнень з питань зниження навантаження на довкілля та підвищення рівня ресурсозбереження гірничими підприємствами, досліджено можливість використання відходів гірничого виробництва для очищення стічних вод гірничих підприємств.

2. Вперше запропоновано круговий цикл функціонування гірничих підприємств, який базується на впровадженні у виробництво розробленого способу очищення кислих стічних вод гірничих підприємств з використанням відходів видобутку вапняку та отриманням сухого осаду – гіпсу, що є сировиною для низки галузей промисловості.

3. Встановлено залежність кількісно-якісного складу реагенту (вапнякових відходів) від хімічного складу та обсягу стічних вод гірничих підприємств, зокрема для нейтралізації 1 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  необхідно 0,57 г  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeSO}_4$  – 0,37 г  $\text{CaO}$ ,  $\text{HCl}$  – 0,77 г  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeCl}_2$  – 0,44 г  $\text{CaO}$ .

4. Встановлено залежність кількості сухого осаду, утвореного в процесі очищення стічних вод гірничо-рудних підприємств відходами видобутку та переробки вапняку, від кількості використаного реагенту та хімічного складу стічних вод.

5. На прикладі кар'єру № 9 Іршанського гірничо-збагачувального комбінату визначено, що кількість сухого осаду з 1 м<sup>3</sup> стічних вод складає 0,032 кг, за добу 0,016 т.

6. Запропоновано шляхи подальшого використання отриманого у процесі очищення стічних вод гірничих підприємств осаду, зокрема у сільському господарстві, медицині, цементній промисловості, будівництві, керамічній, авіаційній, машинобудівній галузях промисловості та у паперовому виробництві.

7. Річна економія за рахунок зменшення обсягу скидів забруднюючих речовин становитиме 12461,2 грн/рік. Чистий економічний ефект від впровадження запропонованих заходів становитиме 6871,2 грн/рік. Термін окупності – 0,81 року.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Павленко І. Поводження з відходами підприємств гірничо-збагачувальної галузі та їх вплив на навколишнє середовище. Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. 2012. №3 (54). С. 15–18.
2. Статистичний щорічник України за 2018 рік. [Електронний ресурс] Державна служба статистики України. URL: [http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/2019/zb/11/zb\\_yearbook\\_2018.pdf](http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2019/zb/11/zb_yearbook_2018.pdf) (дата звернення: 26.10.2020).
3. Іванов Є.А., Біланюк В.І. Ефективність використання мінеральної сировини і гірничопромислових відходів в Україні. Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування: тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Трускавець, 5–8 жовтня 2015 р. Трускавець, 2015. С. 344–351.
4. Тверда, О.Я., Репін, М.В., Ткачук, К.К., Горбачова, К.Ю. Впровадження моделі циркулярної або кругової економіки у гірничовидобувній галузі. Екологія і виробництво. 2020. №7, с. 54-57.
5. Александров І. О. Удосконалення законодавчої складової регіональної системи управління відходами. НАН України, Ін-т економіки промисловості. Донецьк, 2009. С. 3–21.
6. Галецький Л., Бент О., Макогон В., Польской Ф. Техногенные месторождения Украины новый источник минерального сырья. Геологічний журнал. 1995. № 2. С. 17–21.
7. Стасюк С.М. Вапнічна В.В. Виготовлення будівельної продукції з відходів гірничого виробництва на прикладі МКЗД. [Електронний ресурс] URL: <http://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/6187/71.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення: 26.10.2020).
8. Тверда О. Перспективи утилізації відходів видобутку нерудних корисних копалин. Екологія – філософія існування людства : зб. мат. доп. VI міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 17–19 квіт. 2019 р. Київ, 2019. С. 113–115.

9. Авраменко С., Гуляєв В., Горбунов О. Атлас схем та технологій з дисципліни «Основи маловідходних технологій». [Електронний ресурс] URL: <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/8/6-29-mz2.pdf> (дата звернення: 28.10.2020).
10. Промислова екологія. [Електронний ресурс]. URL: [http://dn.khnu.km.ua/dn/k\\_default.aspx?M=k1217&T=03&lng=1&st=0](http://dn.khnu.km.ua/dn/k_default.aspx?M=k1217&T=03&lng=1&st=0) (дата звернення: 30.10.2020).
11. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды М., 1984. 88 с.;
12. Зубрик С. В. Техноекологія. Джерела забруднення і захист навколишнього середовища: навч. посібник. Львів: Оріяла – Нова, 2007. 400 с.
13. Господарський кодекс України : Закон України від 16.01.2003 р. № 436-IV. *Відомості Верховної Ради України*. 2003. №18, № 19-20, № 21-22. Ст. 144.
14. Андрейцев В.І. Екологічне право: Особлива частина: Підр. для студ. юр. ВУЗів. за ред. акад. В.І. Андрейцева. К.: Істина, 2001. 544 с.;
15. Гуляева И.С. Анализ и обоснование методов обезвреживания и утилизации осадков сточных вод биологических очистных сооружений. Вестн. ПНИПУ. Сер. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. Пермь: ПГТУ, 2012. № 2. С. 18–32.
16. Распутна Т.А. Дослідження закономірностей впливу гірничих розробок на водний басейн. Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки", 2011. №3 (58). С. 184-188.
17. Руденко О. В. Відходи гірничо-збагачувального виробництва: особливості при визначенні їх об'єктом обліку. Європейський вектор економічного розвитку. 2011. № 1(10). С. 202–207.
18. Про відходи : Закон України від 4 березня 1998 р. УК № 77–78. *Відомості Верховної Ради України*. 1998. № 36–37. Ст. 242.
19. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості, затв. Наказом Міністерства промислової політики України від 09.07.2007 р. № 373.

20. Реймерс Н. Ф. Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
21. Козловский Е. А. Горная энциклопедия: в 5-ти томах. М.: Советская энциклопедия, 1989. Т. 4. С. 336–337.
22. Кержаков В. І. Економіка використання вторинних ресурсів. К.: 1986. 224 с.
23. Гуцайлюк З. В. Учет и контроль производственных отходов. М.: Финансы и статистика, 1990. 79 с.
24. Халанчук Л. В., Коротун А.О. Оптимальний вибір методів очищення стічних та поверхневих вод. Збірник наукових праць за матеріалами Дистанційної всеукр. наук. конф. «Математика у технічному університеті XXI сторіччя». Краматорськ: ДДМА, 2017. С. 275-277.
25. Донська М. Д. Хронологія методів та технологій очистки води у світі. Гілея : науковий вісник. 2015. № 99. С. 83–87.
26. Сакалова Г. В., Василінич Т. М. Дослідження ефективності очищення стічних вод від іонів важких металів з використанням природних адсорбентів : монографія. Вінниця: Твори, 2019. 92 с.
27. Glencore: веб-сайт. URL: <https://www.glencore.com/what-we-do/metals-and-minerals/nickel> (дата звернення: 21.12.2020).
28. Сергєєв П. В., Білецький В. С. Полігонні і промислові випробування технологій селективної флокуляції вугільних шлаків. Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб. 2008. №35 (76). С. 124–131.
29. Маджд С. М., Панченко А. О., Бондар А. М. Роль вищих водних рослин у деструкції забруднювачів в біоінженерних гідрофітних спорудах. Наукоємні технології. 2017. №1. С. 89–93.
30. Проскуряков В. А. Очистка сточных вод в химической промышленности. Л.: Химия, 1977. 464 с.
31. Алферова Л. А. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов М.: Стройиздат, 1984. 412 с.

32. Красногорская Н. Н. Очистка сточных вод гальванического производства Экология и промышленность. 2000. № 8. С. 33–34.
33. Айрапетян Т. С. Очистка побутових стічних вод. Харків, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 73 с.
34. Маслובоев В. А., Вигдергауз В. Е., Макаров Д. В., Светлов А. В., Некипелов Д. А., Селезнев С. Г. Методы снижения концентрации сульфатов в сточных водах горнорудных предприятий. Вестник Кольского научного центра РАН. 2017. №1.
35. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство. М.: Глобус, 1998. 302 с.
36. Степаненко Т. И. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов реагентным методом с применением в качестве реагента извести. Вісті Автомобільно-дорожнього інституту, 2013. №1. с. 165-171.
37. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия, 1984. 464 с.
38. Крешков А. П. Основы аналитической химии. Теоретические основы. Качественный анализ. М.: Химия, 1965. Т. 1. 472 с.
39. Величко О. М., Зеркалов Д. В. Екологічний моніторинг : навч. посіб. К.: Основа, 2002. 256 с.
40. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод : навч. посіб. Рівне : Рівненська друкарня, 2003. 622 с.
41. Храброва Е.А. Применение коагулянтов и флокулянтов для очистки сточных вод предприятий по производству ионообменных смол. Севастополь: СНУЯЭиП, 2012. № 4 (44). С. 102 - 109.
42. Буцева, Л.Н. Очистка сточных вод от сульфатов известкованием и коагуляцией с применением оксихлорида алюминия. Очистка природных и сточных вод: Сборник научных трудов. М.: ГНЦ «НИИВОДГЕО», 2009. С. 49-51.
43. Красавцев Г. Н. Рациональное использование и защита водных ресурсов в черной металлургии. М.: Металлургия, 1989. 288 с.

44. Буцева, Л.Н. Очистка сточных вод от сульфатов известкованием и коагуляцией с применением оксихлорида алюминия. Очистка природных и сточных вод: Сборник научных трудов. М.: ГНЦ «НИИВОДГЕО», 2009. С. 49–51.

45. Іванченко А.В., Карлаш В. І., Єлатонцев Д.О., Данельська А.С. Застосування кислотно-активованого цеоліту в технології очищення стічних вод від нітратів. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2018. № 5. С. 1–6.

46. Жуков А. И. Методы очистки производственных сточных вод : (Справ. пособие). М.: Стройиздат, 1977. 204 с.

47. Храброва Е.А. Применение коагулянтов и флокулянтов для очистки сточных вод предприятий по производству ионообменных смол. Севастополь: СНУЯЭиП, 2012, № 4 (44). С. 102 - 109.

48. Свергузова С.В. Комплексное обезвреживание сточных вод, утилизация осадков водоочистки и вторичное использование гипсо- и металлосодержащих промышленных отходов: дис. д-ра техн. наук: 03.00.16: защищена 01.10.2008: утв. 23.01.2009 Казань: Казан. гос. технол. ун-т, 2008. 514 с. РГБ ОД, 71 09-5/220.

49. ДСТУ Б А.1.1-36-94. Гіпс та інші місцеві в'язучі. Гіпс сиромолотий. Терміни та визначення. [Чинний від 01.01.1995]. Вид. офіц. Київ : Держкоммістобудування України, 1995. 22 с.

50. Сивий, М. Я. Гіпси Подністров'я – ресурси, використання. Подільський регіон: виклики ХХІ століття (географічні аспекти): матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Тернопіль, 25 квітня 2017 р.). Тернопіль, 2017. С. 91-97.

51. Алебастр [Електронний ресурс] URL: <http://stonecontract.eu/ua/about-gem-stone/about-alabaster/> (дата звернення: 21.11.2020).

53. ДСТУ Б В.2.7-91-99. В'язучі мінеральні. Класифікація. [Чинний від 01.03.1999]. Вид. офіц. Київ : Держбуд України, 1999. 27 с.

52. Рунова Р.Ф., Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л., Носовський Ю.Л. В'язучі речовини: К.: Основа, 2012. 448 с.



54. Шахкельдян Б. Н., Загаринская Л. А. Полиграфические материалы, М.: Книга, 1988. 330с.

55. Що таке стартап? [Електронний ресурс] (останнє оновлення вересень 2017) URL: <https://biznesua.com.ua/shho-take-startap> (дата звернення 16.11.2020).

56. Податковий кодекс України : Закон України від 02.12.2010 р. № 2755–IV. *Відомості Верховної Ради України*. 2011. № 13-14, №15-16, № 17. Ст. 112.

57. Еколого-економічна ефективність. [Електронний ресурс] URL : [http://pidruchniki.com/10560412/ekologiya/rozrahunok\\_ekologokonomichtnoyi\\_efektivnosti\\_virobnichih\\_protseviv](http://pidruchniki.com/10560412/ekologiya/rozrahunok_ekologokonomichtnoyi_efektivnosti_virobnichih_protseviv) (дата звернення 20.11.2020).

58. Управління конкурентоспроможністю підприємства: навч. посібн. [Електронний ресурс]. URL: <http://posibniki.com.ua/catalog-upravlinnyakonkurentospromozhnistyupidpriemstva---klimenko-sm> (дата звернення: 21.11.2020).

59. Цибульов П. М. Управління інтелектуальною власністю : монографія за ред. П. М. Цибульова. Київ : «К. І. С.», 2005. 448 с.

60. Стартап-проект. Рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації «Розроблення стартап-проекту» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальностей: 101 «Екологія», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплотехніка», спеціалізацій: «Інженерна екологія та ресурсозбереження», «Інжиніринг електротехнічних комплексів», «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв», «Системи електропостачання», «Енергетичний менеджмент та енергоефективність» «Енергетичний менеджмент та інжиніринг». П. В. Круш, Н. А. Шевчук, О. І. Андрусь. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні тестові дані Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 50 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27914> (дата звернення: 26.11.2020).

61. Еколого-економічна оцінка природних ресурсів. URL: [http://ebooktime.net/book\\_337\\_glava\\_99\\_7.html](http://ebooktime.net/book_337_glava_99_7.html) (дата звернення: 26.11.2020).

62. Розмір мінімальної заробітної плати. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.golovbukh.ua/article/7055-mnmalna-zarobtna-plata-v-2020-rots> (дата звернення: 28.11.2020).

63. Розроблення стартап-проекту: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей. За заг. ред. О.А. Гавриша. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 28 с.

64. Структура промислового ринку. [Електронний ресурс]. URL: [https://stud.com.ua/84371/marketing/struktura\\_promislovogo\\_rinku#79](https://stud.com.ua/84371/marketing/struktura_promislovogo_rinku#79). (дата звернення: 21.11.2020).

65. Шевчук Н.А., Зайченко С.В., Кривда О.В. Впровадження та реалізація стартап проекту геомехатронного комплексу. Сучасні проблеми економіки і підприємництва. Збірник наукових праць. Вип. 21. К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2018. С.94-101.

66. Шевчук Н.А. Впровадження та реалізація стартапів в гірництві. Міжнародна науково-технічна конференція, присвячена 120-річчю КПІ «Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики», м. Київ, 17-18 травня 2018 р. К.: НТУУ «КПІ», 2018. С. 89-90.

67. Поліщук В.В. Стартап проекти та їх оцінювання: конспект лекцій для студентів за спеціальністю 7.121 «Інженерія програмного забезпечення» факультету інформаційних технологій УжНУ. Ужгород: 2018. 74 с.