

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Гірничо-металургійний факультет

Кафедра гірничої справи

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**кваліфікаційної роботи**

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»**

Здобувач



Владислав КРИВОРОТЬКО

Запоріжжя 2025

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі гірничої справи.

Керівник:  
Володимирівна



Кушнірук Наталія

кандидат техн. наук,  
доцент кафедри гірничої справи

Захист відбудеться 19 лютого 2025 р. об 11:00 год на засіданні  
екзаменаційної комісії ([посилання на Тімс](#)).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному  
репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
10 лютого 2025 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** 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.

**Постановка проблеми.** 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.

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.

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

### **Задачі дослідження:**

- Проаналізувати існуючі технології згущення хвостової пульпи.
- Виконати дослідження фізико-хімічних та технологічних властивостей магнетитових кварцитів Першотравневого кар'єру.

- Виконати оцінку впливу параметрів хвостів на ефективність процесу зневоднення.
- Провести оптимізація технологічної схеми складування відходів.
- Виконати удосконалення системи оборотного водопостачання.
- Провести експериментальні дослідження для підтвердження запропонованих рішень.
- Виконати екологічну та економічну оцінку впровадження запропонованих технологій.

**Об'єкт дослідження** – Процес складування хвостів і системи оборотного водопостачання у збагачувальному виробництві.

**Предмет дослідження** – Залежність техніко-економічні показники збагачення магнетитових кварцитів ПрАТ «ПівнГЗК» від технології зневоднення та складування відходів.

**Результати та обґрунтування їх новизни / інноваційності.**  
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.

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається зі вступу, 2-х розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 50 сторінок, робота містить 9 рисунків, 10 таблиць. Список використаних джерел складається з 7 джерел.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Проаналізовані існуючі технології згущення хвостової пульпи.

Запропоновано, на прикладі АТ «ПівдГЗК», де в 2021 році в цеху шламових систем було введено в експлуатацію комплекс згущення пульпи, який скорочує обсяг перекачувальних в хвостосховище шламів в 11 разів і зменшує споживання електричної енергії до 40 відсотків, саме таку технологію згущення хвостів.

Виконані дослідження фізико-хімічних та технологічних властивостей магнетитових кварцитів Ганнівського та Першотравневого кар'єрів. В табличному виді представлені дані щодо сортів, різновидів, вмісту заліза та показників збагачення порід.

Виконана оцінка впливу параметрів хвостів на ефективність процесу зневоднення.

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 високозносоустійкими, що також впливає на технічні характеристики обладнання для їх транспортування.

Проведена оптимізація технологічної схеми складування відходів.

Застосування процесу згущення забезпечує зменшення обсягу хвостів, що підлягають складуванню та оптимізації використання площ хвостосховищ, що продовжує їх термін експлуатації.

Виконано удосконалення системи оборотного водопостачання.

Застосування процесу згущення передбачає повернення освітленої води до виробничого циклу, що скорочує споживання свіжої води.

Проведені експериментальні дослідження для підтвердження запропонованих рішень.

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

Згідно зі схемою, весь об'єм хвостової пульпи 67,5 тис. м<sup>3</sup>/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.

Виконано екологічну та економічну оцінку впровадження запропонованих технологій.

## ВИСНОВКИ

### **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 ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ  
ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

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-koordynatsiieiu-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

## 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.

## ABSTRACT

Kryvorotko Vladislav Vitaliyovych. Reducing the cost of concentrate by optimizing the dehydration system of enrichment products - Qualification work in the form of a manuscript.

Qualification work for obtaining a master's degree in specialty 184 Mining, OPP "Mineral enrichment technologies" - LLC "TECHNICAL UNIVERSITY "METINVEST POLYTECHNIC", Zaporizhzhia, 2025.

The object of the study is the process of tailings storage and the circulating water supply system in enrichment production.

The subject of the study is the dependence of the technical and economic indicators of magnetite quartzite enrichment of PrJSC "PivnGZK" on the technology of dehydration and waste storage.

The first section analyzes the structure of PrJSC "PivnGZK". A general characteristic of the raw materials extracted by the main deposits of the plant is given. The existing technology for enrichment of magnetite quartzites is analyzed, and the direction of further research is formulated.

In the second section, the technology for "dry" storage of waste from enrichment of magnetite quartzites of PrJSC "PivnGZK" is substantiated. This technology is aimed at ensuring safe and economical storage of waste from wet magnetic separation. Modern methods, in particular layered laying and the use of geosynthetic materials, contribute to the strengthening of dumps and minimize the risk of environmental pollution, as well as reducing the cost of concentrate,

due to the reduction of the return water path and withdrawal from the pump scheme.

The tests and analysis of operational data showed that the tailings thickening technology, compared to the basic version of the two-lift scheme, allowed to reduce energy consumption by approximately 50%.

The work consists of: 50 p., 9 fig., 10 tab., 7 sources in the list of references.

**KEYWORDS** DEHYDRATION OF WASTE ENRICHMENT, TAILING TANKS, COMBINED WATER SUPPLY SYSTEM, TECHNOLOGICAL SCHEME, COAGULATION AND FLOCCULATION.