

**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

Гірничо-металургійний факультет

Кафедра гірничої справи

«Допущено до захисту»

Гарант ОПП

Костянтин ЛЕВЧЕНКО

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання

освітньо-професійної програми

«Технології збагачення корисних копалин»

за спеціальністю 184 Гірництво

**на тему «Зниження собівартості концентрату за  
рахунок оптимізації системи зневоднення продуктів  
збагачення»**

Керівник роботи

Наталія КУШНІРУК

Консультант від бази практики

Анаїт ГІЧУНЦ

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Владислав КРИВОРОТЬКО

<i>Підсумкова оцінка за атестацію</i>			
---------------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Андрій РТИЩЕВ

ЗАПОРІЖЖЯ 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет гірничо-металургійний  
Кафедра гірничої справи  
Ступінь вищої освіти магістр  
Спеціальність 184 Гірництво  
ОПП Технології збагачення корисних копалин

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант ОПП

Костянтин ЛЕВЧЕНКО

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Криворотька Владислава Віталійовича

1. Тема роботи Зниження собівартості концентрату за рахунок оптимізації системи зневоднення продуктів збагачення  
керівник роботи Кушнірук Наталія Володимирівна, кандидат техн. наук  
затверджені наказом Університету №238 від 14.10.2024 р.
2. Термін подання роботи 10.02.2025
3. Вихідні дані до роботи магнетитові кварцити родовищ ПрАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат
4. Зміст пояснювальної роботи Анотація. Зміст. Вступ. 1. Технологія збагачення магнетитових кварцитів ПрАТ «Північного гірничо-збагачувального комбінату» 2. Спеціальний розділ Висновки. Перелік використаних джерел.
5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Графічна частина виконана за допомогою програми PowerPoint, представлена у вигляді слайдів формату А4. 1.Актуальність та завдання досліджень. 2. Речовинний склад вихідної сировини. 3. Результати лабораторних досліджень. 4. Рекомендована технологія збагачення. 5. Загальні висновки.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
1	Кушнірук Н.В., доцента кафедри ГС
2	Кушнірук Н.В., доцента кафедри ГС

7. Дата видачі завдання 14.10.2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Збір матеріалу. Написання технологічного розділу	01.02.2025
2	Написання спеціального розділу.	08.02.2025
3	<i>Оформлення роботи</i>	10.02.2025
4		
5		
6		
7		
8		

Здобувач

(Владислав КИВОРОТЬКО)

Керівник роботи

(Наталія КУШНІРУК)

## АНОТАЦІЯ

*Криворотько Владислав Віталійович.* Зниження собівартості концентрату за рахунок оптимізації системи зневоднення продуктів збагачення - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 184 Гірництво, ОПП «Технології збагачення корисних копалин» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2025.

*Об'єктом дослідження* є процес складування хвостів і системи оборотного водопостачання у збагачувальному виробництві.

*Предметом дослідження* є залежність техніко-економічні показники збагачення магнетитових кварцитів ПрАТ «ПівнГЗК» від технології зневоднення та складування відходів.

У першому розділі проаналізована структура ПрАТ «ПівнГЗК». Надана загальна характеристика вихідної сировини, що видобувається основними родовищами комбінату. Проаналізовано уснуючу технологію збагачення магнетитових кварцитів, сформульована напрям подальшого виконання досліджень.

У другому розділі проведено обґрунтовано технології «сухого» складування відходів збагачення магнетитових кварцитів ПрАТ «ПівнГЗК». Дана технологія спрямована на забезпечення безпечного та економічно зберігання відходів мокрої магнітної сепарації. Сучасні методи, зокрема пошарове укладання та застосування геосинтетичних матеріалів, сприяють зміцненню відвалів і мінімізують ризик забруднення навколишнього середовища, а також зниження собівартості концентрату, за рахунок зменшення шляху зворотньої води та вилучення з схеми насосів.

Проведені випробування та аналіз експлуатаційних даних показали, що технологія згущення хвостів, порівняно з базовим варіантом двопідйомної схеми, дозволила скоротити енергоспоживання приблизно до 50%.

Робота складається з: 50 с., 9 рис., 10 табл., 7 джерел у переліку посилань.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА** ЗНЕВОДНЕННЯ ВІДХОДІВ ЗБАГАЧЕННЯ, ХВОСТОСХОВИЩЕ, КОМБІНОВАНА СИСТЕМА ВОДОПОСТАЧАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, КОАГУЛЯЦІЯ ТА ФЛОКУЛЯЦІЯ.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>1. ТЕХНОЛОГІЯ ЗБАГАЧЕННЯ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ ПРАТ «ПІВНІЧНОГО ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ»</b> .....	9
<b>1.1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА</b> .....	9
<b>1.2 Обґрунтування технології магнітного збагачення ПрАТ «ПівнГЗК»</b> .....	11
<b>1.3 Загальна інформація про згущення хвостів і складування згущених відходів</b> .....	16
<b>2. ЗНИЖЕННЯ СОБІВАРТОСТІ КОНЦЕНТРАТУ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЗНЕВОДНЕННЯ ПРОДУКТІВ ЗБАГАЧЕННЯ</b> .....	18
<b>2.1 Згущення хвостів</b> .....	22
<b>2.2 Гідротранспорт згущеної хвостової пульпи</b> .....	24
<b>2.3 Вибір майданчика будівництва</b> .....	27
<b>2.4 Стратегія в галузі охорони праці, виробничої безпеки та охорони навколишнього середовища</b> .....	38
<b>2.4.1 Вимоги до поводження з відходами</b> .....	39
<b>2.4.2 Передбачуваний вплив на місцеве населення</b> .....	40
<b>2.4.3 Об'єкти підвищеної небезпеки (ідентифікація та декларація)</b> .....	41
<b>2.4.4 Інженерно-технічні заходи цивільного захисту</b> .....	43
<b>2.4.5 Основні рішення щодо вибухопожежної безпеки</b> .....	43
<b>2.4.6 Заходи з охорони праці під час будівництва</b> .....	44
<b>2.5 Логіка оцінки ефекту</b> .....	46
<b>Висновки:</b> .....	49
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	50

## ВСТУП

### Актуальність дослідження

Зниження собівартості концентрату є одним із ключових завдань гірничозбагачувальних підприємств, оскільки витрати на збагачення значною мірою залежать від ефективності використання водних ресурсів і технологій зневоднення. У сучасних умовах мокра магнітна сепарація залишається основним методом виділення залізовмісних мінералів із рудної маси, проте цей процес супроводжується утворенням значних обсягів водонасичених хвостів, що вимагають ефективного згущення та зневоднення.

Традиційні методи зневоднення, такі як гравітаційне згущення, фільтрація та відстійники, не завжди забезпечують необхідний рівень вилучення води, що призводить до збільшення витрат на утилізацію шламів і повторне використання води. Водночас низька ефективність оборотного водопостачання призводить до зростання витрат на свіжу воду та електроенергію, що негативно позначається на економічній ефективності виробництва.

Крім того, екологічні вимоги щодо мінімізації промислових відходів і раціонального використання природних ресурсів змушують підприємства вдосконалювати системи водоочищення та складування відходів. Традиційні схеми утилізації хвостів потребують значних площ для хвостосховищ, що ускладнює подальше використання земель і створює ризики для навколишнього середовища.

Отже, розробка оптимізованої системи зневоднення продуктів збагачення є актуальним завданням, спрямованим на зниження собівартості концентрату за рахунок скорочення витрат води та електроенергії, підвищення ефективності складування відходів і покращення екологічних показників виробництва.

### **Мета дослідження**

Розробка технологічного рішення щодо оптимізації системи зневоднення хвостової пульпи в умовах ПРАТ «ПівніГЗК» з метою зниження виробничих витрат та підвищення екологічної безпеки.

### **Об'єкт дослідження**

Процес складування хвостів і системи оборотного водопостачання у збагачувальному виробництві.

### **Предмет дослідження**

Залежність техніко-економічні показники збагачення магнетитових кварцитів ПРАТ «ПівніГЗК» від технології зневоднення та складування відходів.

### **Завдання дослідження**

- Аналіз існуючих технологій згущення хвостової пульпи.
- Дослідження фізико-хімічних та технологічних властивостей магнетитових кварцитів Першотравневого кар'єру.
- Оцінка впливу параметрів хвостів на ефективність процесу зневоднення.
- Оптимізація технологічної схеми складування відходів.
- Удосконалення системи оборотного водопостачання.
- Проведення експериментальних досліджень для підтвердження запропонованих рішень.
- Екологічна та економічна оцінка впровадження запропонованих технологій.

### **Методи дослідження**

- Аналіз існуючих систем згущення та методів водоочищення.
- Лабораторні дослідження фізико-хімічних характеристик хвостів мокрої магнітної сепарації.
- Оптимізація методів відбору води із шламів для повторного використання в технологічному процесі.

- Вибір та обґрунтування ефективного обладнання для зневоднення відходів.
- Використання сучасних технологій очищення води (коагуляція, флотація, мембранні методи).
- Моделювання та техніко-економічне обґрунтування оптимізованої системи зневоднення.

### **Практичне значення роботи**

Результати досліджень дозволяють розробити рекомендації щодо впровадження ефективних методів зневоднення хвостової пульпи, що сприятиме:

- Скороченню витрат на водопостачання за рахунок збільшення частки оборотної води.
- Зниженню витрат на будівництво та обслуговування хвостосховищ за рахунок зменшення їхньої площі.
- Поліпшенню екологічних показників підприємства та зменшенню ризиків забруднення навколишнього середовища.
- Підвищенню конкурентоспроможності підприємства за рахунок оптимізації виробничих витрат.

# **1. ТЕХНОЛОГІЯ ЗБАГАЧЕННЯ МАГНЕТИТОВИХ КВАРЦИТІВ ПРАТ «ПІВНІЧНОГО ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ»**

## **1.1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА**

Північний гірничо-збагачувальний комбінат - це найбільше гірничодобувне підприємство в Європі із закінченим циклом підготовки доменної сировини - залізорудного концентрату (вміст заліза 66%) і обкотишів (вміст заліза 60,3% і 63,5%) [1-5].

ПРАТ «ПІВНГЗК» входить до Групи Метінвест - найбільшої приватної компанії України, гірничо-металургійні підприємства якої об'єднані в єдиний виробничо-збутовий цикл [1-4].

На сьогоднішній день виробничі потужності підприємства дозволяють виробляти 14,2 млн. тонн концентрату і 11,1 млн. тонн обкотишів. Сировинною базою підприємства є великі родовища залізистих кварцитів, які розробляються Першотравневим і Ганнівським кар'єрами, загальні промислові запаси яких складають 3 108 млн. тонн мінеральних ресурсів [1-5].

До складу Північного гірничо-збагачувального комбінату разом з двома кар'єрами входять: 2 збагачувальні фабрики, 2 цехи з виробництва обкотишів, а також ряд допоміжних цехів, які обслуговують основне виробництво. Комбінат має власну медичну службу, а також розвинену соціальну сферу [1].

На комбінаті впроваджуються передові технології по забезпеченню автоматизованими системами управління виробничими технологічними процесами, а також з обліку готової продукції, сировини і матеріалів на базі інтеграційної системи обліку, планування та управління виробництвом SAP ERP. У рамках оптимізації бізнес-процесів системою SAP ERP впроваджено у 2009 році система електронних тендерів SRM в мережі Інтернет і модуль HR [1].

Успішно експлуатується в кар'єрах комбінату система контролю навантаження і супутникового позиціонування GPS на технологічному автомобільному і залізничному транспорті [1]..

Потужна інвестпрограма нашого підприємства спрямована на оновлення гірничої техніки та виробничого обладнання. Автомобільні парки комбінату поповнилися 11 новими 130-тонними самоскидами БілАЗ, залізнична техніка потужними тяговими агрегатами [1-5].

Завдяки інвестпрограмі транспортний парк ГТЦ-1 поповнився новим високоефективним гусеничним бульдозером KOMATSU D375 [1-5].

Сировинна база Північного комбінату представлена двома кар'єрами - Першотравневим і Ганнівським. До складу переробного комплексу входять 3 дробильні фабрики, 2 рудозбагачувальні фабрики, 2 цехи виробництва обкотишів [1]..

Першотравневий кар'єр - один з найбільших кар'єрів в Україні. Проектна глибина кар'єру 650 метрів. В даний час кар'єр простягається вшир на 2,5 тис. м, у довжину більше, ніж на 3 тис. м. Глибина кар'єра 400 м. Нижній його горизонт знаходиться на позначці - (285) м [1]..

Ганнівський кар'єр. Проектна продуктивність кар'єра 10,0 млн. тонн сирої руди на рік (глибина кар'єра досягла 275м, ширина 1,2 тис. м, довжина 5, 250 тис. м) [1].

ДФ-1. На дробильної фабриці № 1 відбувається дроблення руди, що подається з ДФ-2 і

ДФ3. Процес включає 4 стадії дроблення.

ДФ-2. Руда Ганнівського кар'єра проходить I стадію дроблення, після чого транспортується на ДФ-1. Також здійснюється дроблення розкривних порід для виробництва щебеню.

ДФ-3. Циклічно-потокова технологія. За допомогою циклічно-потокової технології здійснюється подача руди з позначки-115м Першотравневого кар'єру на відмітку +68 м. Завдяки її впровадженню

вже в першому кварталі 2007 року скоротилася відстань відкати великовантажних автомобілів, зменшилася кількість перевантажувальних майданчиків. Це дало можливість розширити фронт гірничих робіт, збільшити обсяги видобутку руди, скоротити енерговитрати [1].

Збагачувальна фабрика № 1 (РЗФ-1). Дроблена руда проходить три стадії подрібнення і збагачення на магнітних сепараторах.

Збагачувальна фабрика № 2 (РЗФ-2). Концентрат, вироблений на РЗФ-1, проходить дешламацію і фільтрацію [1].

Цехи виробництва окатишів №№ 1 і 2 (ЦВО-1, 2) представляють собою складний виробничий комплекс з виробництва обкотишів, що включає в себе відділення вагоноперекидача, склади бентоніту і вапняку, відділення дроблення і подрібнення добавок (вапняку і бентоніту), бункери концентрату, відділення огрудкування, випалу, грохочення, навантажувальних бункерів, склад готових обкотишів, відділення тягодуттьових машин, дільниця газоочистки [1-5].

## **1.2 Обґрунтування технології магнітного збагачення ПрАТ «ПівнГЗК»**

Враховуючи особливості складу вихідної сировини (табл.1.1-1.2) доцільно застосовувати технологічну схему збагачення представлену на рис. 1.1.

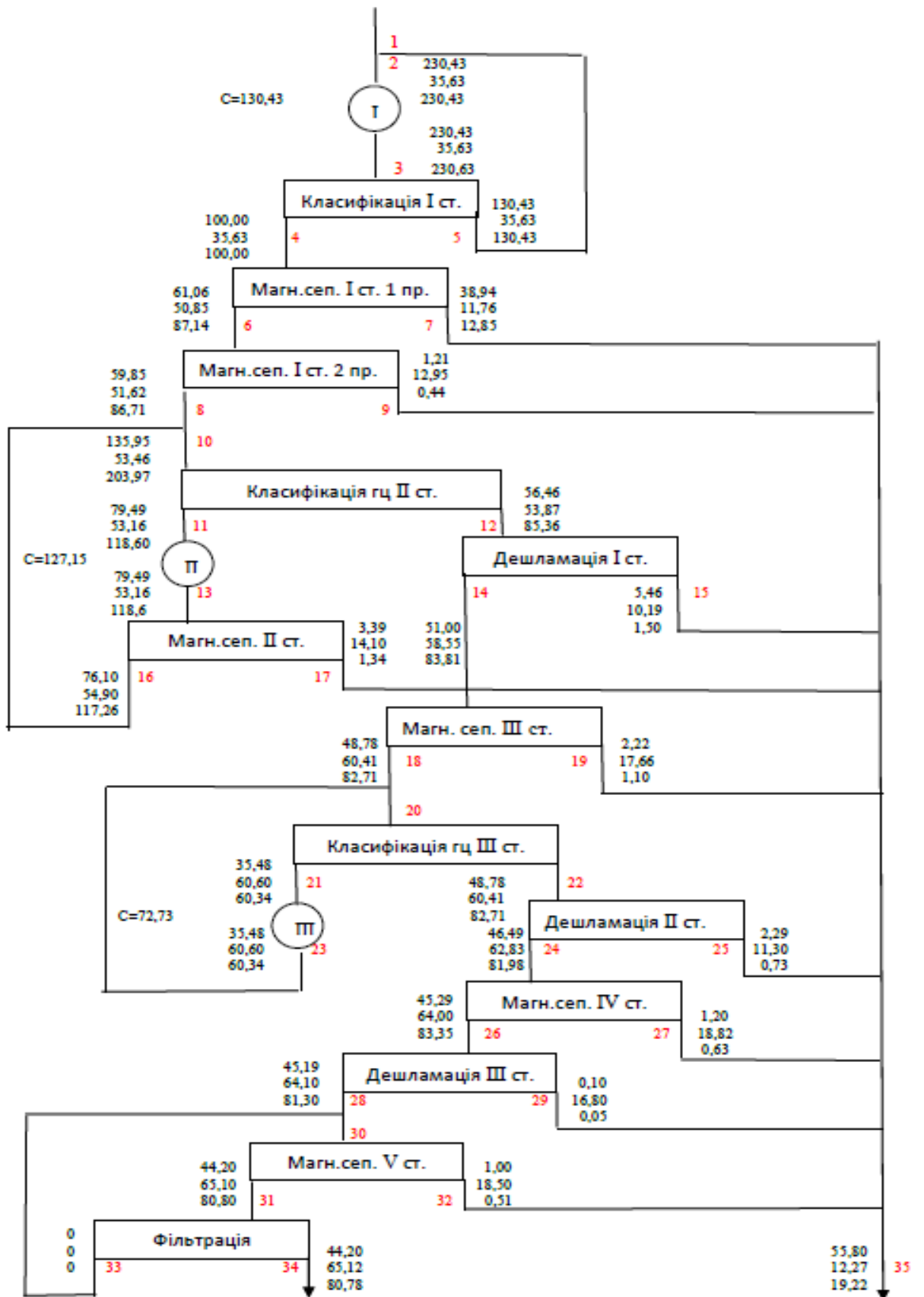


Рисунок 1.1 – Технологічна схема збагачення магнетитових кварцитів ПрАТ «ПівнГЗК»

Таблиця 1.1 - Характеристика порід Ганнівського родовища

Сорт	Різновиди	Пачка	Вміст, %		Показники збагачення, %		
			Fe <sub>заг.</sub>	Fe <sub>маг</sub>	Fe конц.	Вихід конц.	Fe хв.
I	Гематит-магнетитові кварцити	Лежача	38,24	25,36	67,51	40,79	18,01
	Магнетитові кварцити	Лежача	36,47	29,72	67,26	44,9	11,33
	Мартит-магнетитові кварцити	Лежача	39,46	17,17	66,86	32,28	26,4
III	Силікат-магнетитові кварцити	Лежача	29,8	22,72	63,92	35,23	11,3
	Магнетит-силікатні кварцити	Лежача	26,99	17,04	60,58	28,62	13,77
	Магнетит-силікатні кварцити	Висяча, перша підпачка	25,3	15,4	58,5	24,3	14,64
IV	Магнетит-силікатні кварцити	Висяча, друга підпачка	27,6	18,9	60,64	28,77	14,25
	Магнетит-силікатні кварцити	Висяча, третя підпачка	25,4	15,1	58,9	23,66	15,02

Таблиця 1.2 - Характеристика порід Першотравневого родовища

Найменування	Вміст, %		Після збагачення, %		
	Fe <sub>заг.</sub>	Fe маг	Fe конц.	Вихід конц.	Fe хв.
	середнє	середнє	середнє	середнє	середнє
Куммингтанит -магнетитовий метасоматит	38.01	31.38	67.74	45.5	12.71
Силікат -магнетитовий кварцит	38.65	32.7	67.04	49.6	10.44

Силікат -магнетитовий середньо - і грубо слоїстий кварцит	36.72	29.79	66.58	45.56	11.37
Силікат -магнетитовий тонкослістий кварцит	36.56	30.05	66.15	45.65	11.40
Егірін -магнетитовий метасоматит	39.47	25.85	66.43	39.51	21.63
Брекчій силікат -магнетитових кварцитів	36.43	29.11	65.90	45.30	11.77
Мартит -магнетитовий кварцит	38.34	19.33	65.65	35.20	23.34
Магнетит -силікатний кварцит	27.48	15,96	64,96	24,74	14,93
Магнетит -силікатний кондиційний кварцит	28,20	21,25	62,15	33,69	20,84

Технологічна схема збагачення магнетитових кварцитів Північного ГЗК спрямована на ефективне вилучення залізовмісних мінералів із рудної маси та отримання високоякісного концентрату. Процес включає декілька ключових операцій, кожна з яких відіграє важливу роль у підготовці, збагаченні та очищенні корисних компонентів.

Подрібнення є початковим етапом збагачення, який забезпечує зменшення розміру частинок руди для покращення подальших процесів вилучення магнетиту. Дроблена руда подається в млини, де відбувається її подрібнення до необхідної крупності. Матеріал циркулює в замкнутому циклі з класифікаторами, які поділяють його на грубу та дрібну фракції. Груба фракція повертається на повторне подрібнення, а дрібна надходить на магнітну сепарацію, що дозволяє підвищити ефективність збагачення.

Класифікація здійснюється для відокремлення частинок різної крупності та підготовки матеріалу до магнітного збагачення. Спіральні класифікатори та гідроциклони розподіляють потік на піски (грубі частинки) і злив (тонку фракцію). Піски повертаються в цикл подрібнення,

тоді як злив спрямовується на магнітну сепарацію. Використання класифікації дозволяє раціонально використовувати енергоресурси та забезпечує оптимальні умови для подальшого збагачення.

Магнітна сепарація є основним процесом вилучення магнетиту з рудної маси, що базується на різниці в магнітних властивостях мінералів. Пульпа проходить через магнітні сепаратори, де магнетитові частинки притягуються до поверхні барабанів, а немагнітні мінерали виводяться у хвости. Для підвищення якості концентрату процес виконується у декілька стадій, поступово очищаючи продукт від домішок. В результаті формується магнітний концентрат із високим вмістом заліза, який спрямовується на наступні операції.

Дешламація застосовується для видалення дрібнодисперсних шламових частинок, які можуть негативно впливати на якість концентрату. Магнітні дешламатори розділяють матеріал на злив (тонкі шлами) і піски (корисний продукт). Це дозволяє покращити фізико-хімічні характеристики концентрату та підвищити його якість перед фільтрацією. Дешламація також сприяє зниженню вмісту нерудних домішок у готовому продукті.

Зневоднення концентрату є завершальним етапом технологічної схеми, який забезпечує видалення надлишкової вологи перед транспортуванням та подальшою переробкою. Для цього використовуються вакуум-фільтри, що дозволяють отримати продукт із мінімальним вмістом води. Вакуум-насоси підтримують необхідний рівень розрідження, забезпечуючи ефективне осушення концентрату. Цей процес дозволяє мінімізувати витрати на транспортування та поліпшити подальше використання продукту в металургійних процесах.

Таким чином, технологічна схема збагачення магнетитових кварцитів включає комплекс взаємопов'язаних процесів, кожен з яких спрямований на максимальне вилучення корисних компонентів та покращення якості кінцевого продукту. Використання сучасних методів

подрібнення, класифікації, магнітної сепарації, дешламації та зневоднення дозволяє досягти високої ефективності виробництва та знизити собівартість концентрату.

**1.3** Загальна інформація про згущення хвостів і складування згущених відходів

Згущення хвостів - це технологічний процес, спрямований на підвищення концентрації твердої фази в пульпі шляхом видалення надлишкової води. Його застосування у системах управління відходами збагачувальних фабрик сприяє зменшенню обсягу рідкої фази для подальшого складування та забезпечує повернення води в технологічний цикл.

Основним принципом згущення є розділення пульпи на осад і освітлену воду за рахунок гравітаційного осадження частинок. Під дією сили тяжіння тверді частинки осідають на дні згущувача, тоді як освітлена вода залишається зверху. Швидкість осадження залежить від таких факторів, як розмір і густина частинок, а також в'язкість середовища. Для підвищення ефективності процесу застосовують коагулянти та флокулянти, які прискорюють укрупнення частинок і їх осадження.

Процес згущення реалізується у спеціалізованому обладнанні - згущувачах, які бувають різних типів:

**Радіальні згущувачі** - найбільш поширений тип завдяки високій продуктивності та простоті експлуатації. Вони являють собою великі ємності з горизонтальною основою, де частинки осідають під дією сили тяжіння. Освітлена вода відводиться через спеціальні переливні жолоби, а осад переміщується механізмами з лопатями до випускного отвору.

**Конусні згущувачі** - використовуються для обробки дрібнодисперсних хвостів, де потрібен високий ступінь згущення. Конусна форма забезпечує ефективну концентрацію осаду в центрі пристрою, що сприяє його швидкому осадженню. Освітлена вода

відводиться через переливні пристрої, а осад видаляється насосами або шнековими механізмами.

Вибір відповідного типу згущувача залежить від характеристик хвостів, зокрема їх складу, вмісту дрібнодисперсних частинок і концентрації твердої фази.

Застосування процесу згущення забезпечує такі переваги:

Зменшення обсягу хвостів, що підлягають складуванню.

Повернення освітленої води до виробничого циклу, що скорочує споживання свіжої води.

Покращення екологічної безпеки завдяки зменшенню ризику розливів забрудненої рідини.

Оптимізація використання площ хвостосховищ, що продовжує їх термін експлуатації.

Сучасні згущувачі оснащуються автоматизованими системами контролю, що забезпечують стабільність процесу, регулюють подачу реагентів і контролюють рівень рідини. Для підвищення довговічності обладнання застосовуються матеріали з антикорозійним покриттям або полімерні сплави, що підвищує їхню зносостійкість.

Отже, згущення хвостів є ефективним рішенням для оптимізації управління відходами та водними ресурсами у збагачувальній промисловості.

## 2. ЗНИЖЕННЯ СОБІВАРТОСТІ КОНЦЕНТРАТУ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЗНЕВОДНЕННЯ ПРОДУКТІВ ЗБАГАЧЕННЯ

Збагачення магнетитових кварцитів є складним технологічним процесом, який має як позитивні, так і негативні наслідки для навколишнього середовища та суспільства. До позитивних аспектів можна віднести те, що цей процес дає можливість отримання сировини для металургійної промисловості та сприяє розвитку економіки регіону, створює робочі місця та збільшує податкові надходження[6].

Жоден з процесів не відбувається без утворення відходів, так з магнетитових кварцитів, що містять заліза загального від 33,3 до 35,6% отримують готовий продукт з якістю 64-70,5 %, при цьому до 65% вихідної сировини переходять у відходи [6].

Відходи збагачення магнетитових кварцитів – тонкодисперсний матеріал, основними компонентами є кварцит, польовий шпат, рідше мінерали, що містять невеликі домішки заліза та інших металів. Ці частки мають розмір від кількох мікрометрів до декількох міліметрів, гранулометрична характеристика залежить від стадії магнітної сепарації на якій виділяються відходи зі схеми. Середня щільність хвостів магнетитових кварцитів становить близько 2.6-3.0 т/м<sup>3</sup>, що зумовлює їх важкість і стабільність при складуванні. Через наявність кварцу відходи є високочносостійкими, що також впливає на технічні характеристики обладнання для їх транспортування. Більшість компонентів відходів є хімічно інертними, але наявність слідів сульфідів може призвести до утворення кислотних стоків при взаємодії з водою, що становить екологічний ризик[6].

Під час впливу зовнішнього середовища, особливо в теплий період року, тонкодисперсна структура відходів негативно впливає на якість повітря та може викликати респіраторні захворювання у працівників

комбінату та місцевого населення. Запилення є також потенційною загрозою для природних екосистем у навколишніх територіях [6].

Відходи складаються в хвостосховища, що розташовується в одному з отрогів балки. На протязі перших 5 років хвосту збагачувальної фабрики в хвостосховище направляються самопливом, а в подальшому через пульпонасосну станцію, звідки перекачуватимуться до хвостосховища. При розрахунку необхідного об'єму хвостосховища час експлуатації фабрики приймався 25 років, враховуючи, що комбінати вже двічі перевершили цей термін експлуатації, тай в подальшому продовжують працювати, проблема складування відходів є актуальною [6].

Гірничозбагачувально комбінати працюють задля вирішення даної проблеми, так 2021 році в цеху шламових систем АТ «ПівдГЗК» було введений в експлуатацію комплекс згущення пульпи, який скорочує обсяг перекачувальних в хвостосховище шламів в 11 разів і зменшує споживання електричної енергії до 40 відсотків. Проект реалізований вперше в Україні [6].

На сьогодні гідротранспорт пульпи до існуючого хвостосховища здійснюється самопливними лотками від збагачувальної фабрики до пульпонасосних станцій, де відбувається перехід на напірний гідротранспорт. Для цього використовуються насосні станції першого та другого підйомів, а також аварійна ємність.

Ця система характеризується:

- великим обсягом перекачуваної пульпи (592,61 млн м<sup>3</sup>/рік);
- низьким вмістом твердої фази в хвостовій пульпі (2,8–3,5%);
- високими енерговитратами на транспортування хвостової пульпи у хвостосховище та повернення освітленої води на фабрику (0,6 кВт·год/м<sup>3</sup>).

При подальшому використанні цієї технології витрати на гідротранспорт і складування хвостів зростатимуть разом із підвищенням рівня дамби хвостосховища. Для продовження експлуатації сховища та

зниження енергетичних витрат необхідно впровадити заходи, що дозволять оптимізувати процес без збільшення витрат на перекачку відходів.

Одним із можливих рішень є застосування технології «сухого» складування відходів із попереднім згущенням пульпи (рис 2.1).

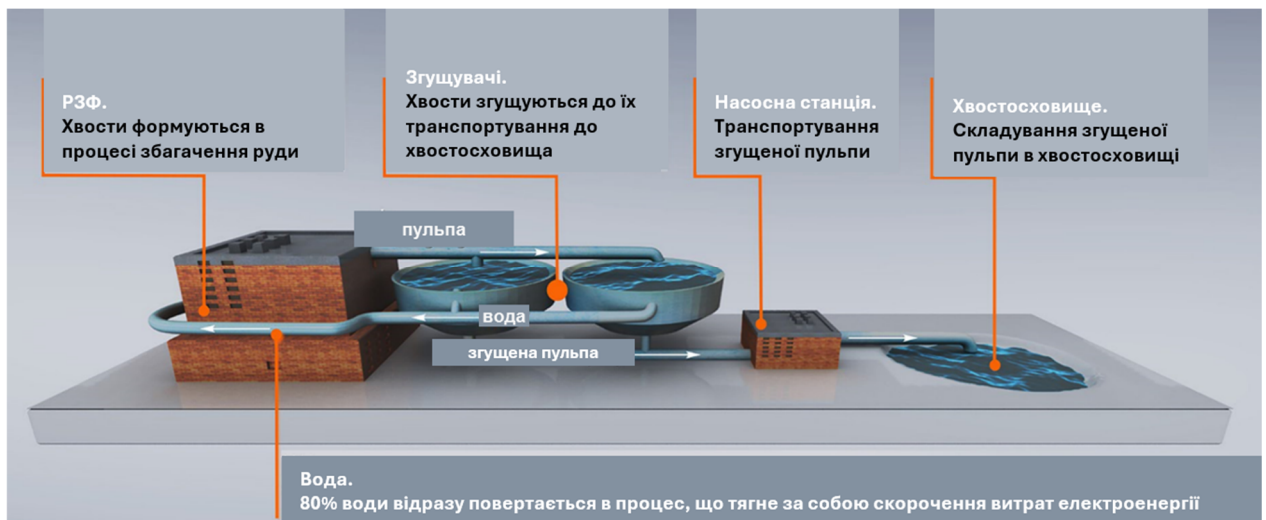


Рисунок 2.1 - Принципова схема технології згущення

Згідно з принциповою схемою даного комплексу, виконується обробка всього обсягу хвостової пульпи у високошвидкісних згущувачах при самопливній або примусовій її подачі із застосуванням флокулянтів (рис 2.2). При цьому освітлений злив повертається в оборот, а згущені хвости перекачуються у ХХ.

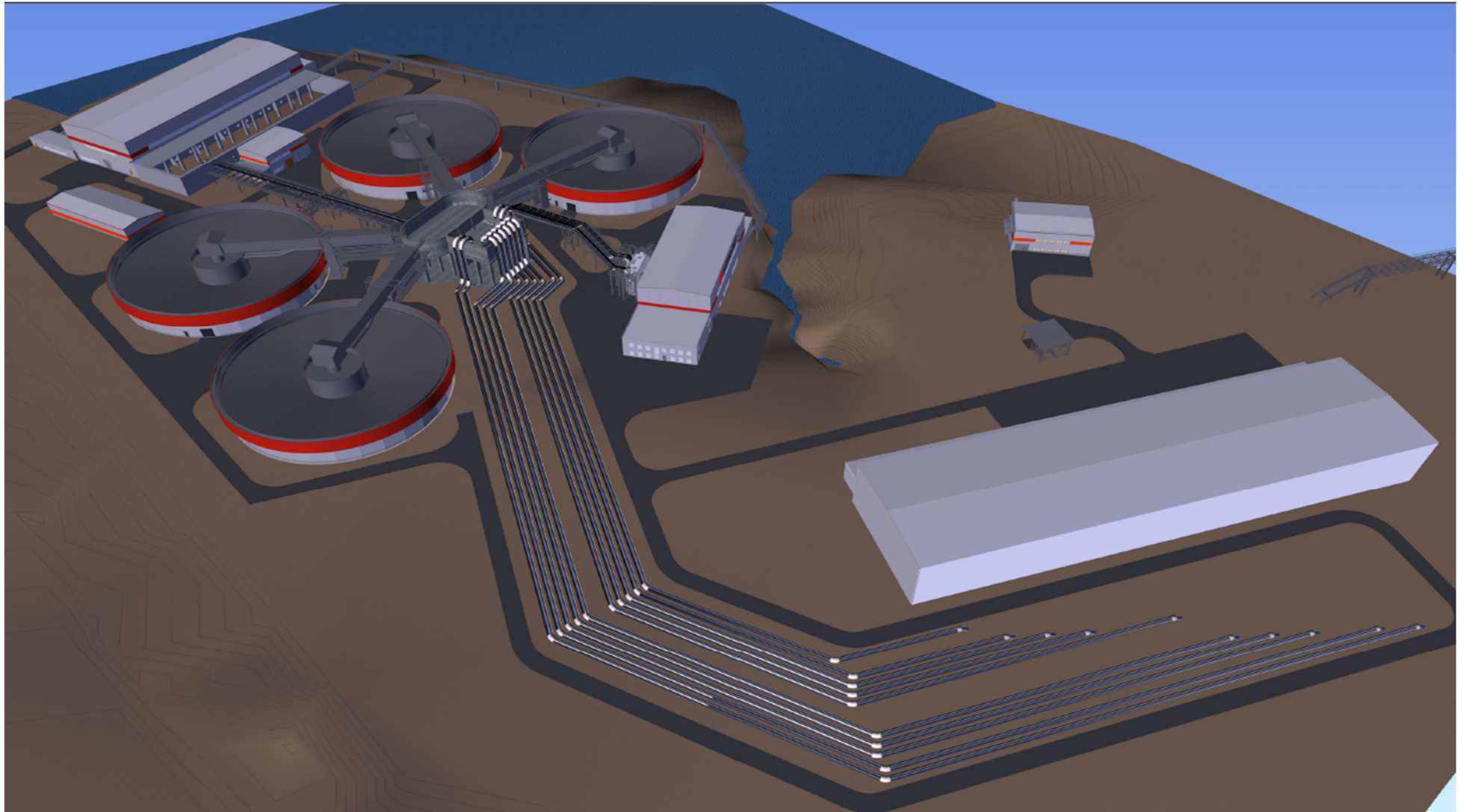


Рисунок 2.2 - 3D модель комплексу згушення

Комплекс згущення в умовах ПрАТ «ПІВНГЗК» виправдовує себе з наступних причин:

- Великий обсяг хвостової пульпи, що перекачується (до 67,7 тис. м<sup>3</sup>/год)
- Низький вміст твердого у хвостовій пульпі (2,8-3,5%)
- Висока дисперсність частинок твердої фази (97,7% класу - 0,056мм)
- Значні енерговитрати на гідротранспорт хвостової пульпи у ХХ та повернення освітленої води на РЗФ (0,6 кВт\*год/м<sup>3</sup> хвостової пульпи)
- Дефіцит площ, що відчужуються під ХС
- Погіршення санітарно-гігієнічної обстановки в районі ХС та РЗФ

Передбачуваний комплекс згущення складається із 4 шт. високопродуктивних згущувачів діаметром 60 м кожен, 2-х станцій приготування реагенту, 2-х пульпонасосних станцій розвантаження згущувачів, 1-ї насосної станції подачі згущених хвостів у ХС.

## **2.1 Згущення хвостів**

Для рівномірного розподілу потоку між згущувачами застосовують спеціальну камеру розподілу хвостів (КРХ) з донними клапанами та шиберами на 4 згущувачі.

Випробування на зразках пульпи із вмістом твердого 2,8-3,8% здійснюється із застосуванням флокулянту типу Магнафлок. Задана питома витрата флокулянту за даними проведених лабораторних досліджень відповідає режиму згущення до вмісту твердого 55%. За результатами розробки ВЕ питома витрата буде скоригована.

При максимальній питомій витраті флокулянту типу Магнафлок на рівні 40-45 г/т і заданої продуктивності комбінату по сухим хвостам 2410 т/год потрібна кількість даного реагенту становить 108,5 кг/год.

Подача приготованого 0,05%-ного робочого розчину флокулянта здійснюється дробово: частина флокулянта подається в живильні труби недалеко від камери розподіл хвостів, а в частину живить колодязь. Процес приготування та дозування флокулянту здійснюється автоматично у двох станціях безперервної дії.

Згущення хвостової пульпи проводиться до твердого вмісту 55%. При виборі оптимального вмісту твердого в згущеній хвостовій пульпі керуємося не тільки режимом згущення, а й умовами подальшого гідротранспорту і складування, а також необхідної кількості оборотної води заданої якості.

Згущення всього обсягу хвостової пульпи, максимум 67,7 тис. м<sup>3</sup>/годину, планується здійснювати в 4 радіальних високопродуктивних згущувачах діаметром 60 м. Діаметр згущувачів та їх кількість обумовлена необхідною площею згущення.

За даними досліджень, проведених у липні 2019 року, питоме навантаження на згущувач при інтенсифікації процесу згущення полімерними флокулянтами типу Магнафлок становить 0,2149 т/м<sup>2</sup>год. Тоді потрібна площа згущення всього відділення дорівнює 11214 м<sup>2</sup>. При площі кожного згущувача 2826 м<sup>2</sup> отримуємо загальну площу згущення 4х згущувачів рівну 11 304 м<sup>2</sup>. Вибір згущувачів такого діаметру забезпечують запас мін.15%, враховуючи коефіцієнт нерівномірності (табл.2.1).

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики згущувачів

Параметри згущувачів	Типорозмір
1. Діаметр чана, м	60,0
2. Висота внутрішньої стінки, м	3,5
2. Глибина чана у центрі, mm	8252
3. Площа осадження згущувача, м <sup>2</sup>	2826
4. Питоме навантаження, т/(м <sup>2</sup> ·год)	0,21
5. Частота обертання граблін, об/хв	0,005
6. Крутний момент max, кНм	4000
7. Потужність приводу, кВт	45
8. Місткість згущувача, м <sup>3</sup>	13952
9. Маса (без чана), т	Прибл. 470,0
10. Кількість згущувачів, од.	4

Пропоновані до встановлення високошвидкісні згущувачі використовують для роботи на відкритому повітрі при низьких температурах до мінус 40°C, що нижче за абсолютного мінімуму температур на даній місцевості, що дорівнює мінус 33,2°.

Освітлена вода зі згущувачів (не більше 150 мг/л) прямує у ставок освітленої води і далі в існуючу насосну станцію оборотного водопостачання, після чого насосами подається на технологічні та допоміжні потреби об'єктів ПрАТ «ПІВГОК». При аварійному режимі роботи (робота на 3 згущувачах) параметри освітленої води з вмістом твердого складуть не більше 250мг/л.

## 2.2 Гідротранспорт згущеної хвостової пульпи

Хвостова пульпа, згущена у високопродуктивних згущувачах до вмісту твердого 55%, перекачується з-під кожного згущувача

діаметром 60 м у збірний зумпф об'єднаної пульпонасосної (ОПНС) згущеного продукту за допомогою відцентрових насосів. Типорозмір насоса дорівнює за своїми об'ємно-напірними характеристиками насосів типу Metso MM350 (табл.2.2).

Необхідні для розрахунку технічних характеристик відцентрових насосів обсяги пульпи, що перекачується, і вмісту твердого в ній призначалися на підставі розрахунків балансів продуктів згущення.

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики насосів розвантаження згущувачів

Параметр	макс	мін
режим роботи, год/рік	8736	8736
щільність середовища, що перекачується, кг/м <sup>3</sup>	1,47	1,54
продуктивність, м <sup>3</sup> /год	1.256,00	816,00
довжина трубопроводу, м	150,00	150,00
діаметр трубопроводу, м	0,4	0,4
швидкість потоку, м/с	2,78	1,80
висота підйому, м	18	18
загальний натиск, м	19,39	18,59
у встановлених насосів, шт	2	2
у насосів в серію, шт	1	1
найменування насоса	MM350	MM350
ККД насоса, %	70	70
встановлена потужність приводу, кВт	200	200

Для кожного згущувача передбачається 2 (1 у роботі / 1 у резерві) насоса розвантаження встановлених у допоміжних пульпонасосних станціях (ВПНС-1 та 2) з розрахунку одна станція на два згущувачі 60 м.

Загалом у кожній ВПНС встановлюється 4 насоси. Діаметр напірних трубопроводів дорівнює 400 мм.

При згущенні хвостової пульпи до 55% твердого загальний обсяг пульпи з чотирьох згущувачів, що надходить щогодини до збірного зумпфу ОПНС дорівнює 3.268 м<sup>3</sup>/год. З даного зумпфу згущений продукт перекачується двома, з'єднаними послідовно, насосами типу Metso MR500 по пульпопроводу діаметром 800 мм хвостосховища. Встановлена потужність для кожного вказаного насосного агрегату – 1100 кВт (табл. 2.3).

Для узгодження режиму роботи системи гідротранспорту з характеристикою пульпопроводу та параметрів хвостової пульпи насоси встановлюються з перетворювачами частоти обертання насосів.

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики насосів ОПНС для подачі згущеної пульпи на хвостосховище

Параметр	макс	мін
режим роботи, год/рік	8736	8736
щільність середовища, що перекачується, кг/м <sup>3</sup>	1,47	1,54
продуктивність, м <sup>3</sup> /год	3.768,00	3.268,00
довжина трубопроводу, м	7.500,00	7.000,00
діаметр трубопроводу, м	0,8	0,8
швидкість потоку, м/с	2,08	1,81
висота підйому комплексу згущення (від відм.+145 м), м	44	20
у встановлених насосів, шт	4	4
у насосів в серію, шт	2	2

найменування насоса	MR500	MR500
ККД насоса, %	85,6	86,4
встановлена потужність приводу, кВт	1100	1100

Підведення технічної води на гідроущільнення сальників здійснюється під тиском на 35-70 кПа вище за робочий тиск насоса. Для досягнення даного тиску організовано системи регулювання та подачі води для гідроущільнення.

Вміст твердого у технічній воді для вузлів гідроущільнення повинен становити не більше 150 мг/л.

Для укладання згущеної пульпи буде використовуватися метод розподільчого намиву з виведенням кінцевого випуску в чашу хвостосховища. Також на розподільчих випусках будуть встановлені засувки для регулювання проектного намиву.

### **2.3 Вибір майданчика будівництва**

З метою збереження та повторного використання існуючої інфраструктури перекачування пульпи та освітленої води, ОрЕХ, СарЕх, пропонується варіант розташування КС на борту ХС.

Розміщення майданчика проектного комплексу згущення відходів збагачення в районі ПНС-1 виконано на території цеху технічного водопостачання і шламового господарства (ЦТВШХ) ПРАТ «ПІВНГЗК» м. Кривий Ріг Дніпропетровської області. Об'єкти передбачуваного будівництва розміщуються на існуючій території комбінату далеко від червоних ліній.

Перед початком будівельних робіт на території під будівництво комплексу згущення передбачається виконання інженерної підготовки території.

Проект підготовки території виконується в декілька етапів:

- Картограма земельних робіт зрізка шару ґрунту з суглинків  $h=0.3$  м);

- Картограма земельних робіт (вибірка ґрунту на заболочених ділянках та на ділянках з техногенним ґрунтом. Зворотна засипка суглинком);

- Картограма земельних робіт. Етап перший (до відм.+114.60 м);

- Формування насипу до відм.+114.60 комплексу згущення;

- Картограма земельних робіт. Етап другий (до відм.+117.00 м);

- Формування насипу до відм.+117.00 комплексу згущення.

Вертикальне планування ділянок прийняте з урахуванням мінімальних обсягів робіт, в ув'язці з планувальними відмітками землі ділянки комплексу згущення, існуючих об'єктів, верху покриття автомобільних доріг і технологічних вимог.

Для забезпечення водовідводу з поверхні покриттів внутрішньомайданчикових автомобільних доріг, майданчиків і водовідведення від будівель і споруд виконана вертикальне планування (пілообразний профіль проїзної частини з пристроєм знижених місць, де розташовуються дощі-приймачі).

Основні в'їзди на територію комплексу передбачені з двох сторін двома автомобільними дорогами. Також влаштовані проїзди і під'їзди до нових будівель і споруд, які забезпечують необхідний

транспортний зв'язок з усіма спорудами комплексу, проїзд технологічного транспорту, а також проїзд пожежного транспорту.

Транспортне господарство існуюче. Зберігання та обслуговування автотехніки здійснюється в спорудах транспортного цеху. Обслуговуючий персонал - існуючий.

Зовнішні та внутрішні схеми транспортних комунікацій обумовлені існуючою схемою логістики і зберігаються незмінними.

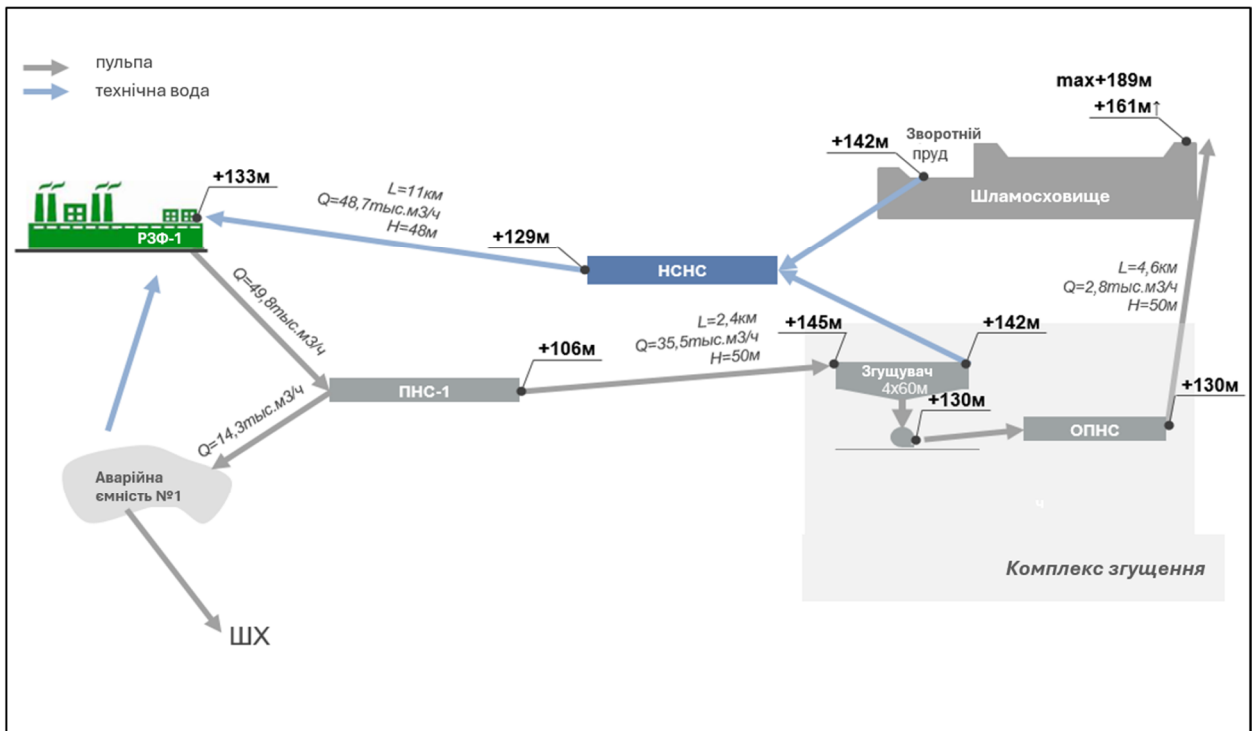
Заходи з озеленення та благоустрою, передбачені на даний момент, є достатніми для забезпечення нормативних і санітарно-гігієнічних умов праці, зниження впливу виробничих шкідливостей на території комбінату. Даним проєктом не передбачається вирубка існуючих зелених насаджень (рис.2.4).



Рисунок 2.4 - Місце розташування комплексу згущення

Згідно зі схемою, весь об'єм хвостової пульпи 67,5 тис. м3/год насосами ПНС-1 подається на високошвидкісні згущувачі, розміщені на греблі ХС.

Дана схема дозволить максимально зберегти та повторно використовувати існуючу інфраструктуру та обладнання.



Злив освітленої води із згущувачів 150 мг/л самопливом надходить у ставок оборотного водопостачання і через сифонний водозабір відкачується насосною оборотного водопостачання (СНС НОВ) і далі перекачується в контур технологічного оборотного водопостачання РЗФ, а згущена до 50-55% твердого на відстань 7 км. на відмітку +189,0м.

Після, освітлення в ХС, частина оборотної води, що залишилася, повертається через водозабір в ставок оборотного водопостачання і відкачується сифонним водозабором в насосну оборотного водопостачання (СНС НОВ), після чого надходить до споживачів комбінату.

Передбачається будівництво та запуск в експлуатацію чотирма пусковими комплексами ПК1-4. Пускові комплекси пов'язані із послідовним будівництвом і запуском кожного з 4-х згущувачів та допоміжних об'єктів, комунікацій, інфраструктури, необхідних для функціонування згущувача.

Таблиця 2.4 - Перелік об'єктів, які проектується в ПК1:

№ п/п	Найменування об'єктів
04	Згущувач №4
07	Камера розподілу хвостів (КРХ)
08	Об'єднана пульпонасосна станція (ОПНС)
09	Склад зберігання флокулянтів (у існуючому складі цеху підготовки виробництва)
10	Пульпопроводи від ПНС-1 до КРХ
11	Естакада пульпопроводів згущеного продукту до ОПНС
12	Естакада пульпопроводів від ОПНС до камери перемикання ВНПП
13	Естакада трубопроводів освітленої води згущувачів
14	Приміщення для частотних перетворювачів ПНС-1
15	Насосна станція зворотного водопостачання (НСЗВ)
16	Насосна станція водопідготовки та гідроущільнення (НСВтаГ)
17	Вузол підключення технічної води
19	Приміщення управління засувками
20	Пульпонасосна станція ПНС-1 (монтаж насосів №11,10,9)
21	Камера перемикання ВНПП (підземна частина)
22	Естакада пульпопроводів від ВНПП на хвостосховище
26	Естакада пульпопроводів живлення згущувача №4

28	ПС №26 Модульна будівля
29.01	Кабельна естакада на НСЗВ
29.03	Кабельна естакада до ОПНС та згущувача №4
31	Трубопроводи технічної води від НСЗВ до вузла підключення
33	ГПП-3
34	Шинопровідна галерея
35	Повітряна лінія 6 кВ від ГПП-3 до ПС №26
39	Госп. фекальна насосна станція №4 (ГФНС-4)

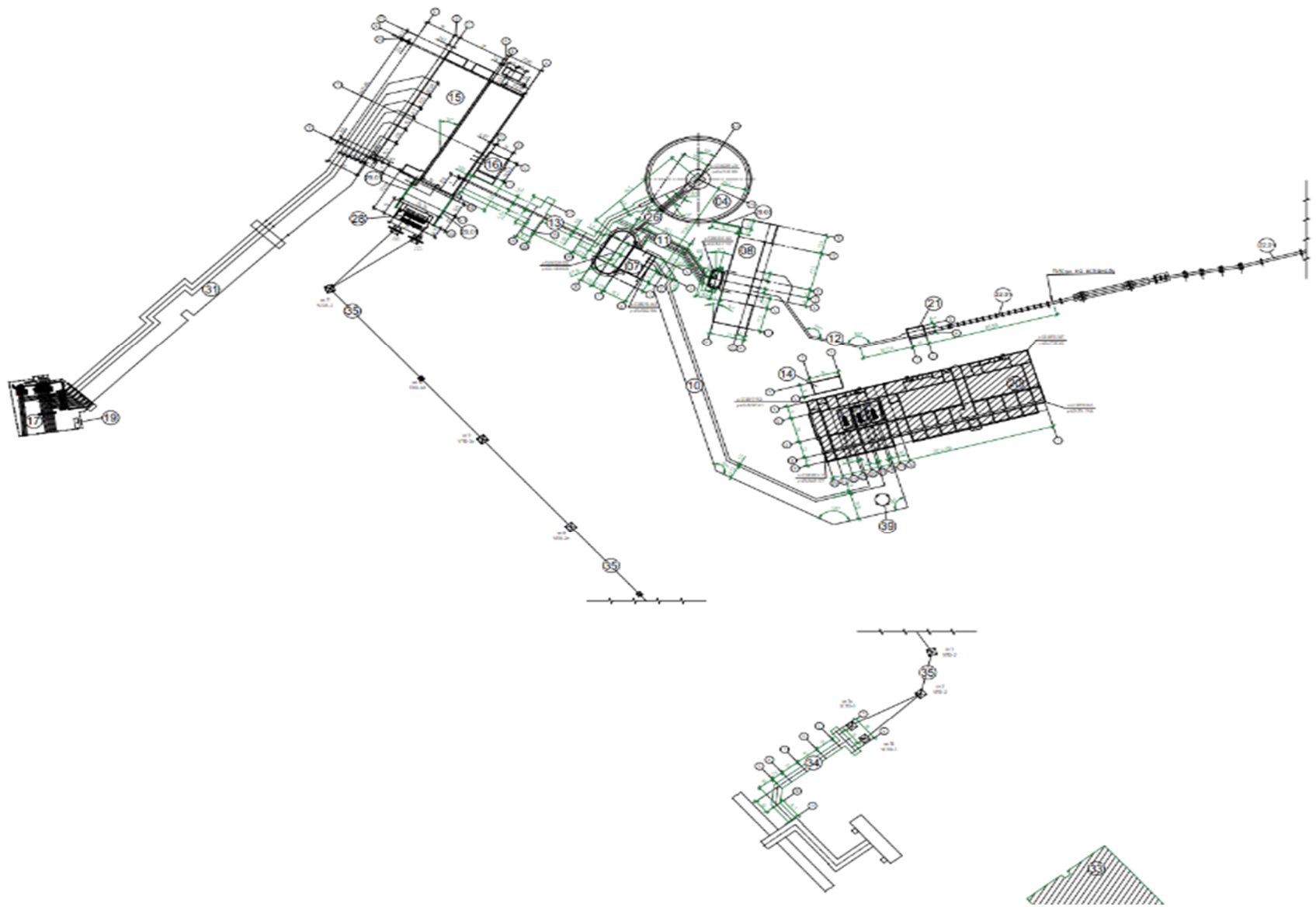


Рисунок 2.5 - Об'єкти ПК1

Таблица 2.5 - Перелік об'єктів, які проєктуються в ПК2:

№ п/п	Найменування об'єктів
04	Згущувач №3
06	Естакада під трубопроводи між згущувачами №3-4
10	Пульпопроводи від ПНС-1 до КРХ
17	Вузол підключення технічної води
20	Пульпонасосна станція ПНС-1 (монтаж насосів №12,8,7)
25	Естакада пульпопроводів живлення згущувача №3

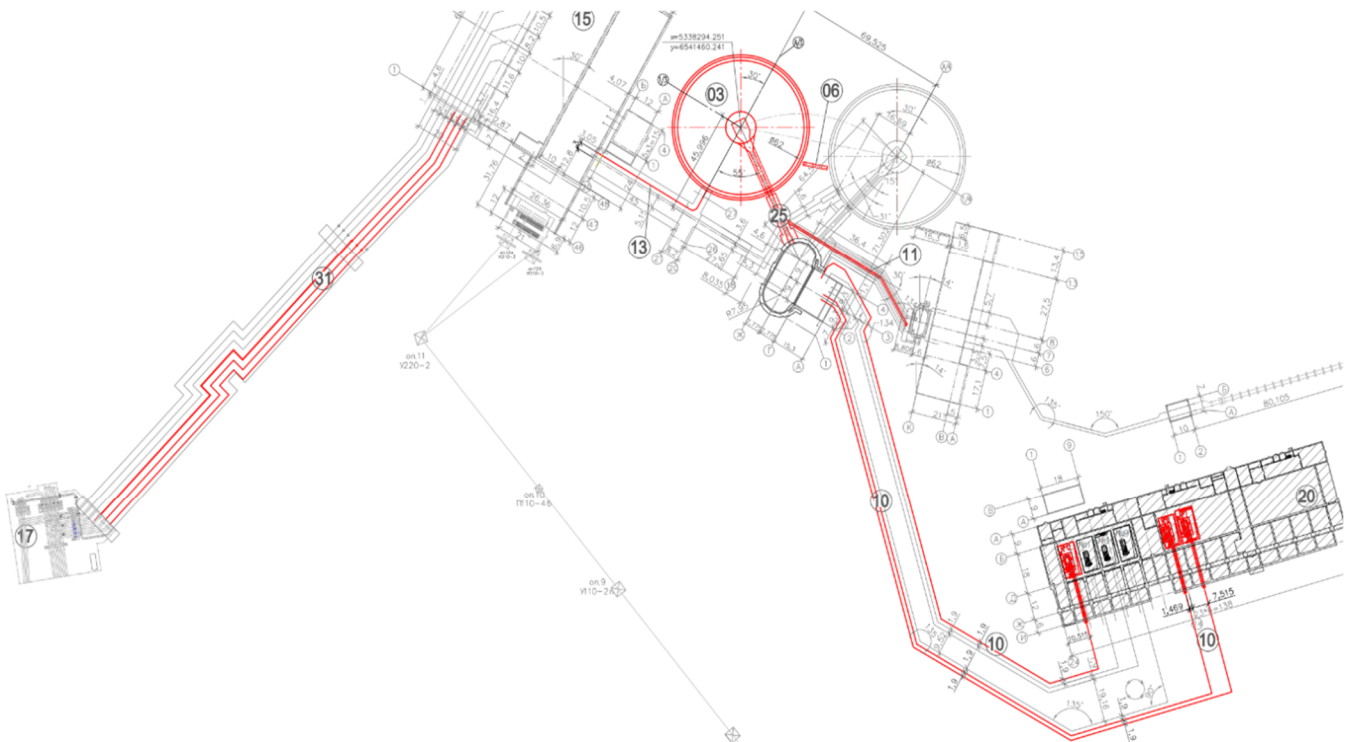


Рисунок 2. 6 - Об'єкти ПК2

Таблиця 2.6 - Перелік об'єктів, які проєктуються в ПКЗ:

№ п/п	Найменування об'єктів
01	Згущувач №1
10	Пульпопроводи від ПНС-1 до КРХ
11	Естакада пульпопроводів згущеного продукту до ОПНС (від Згущ №1)
20	Пульпонасосна станція ПНС-1 (монтаж насосів №6,5,4)
23	Естакада пульпопроводів живлення згущувача №1
29.06	Кабельна естакада на згущувачі (на 1 згущувач)

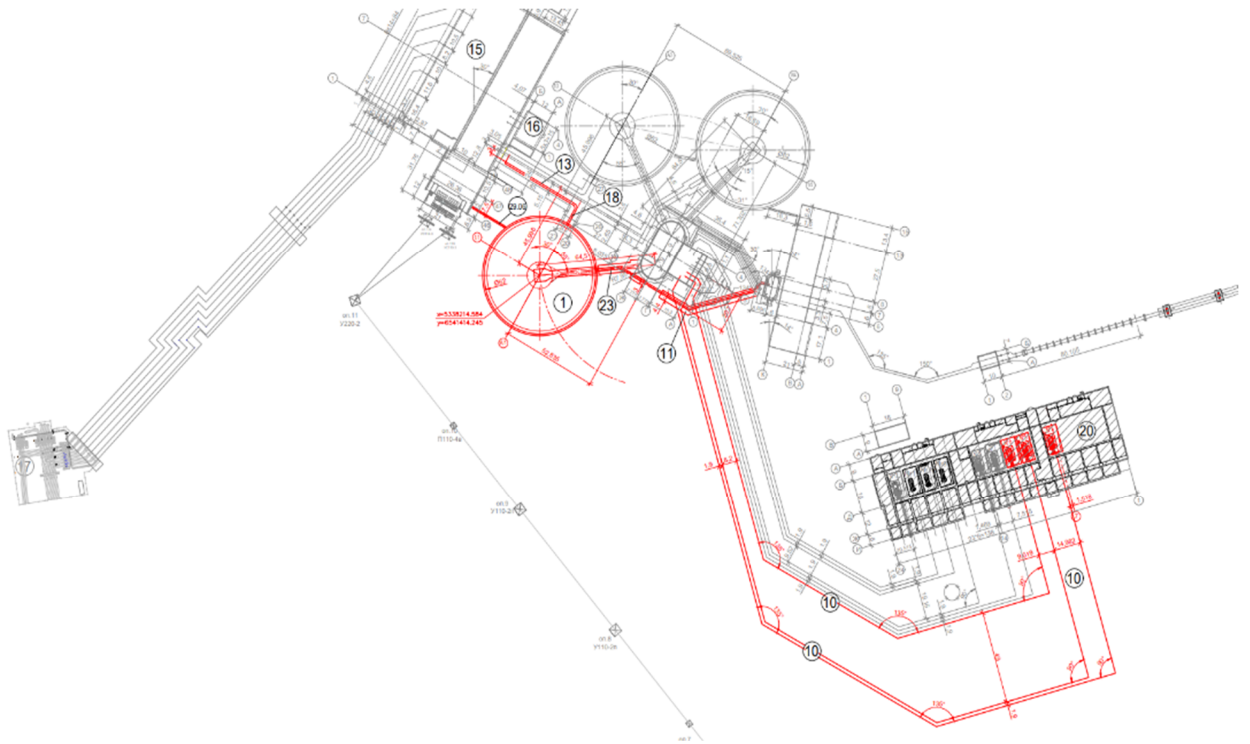


Рисунок 2.7. - Об'єкти ПКЗ

Таблиця 2.7 - Перелік об'єктів, які проєктуються в ПК4:

№ п/п	Найменування об'єктів
02	Згущувач №2
05	Естакада під трубопроводи між згущувачами №1-2
10	Пульпопроводи від ПНС-1 до КРХ
13	Естакада трубопроводів освітленої води згущувачів (труби від Згущ №2)
20	Пульпонасосна станція ПНС-1 (монтаж насоса №3)
24	Естакада пульпопроводів живлення згущувача №2

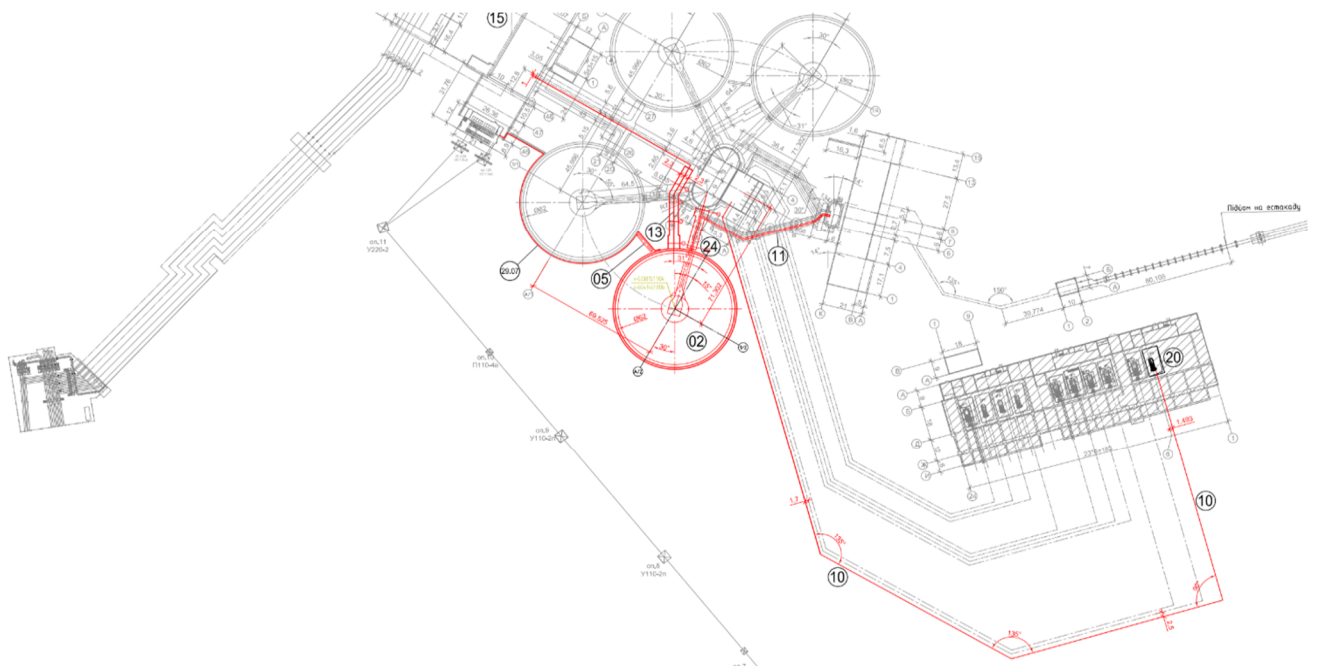


Рисунок 2.8. - Об'єкти ПК4

## **2.4 Стратегія в галузі охорони праці, виробничої безпеки та охорони навколишнього середовища**

Проектні рішення, обладнання та матеріали, що поставляється, проекти виконання робіт, а також процес виконання будівельно-монтажних робіт, пуско-налагоджувальних робіт та робіт у процесі експлуатації обладнання повинні відповідати чинним в Україні законам з охорони праці та промислової безпеки з метою досягнення нульової кількості пригод під час проектування, будівництва та промислової експлуатації даного обладнання.

Технологічні процеси, машини, механізми, пристрої, транспортні засоби, хімічні склади та їх сполуки та інша небезпечна продукція, придбані за кордоном, повинні пройти експертизу на відповідність їх нормативно-правовим актам з охорони праці, що діють в Україні.

Під час проведення оцінок ризиків запропонувати заходи щодо мінімізації ризиків для своєчасного обліку виявлених ризиків під час розробки проектної документації.

Об'єкти повинні бути розроблені та встановлені таким чином, щоб вони могли безпечно експлуатуватися та обслуговуватись навченим персоналом.

Поблизу обладнання, що становить потенційну загрозу обслуговуючому персоналу, має бути передбачено встановлення аварійних вимикачів-кнопок аварійного зупинки, захисних дверей з контролем положення. Буде впроваджено систему БМП (блокування, маркування, перевірка), а також біркова система.

Умови праці персоналу на етапі експлуатації мають відповідати вимогам Законодавства України.

У рамках реалізації цього проекту основною вимогою щодо екології є дотримання нормативних вимог щодо викидів шкідливих

речовин згідно з Наказом Міністерства екології та природних ресурсів України №260 від 01.07.2015.

Усі проектні рішення мають проходити попередню екологічну та соціальну оцінку. Оцінка повинна відповідати характеру та масштабу проекту, бути пропорційною рівню екологічних та соціальних впливів та враховувати ієрархію заходів щодо пом'якшення впливів.

У процесі проведення екологічної та соціальної оцінки будуть виявлені пов'язані з проектом можливості та альтернативи щодо ресурсоефективності. Визначено та впроваджено технічно фінансово обґрунтовані та економічно ефективні заходи для мінімізації споживання та підвищення ефективності використання енергії, води та інших ресурсів, факторів виробництва, а також для утилізації та повторного використання відходів при реалізації проекту.

Проект передбачає реконструкцію існуючих виробничих об'єктів та (або) відновлення діяльності, а також пов'язаний з новими виробничими об'єктами та діяльністю, запланований так, щоб відповідати суттєвим екологічним стандартам та національним нормативним вимогам Закону України «Про оцінку впливу на довкілля», Закону України «Про охорони навколишнього природного середовища».

#### **2.4.1 Вимоги до поводження з відходами**

При проектуванні будуть розроблені заходи щодо мінімізації шкідливого впливу на навколишнє середовище в процесі будівельно-монтажних і пуско-налагоджувальних робіт, а також запропоновано шляхи утилізації відходів, що утворюються.

Проектом буде запобігти або звести до мінімуму утворення небезпечних і безпечних відходів і в міру можливості знижено ступінь

їх шкоди. При проектуванні буде передбачено повторне використання, утилізація або переробка відходів у вторинну сировину або використовувати їх як джерело енергії; у випадках, коли відходи не можуть бути перероблені у вторинну сировину або повторно використані, передбачається утилізувати їх екологічно безпечним способом.

Парникові гази. При проектуванні та експлуатації проекту буде зведено до мінімуму пов'язані з проектом викиди парникових газів, зменшення неорганізованих викидів. Закон України "Про охорону атмосферного повітря"

Вода. У рамках процесу розробки проекту будуть встановлені та розглянуті до застосування всі технічно та фінансово обґрунтовані, економічно ефективні можливості для мінімізації споживання води, її повторного використання та рециркуляції. Враховано потенційний вплив водозабору на сторонніх користувачів та місцеві екосистеми відповідно до вимог Водного кодексу України.

Документи щодо ОВНС будуть підготовлені для отримання необхідних екологічних дозволів, де буде міститися інформація про потенційні екологічні та соціальні проблеми та можливості в контексті запланованих заходів.

#### **2.4.2 Передбачуваний вплив на місцеве населення**

Проектована діяльність, операції, обладнання та інфраструктура проекту мають позитивну віддачу для місцевого населення, що включає створення нових робочих місць, розвиток сервісної галузі та можливості для економічного розвитку. Разом з тим, проектом розглядається можливість зниження схильності місцевого населення до різних ризиків і факторів, що виникають внаслідок тимчасових або

постійних змін у складі перевезень сировини та готової продукції будівництва, експлуатації та виведення з експлуатації об'єкта аварій, руйнування конструкцій та викиду небезпечних речовин.

У рамках реалізації проекту виявити та оцінити ризики та можливий вплив проекту на здоров'я та безпеку населення, що ним зачіпається в ході розробки, будівництва, експлуатації та виведення з експлуатації проектного об'єкта та ввести в дію запобіжні заходи та плани для їх усунення засобами, порівнянними з виявленими ризиками та факторами дії.

#### **2.4.3 Об'єкти підвищеної небезпеки (ідентифікація та декларація)**

Під час проектування враховано питання щодо охорони здоров'я та безпеки під час проектування, зведення, експлуатації та виведення з експлуатації елементів конструкцій або компонентів проектного об'єкта.

Вжито заходів для виявлення та запобігання аваріям, травмам і захворюванням працівників і населення, що зачіпаються, що викликаються або виникають у процесі робіт, пов'язаних з проектною діяльністю, або пов'язаних з нею.

У випадках, коли аварія, травма та захворювання викликаються або виникають у ході робіт, пов'язаних з проектом, або є ймовірність цього, зобов'язані вивчити, задокументувати та проаналізувати результати та вжити заходів щодо запобігання повторенню та, якщо це вимагається законодавством, повідомити відповідні органи влади та співпрацювати з ними.

Безпечне використання шкідливих речовин та матеріалів та поводження з ними згідно із Законом України «Про об'єкти підвищеної

небезпеки» від 18.01.2001 № 2245-III. Запобігли або мінімізували використання небезпечних речовин і матеріалів використані можливості застосування менш небезпечних замінників таких речовин або матеріалів з метою охорони здоров'я людини та навколишнього середовища від їх потенційно шкідливого впливу. У випадках, коли уникнути їх застосування або знайти їм заміну не вдається, застосовані відповідні заходи управління ризиками для того, щоб звести до мінімуму або обмежити викид таких речовин/матеріалів в атмосферу, воду та (або) ґрунт у результаті їх виробництва, транспортування, перевантаження, зберігання, використання та видалення у зв'язку з проектною діяльністю.

Гігієна та безпека праці. Проектні рішення повинні забезпечити безпечні та сприятливі для здоров'я умови праці при експлуатації обладнання, визначити ризики для здоров'я та безпеки та заходи захисту, що відповідають фазам та характеру проекту, відповідно до прийнятних національних нормативних вимог.

Реалізація заходів щодо забезпечення охорони здоров'я та безпеки праці, що включають:

профілактичні та захисні заходи, включаючи зміну, заміну або виключення небезпечних умов чи речовин;

використання обладнання для мінімізації ризиків, встановлення обов'язкового порядку його використання та контролю за його дотриманням;

безкоштовна видача працівникам засобів індивідуального захисту;

навчання працівників процедур охорони здоров'я та безпеки та поведженню із засобами захисту.

#### **2.4.4 Інженерно-технічні заходи цивільного захисту**

Проектування інженерно-технічних заходів цивільного захисту здійснюється відповідно до вимог ДБН В.1.2-4-2006 «Інженерно-технічні заходи цивільного захисту», а також інших державних нормативних актів та відомчих інструкцій щодо проектування інженерно-технічних заходів цивільного захисту [7].

Обсяг та утримання інженерно-технічних заходів цивільного захисту буде визначено залежно від групи місць та категорії об'єктів національної економіки цивільного захисту з урахуванням зонування території від характеру та масштабів можливих аварій та катастроф техногенного характеру[7].

#### **2.4.5 Основні рішення щодо вибухопожежної безпеки**

Під час розробки проектної документації визначатиме для всіх будівель та приміщень виробничого, складського призначення категорії з вибухопожежної та пожежної небезпеки, а також клас зон у тому числі для зовнішніх виробничих та складських ділянок, а також у межах зон усередині приміщень та зовні згідно з пунктом 2.9 глави 2 розділу III Правил пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001–2014) [7].

Розрахунок категорій з вибухопожежної та пожежної небезпеки здійснювати відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок із вибухопожежної та пожежної небезпеки» [7].

#### **2.4.6 Заходи з охорони праці під час будівництва**

Заходи з охорони праці на період будівництва будуть розроблені та відображені в «Плані управління ОП, ПБ та ООС при реалізації інвестиційного проекту», який є необхідною умовою відповідності НПАОП 45.2-7.03-17 «Мінімальні вимоги щодо охорони праці на тимчасових чи мобільних будівельних майданчиках», затверджених наказом Мінсоцполітики України від 23.06.2017 р. №1А також сприяє виконанню положень Конвенції про безпеку та гігієну праці у будівництві 1988 року (№167) та Рекомендацій про безпеку та гігієну праці у будівництві 1988 р. (№175), директиви 92/57/ЄС Європейського Парламенту від 24 червня 1992 року про мінімальні вимоги до безпеки та захисту здоров'я на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках

Розроблені в ході реалізації заходи повинні гарантувати проведення постійного та відповідного контролю за всіма працівниками з метою належного здійснення, підтримання та забезпечення дотримання заходів охорони здоров'я та безпеки.

Проектування та безпека інфраструктури, будівель та обладнання. Враховувати питання охорони здоров'я та безпеки під час проектування, зведення, експлуатації та виведення з експлуатації елементів конструкцій або компонентів проектного об'єкта. Елементи конструкцій проектного об'єкта повинні бути розроблені та побудовані висококваліфікованими та досвідченими фахівцями.

Запобіжні заходи при поводженні з небезпечними матеріалами. Запобігати або мінімізувати потенційний вплив на населення та працівників небезпечних матеріалів, які можуть вивільнитися внаслідок реалізації проекту.

Безпека транспортного та дорожнього руху. Виявляти та оцінювати потенційні ризики для працівників та потенційно зачіпаного населення стосовно безпеки транспортного та дорожнього руху та здійснювати їх моніторинг протягом усього життєвого циклу проекту та, за необхідності, розробляти заходи та плани щодо їх врегулювання.

Схильність до захворювань. У випадку, якщо серед населення, яке стосується проекту, поширені ендемічні види захворювань (COVID 19 та інше), протягом усього життєвого циклу проекту виявляти можливості для покращення умов, які можуть сприяти зниженню захворюваності як серед працівників, так і населення.

Готовність до надзвичайних ситуацій та їх ліквідація.

Критерій успіху:

- Відсутність подій, пов'язаних з охороною праці та промисловою безпекою під час будівництва та введення в експлуатацію;
- Приймання об'єкта без зауважень щодо ОП та ПБ.

### **Вплив на якість продукції**

Реалізація цього проекту не впливає на якість товарної продукції ПрАТ «ПІВГЗК».

### **Пріоритети**

Основні пріоритети проекту в порядку зменшення:

1. Забезпечення нульового рівня травматизму під час реалізації проекту.
2. Забезпечення стабільності хвостосховища за нової технології укладання хвостів.

3. Зниження енерговитрат на транспортування відходів збагачення з рудозбагачувальних фабрик на хвостосховище ПрАТ «ПІВГЗК».

4. Мінімізація капітальних та операційних витрат при реалізації проекту.

## **2.5 Логіка оцінки ефекту**

### **Скорочення обсягу пульпи, що перекачується:**

Застосування технології згущення хвостів дозволяє багаторазово зменшити обсяг рідини, що підлягає транспортуванню. Практичний досвід показує, що обсяг пульпи, що перекачується на хвостосховище, знижується приблизно 20 разів. Це безпосередньо знижує сумарну споживану потужність насосного обладнання, а значить, і загальна витрата електроенергії.

### **Скорочення протяжності поворотних ліній:**

За рахунок більш ефективного відділення води в безпосередній близькості до РЗФ (Рудозбагачувальної фабрики) зменшується довжина ліній для повернення оборотної води приблизно вдвічі. Чим коротше траса зворотного водопостачання, тим менші гідравлічні втрати та нижче енерговитрати на перекачування води назад у технологічний цикл.

### **Географічна перевага при близькому розташуванні комплексу до РЗФ:**

Максимальний ефект досягається, якщо комплекс згущення та укладання хвостів розташований у безпосередній близькості до РЗФ.

Мінімальна відстань для подачі вихідної (не згущеної) пульпи та максимально скорочений шлях повернення води забезпечують найменші енерговитрати на транспортування обох середовищ.

**Додаткова економія за рахунок зниження обсягу води, що акумулюється:**

Скорочення кількості води, яку необхідно акумулювати у хвостосховищі, веде до зниження порового тиску в тілі греблі. Це зменшує обсяг дренажу та знижує витрати на перекачування фільтраційних вод назад у технологічний цикл. Підсумковий результат – скорочення як прямих енергетичних витрат за перекачування пульпи, а й непрямих витрат, що з меншим дренаванням і обробкою води.

Розрахунок ефекту за проектом виконати шляхом порівняння 2-х сценаріїв роботи цеху технічної води та шламового господарства ПрАТ «ПІВНГЗК»:

1. Базовий сценарій без комплексу згущення:
  - 11,8 млн.м<sup>3</sup>/рік хвостів у насипному тілі (з урахуванням хвостів ФДК) за обсягом переробки руди 30,5млн.т;
  - реконструкція ПНС-1 із заміною насосів 2ГрК 8000/71 на насоси 28Гр-8Т виробництва «ПЛМЗ» або аналог;
  - двопідйомна схема транспортування хвостів через ПНР-1/ПНР 2-го підйому з будівництвом станції до 2025р.;
  - Робочий проект з нарощування греблі хвостосховища до відм. +189,0.
2. Сценарій із комплексом згущення:
  - 11,8 млн.м<sup>3</sup>/рік хвостів у насипному тілі (з урахуванням хвостів ФДК) за обсягом переробки руди 30,5млн.т;

- будівництво комплексу згущення (КС) у варіанті розміщення біля РЗФ-1 з напірною подачею пульпи з ПНР-1.

Ефективність проекту складається з таких складових:

- Ефект зниження обсягів укладання твердих хвостів;
- Ефект зниження витрат на електроенергію;
- Ефект від зниження поточних щорічних експлуатаційних витрат на обслуговування системи гідротранспорту зі згущенням та без згущення.

## Висновки:

1. При збагачення магнетитових кварцитів ПрАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат» 55,8% від вихідної сировини, у вигляді тонкодисперсного матеріалу направляється у хвостосховище. Експлуатаційний об'єм хвостосховища заповнений на 90% так технологія сухого складування є актуальним питанням для подальшої реалізації.

2. Проведені випробування та аналіз експлуатаційних даних показали, що технологія згущення хвостів, порівняно з базовим варіантом двопідйомної схеми, дозволила скоротити енергоспоживання приблизно до 50%. Це означає, що при тих же обсягах укладання відходів ми можемо досягти більш ефективного використання електроенергії, знижуючи загальну витрату ресурсів та витрати підприємства.

3. Згущена пульпа має більш високу концентрацію твердої речовини, що зменшує об'єм рідини, що перекачується, і знижує гідравлічний опір у трубопроводах. В результаті потрібна менша потужність для переміщення хвостів, а насосне обладнання працює у більш сприятливих режимах, що підвищує термін його служби та знижує зношування.

4. Більш щільна пульпа сприяє покращенню стабільності хвостосховища за рахунок зменшення водної фази та пов'язаних з нею ризиків. Висока щільність хвостів знижує фільтраційний потік, тим самим зменшуючи ймовірність розрідження та підвищуючи надійність гідротехнічних споруд. Це, у свою чергу, знижує непрямі енерговитрати на можливі ремонти, зміцнення чи поновлення інфраструктури.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Максимова Н. М. Екологічна небезпека складування відвалів гірничодобувної промисловості в Україні // Екологічно дружні технологічні рішення для місцевих громад щодо поводження з відходами: збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології», Київ, 2021.С.104-106
2. ПРИВАТНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "ПІВНІЧНИЙ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИЙ КОМБІНАТ"  
<https://sevgok.metinvestholding.com/ua/about/common>
3. <https://promtehdiagnostika.com.ua/projects/prat-pivnhzk>
4. <https://dp.dsp.gov.ua/novyny/pid-koordinatsiieiu-derzhpratsi-rozpochato-planovu-perevirku-prat-pivnichnyi-hirnycho-zbahachuvalnyi-kombinat/>
5. <https://oppb.com.ua/news/hto-i-yakymy-metodamy-provodyt-navchannya-z-pytan-pratsi-pratsivnykiv-na-pidpryyemstvi>
6. Криворотько В.В. «обґрунтування технології «сухого» складування відходів збагачення магнетитових кварцитів збагачувальних комбінатів Криворіжжя». Тези конференції «MININGMETALTECH 2024 – Гірничо-металургійний комплекс: інтеграція бізнесу, технологій та освіти» (28–29 листопада 2024 року) DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-92>.
7. ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ Система надійності та безпеки в будівництві ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНІ ЗАХОДИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ (ЦИВІЛЬНОЇ ОБОРОНИ) ДБН В. 1.2-4-2006 Видання офіційне Мінбуд України Київ 2006