

лошихти в результаті обробки аглошихти поверхнево-активними речовинами.

**Ключові слова:** *поверхнево-активні речовини, знесилення, грудкування, аглошихта, аглогази*

The results of stand researches of agglomerated burden breakup treated both clean technical water and solutions of surfactant species are shown in this article. It has been detected next facts: the increase of efficiency of burden pelletizing, the decline dust level of the agglomerated

rate gases and losses shallow fractions of agglomerated burden with the dust as a result of treatment of agglomerated burden by surfactant species.

**Keywords:** *surfactant, pelletizing, agglomerated burden, agglomerate gases*

*Рекомендовано до публікації, д.г.н. Г.А. Кроїк 17.03.10*

УДК 662.785:669.1

© Долгова Т.І., Сметана Н.А., 2010

Т.І. Долгова, Н.А. Сметана

## ДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПЕРЕРОБКИ ЛЕЖАЛИХ ХВОСТІВ ХВОСТОСХОВИЩ КРИВБАСУ

T.I. Dolgova, N.A. Smetana

## ON THE ISSUE OF PROCESSING OF LONG-TIME STORED TAILS OF LIQUID WASTES' STORES OF KRIVYI RIH MINING AREA

Встановлено факт самозбагачення техногенної сировини в процесі складування відходів у хвостосховищах. Запропоновано економічне рішення проблеми переробки лежалих хвостів з використанням існуючої технологічної схеми збагачення, що дозволить також знизити рівень екологічної небезпеки гірничого виробництва.

**Ключові слова:** *самозбагачення техногенної сировини, лежалі хвости, хвостосховища, технологічна схема переробки, екологічна небезпека*

Доведено, що сучасні технології переробки корисних копалин не дозволяють повністю вилучати з них рудні мінерали, порушуючи цим не тільки принципи раціонального природокористування, але й умови екологічної безпеки виробництва [1]. Це стосується й Кривбасу. Саме тут з відходами збагачення залізної руди у хвостосховища потрапляє від 30 до 70% вихідної сировини, яка поряд з пустою породою містить і цінні компоненти: залізо, алюміній, марганець, дорогоцінні метали і неметали [2, 3]. Тому максимально ефективна переробка видобутої руди дозволить вирішувати не тільки економічні, але й екологічні проблеми, що виникають при цьому.

Вже зараз хвостосховища Криворіжжя займають площу понад 7,6 тис. га та підняті до 130 м над прилеглою поверхнею. Сумарний об'єм цих техногенних об'єктів за різними оцінками становить 3,2...9,0 км<sup>3</sup> з 4...6 млрд т відходів збагачення [4]. Але екологічна небезпека цих накопичувачів пов'язана не тільки з кількістю задепонованих відходів, але й наслідками цього складування. Вони є не тільки джерелом затоплення й підтоплення прилеглих територій за рахунок фільтраційних втрат, а також сольового, пилового та поліметалевого забруднення атмосферного повітря, поверхневих і ґрунтових вод та ґрунтів прилеглих територій, але й зоною потенційного виникнення техногенних катастроф. Саме тому аналіз можливостей раціоналізації площі, відведеної під складування хвостів, а також використання відходів збагачення, з метою зменшення їх об'ємів та мінімізації їх негативного впливу на навколишнє середовище, є актуальним.

Як відомо, при гідравлічному складуванні хвостів їх текучі фракції надходять до хвостосховищ у вигляді пульпи. При цьому відбувається гравітаційна диференціація їх мінеральних компонентів з формуванням так званих лежалих хвостів.

Попередніми дослідженнями доведено, що на диференціацію частинок рідких відходів збагачення впливають розмір, форма і щільність мінералів, які їх складають [5]. Саме тому в придамбовій частині хвостосховища відбувається осадження більш крупнозернистого матеріалу (переважно фракцій від 0,5 до 3,0 мм) і розкритих частинок магнетиту і гематиту з максимальною щільністю 5 150...5 200 кг/м<sup>3</sup> та частинок ізометричної форми (серед рудних мінералів – магнетит, серед нерудних – кварц і його зростки з іншими мінералами). Ближче до центру цього техногенного ставка відкладаються дрібні (менше 0,05 мм) частинки нерудних мінералів – кварцу, силікатів, карбонатів, а також частинки пластинчастої форми (серед рудних мінералів – залізна слюдка, серед нерудних – хлорит, біотит, тальк тощо).

Для визначення закономірностей і варіативності розподілу гранулометричних фракцій цих мінералів нами був застосований ситовий метод.

Як вихідний матеріал було використано зразки, відібрані з ділянок пляжів хвостосховища „Войкове“ ВАТ „ПівдГЗК“. Відбір проб проводився в межах карти №1 по 10 профілях, орієнтованих у напрямку від гребеня дамби до центру ставка. Відстань між ними складала 50 м, довжина профілів коливалася в межах від 56 до 200 м. Загальна площа території відбору проб – 52 тис. м<sup>2</sup>. Аналіз проводили в кожній точці

відбору за профілями вздовж дамби та перпендикулярно до неї.

Що стосується специфіки розподілу гранулометричних фракцій хвостів, то під час аналізу даних, отриманих з профілів їх відкладень, розташованих перпендикулярно дамбі, нами був встановлений незначний вміст фракції у 2 мм (0,07...0,44%), який з наближенням до чаш хвостосховища зменшується. Подібна тенденція спостерігалась і для фракцій 1 мм (11,60...0,90%) та 0,5 мм (18,24...3,24%). Основну масу лежалих хвостів у придамбовій частині складають фракції 0,25 і 0,1 мм (60...70%). З наближенням до центру хвостосховища зменшується вміст фракції 0,25 мм (в середньому від 42 до 16%), а вміст фракції 0,1 мм зростає (від 25 до 40%). Збільшення вмісту

спостерігається у фракціях 0,74 мм (2,22...9,8%), 0,05 мм (0,70...6,42%) та 0,025 мм (1,96...34,00%).

Під час аналізу зразків, відібраних з профілів, розташованих вздовж дамби, було доведено, що в даному випадку характерним є незначний вміст фракції 2 мм (0,11...0,95%), розподіл якої має синусоїдальний характер. Тенденцію до зменшення вмісту мають також фракції 1 мм (13,05...0,3%) і 0,5 мм (31,05...5,32%). Основну масу лежалих хвостів профілю складають фракції 0,25 і 0,1 мм (20...60%). Фракції 0,074, 0,05 і 0,025 мм мають приблизно однакову концентрацію.

Графік розподілу гранулометричних фракцій хвостів в межах профілів, розташованих вздовж дамби (рис. 1, а) та перпендикулярно їй (рис. 1, б), мають хвилеподібний характер.

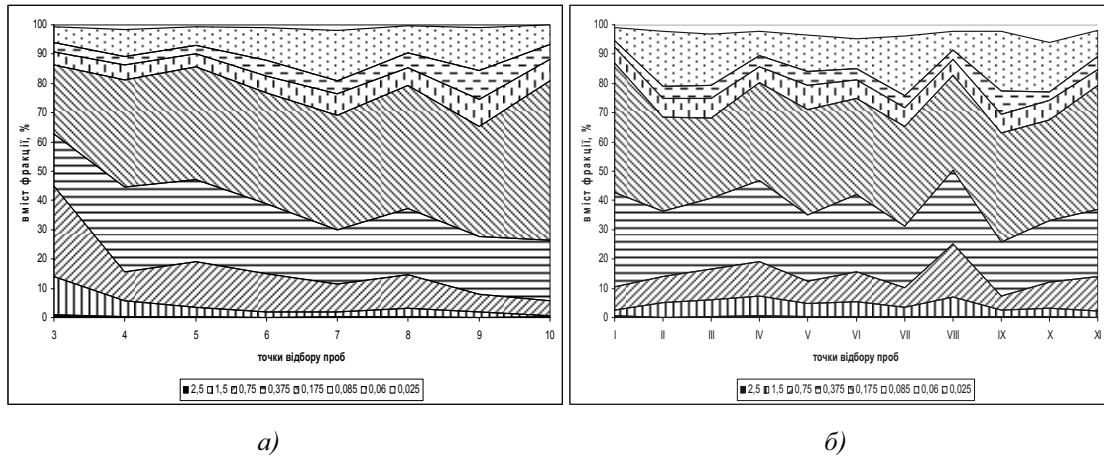


Рис. 1. Розподіл гранулометричних фракцій хвостів у профілях, що розміщені: вздовж – а; перпендикулярно дамбі – б

За результатами аналізу топологічного розподілу гранулометричних фракцій лежалих хвостів встановлено закономірності, що описуються поліноміально рівняннями шостого порядку з верифікованою прогнозно складовою тренду 1,25...2,00 інтервалу (30...40 м), що надає можливість створення загальних та часткових (індивідуальних) моделей для роз-

рахунків параметрів місць концентрації визначених мінералів та їх гранулометричних фракцій в межах хвостосховища.

Наведені рівняння описують розподіл гранулометричних фракцій в профілі, розташованому перпендикулярно дамбі (1) та в профілі, розташованому вздовж дамби (2) відповідно ( $R^2_1 = 0,96$ , а  $R^2_2 = 0,93$ )

$$Y | 40,12X^6 - 23,42X^5 + 436,48X^4 - 2189,58X^3 + 4497,75X^2 - 2620,16X + 4278,65, \quad (1)$$

$$Y | 40,12X^6 - 23,25X^5 + 434,53X^4 - 2179,07X^3 + 44687,96X^2 - 2583,41X + 2261,98, \quad (2)$$

де  $X$  – розмір фракції, мм;  $Y$  – вміст фракції в даній точці, %.

Використання даних моделей може бути основою, з одного боку, оцінки хвостосховищ як техногенних родовищ, а з іншого – характеристики раціонального використання поверхонь лежалих хвостів з метою біологічної рекультивациі цих техногенних утворень.

За даними попередніх досліджень було доведено [6], що розташування техногенних залізородних родовищ у межах хвостосховищ та їх мінеральний і хімічний склад залежать від розміщення хвостозливних труб (рис. 2).

У нашому випадку особливості заповнення хвостосховища і характер змін вмісту хвостотворюючих мінералів здійснюється відповідно до схеми II (див. рис. 3). Виходячи з цієї, а також отриманої нами

інформації, площу хвостосховища „Войкове“ умовно можна розділити на три зони щодо можливості використання їх лежалих хвостів:

- 1) зону седиментації крупнозернистих частинок;
- 2) зону седиментації частинок мінералів, що мають велику щільність (магнетит, гематит);
- 3) зону седиментації та акумуляції розкритих зерен нерудних мінералів.

Для першої з цих зон характерною є концентрація частинок мінералів розміром більше 0,16 мм з уламків кварцу і його зростків з магнетитом, гематитом, силікатами і карбонатами. За вмістом заліза матеріал цієї зони можна порівняти з сировиною бідних магнетитових кварцитів. Проте в процесі повторної пе-

реробки лежалих хвостів цей матеріал перед збагаченням потребує додаткового подрібнення.

У другій зоні концентруються гранулометричні фракції від 0,16 до 0,05 мм. Складена вона переважно розкритими зернами магнетиту та гематиту. А це означає, що при повторній переробці з цього матеріалу можна отримати високоякісний залізорудний концентрат.

Третя зона характеризується вмістом гранулометричних фракцій менше за 0,05 мм. Складена вона розкритими зернами нерудних мінералів: кварцу, хлориту, кальциту, сидериту та інших. Вміст заліза в матеріалі цієї зони незначний, тому її слід розглядати як непродуктивну.

Таким чином, у межах хвостосховища „Войкове“ формується техногенний поклад залізорудної сировини із зональною структурою. В його придамбовій частині на відстані до 500 м має місце концентрація залізовмісних мінералів у розкритому стані, що утворює продуктивну зону, при повторній переробці якої, причому без додаткових витрат на переобладнання та зміни технології збагачення, можна отримати високоякісний залізорудний концентрат. На нашу думку, найважливішим моментом цього є факт самозбагачення техногенної сировини в процесі складування відходів, раціональне використання якої може надати нові можливості в розробці систем збагачення.

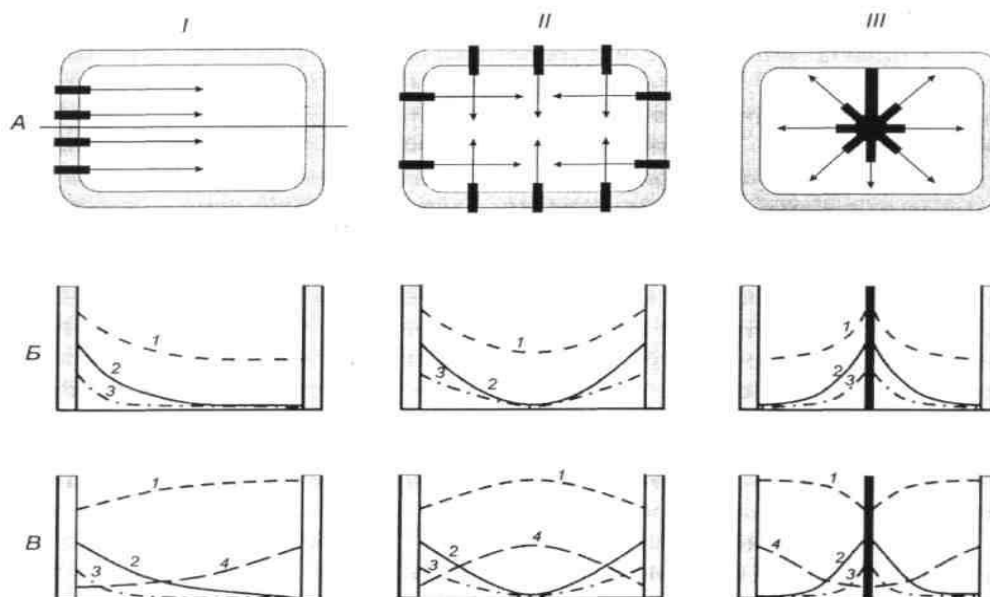


Рис. 2. Особливості заповнення хвостосховищ і характер змін вмісту хвостотворюючих мінералів та хімічних компонентів у їх розрізах [6]:

A – схеми заповнення хвостосховищ. Б – вміст у складі лежалих хвостів рудоутворюючих хімічних компонентів: 1 – загальний вміст заліза,  $Fe_{заг}$ ; 2 – вміст заліза, що входить до складу магнетиту  $Fe_{магн}$ ; 3 – вміст заліза, що входить до складу гематиту (мартиту, залізистої слюдки)  $Fe_{гем}$ . В – вміст у складі лежалих хвостів рудоутворюючих мінералів: 1 – кварц; 2 – магнетит; 3 – залізна слюдка; 4 – силікати і карбонати

Проте при розробці таких техногенних родовищ виникає ціла низка технологічних проблем, а саме: механізм виймання лежалих хвостів, їх транспортування та ін. Так, наприклад, через те, що місця розробки в процесі виймання підтоплюються, стає неможливим застосування для цього важкої техніки (екскаваторів, бульдозерів, скреперів).

Найбільш вдалим рішенням цього питання є, поперше, застосування земснарядів, а, по-друге, можливе використання існуючої системи пульпопроводів для транспортування хвостів до збагачувальної фабрики. Ця пропозиція базується на тому, що при картовому наміві хвостосховища до кожної карти підведена окрема лінія пульпопроводу, яку при розробці даної частини плеса можна також використовувати для транспортування хвостів у зворотному напрямку.

Вважаємо, що реалізація цієї ідеї на ВАТ „ПівдГЗК“ може базуватися на тому, що гідротранспорт хвостів до хвостосховища „Войкове“ здійснюється тут по двох основних лініях подачі пульпи (рис. 3):

1-ша – від збагачувальної фабрики (ЗФ-1) (1–4 секції) до пульпонасосної станції (ПНС) № 2 1-го підйому, через ПНС II-го підйому згущеної пульпи на хвостосховище;

2-га – від ЗФ-1 (5–10 секції) і РЗФ-2 (9–14 секції) до ПНС № 3 1-го підйому, через ПНС №2 II-го підйому на хвостосховище. Від збагачувальної фабрики до пульпонасосної станції 1-го підйому пульпа підводиться залізобетонним лотком. Від ПНС пульпопровід розгалужений на чотири лінії, які надходять до різних карт хвостосховища.

Таким чином, при експлуатації карти №2, пульпопровід, що надходить до карти №1 (не працюючої), цілком можливо використовувати для зворотного транспортування хвостів до збагачувальної фабрики.

Але на цьому етапі рішення проблеми використання техногенного родовища при одночасному зниженні його екологічної небезпеки, виникає ще декілька – це необхідність розробки системи переключення пульпопроводу на зворотну подачу хвостів

та побудови паралельної лінії подачі хвостів від насосної станції до збагачувальної фабрики з включенням її в технологічну схему збагачення.

Можливим варіантом розв'язання цього завдання є наступне: від ПНС I-го підйому до збагачувальної фабрики необхідно побудувати лінію подачі

хвостів і включити її в технологічну схему збагачення на початку циклу збагачення на I стадії подрібнення (рис. 4). У результаті повторного збагачення лежалих хвостів отримуємо концентрат з вмістом заліза 65,3 мас.% і виходом 30,6% (при вилученні 68%).

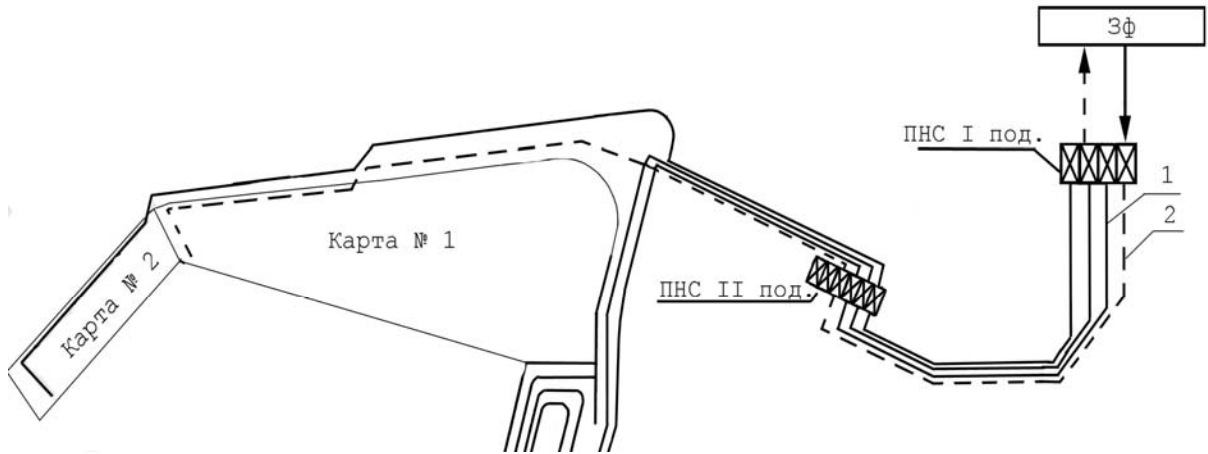


Рис. 3. Схема використання існуючого пульпопроводу для транспортування лежалих хвостів:  
1 – транспортування хвостів від збагачувальної фабрики до хвостосховища;  
2 – транспортування хвостів від хвостосховища до збагачувальної фабрики

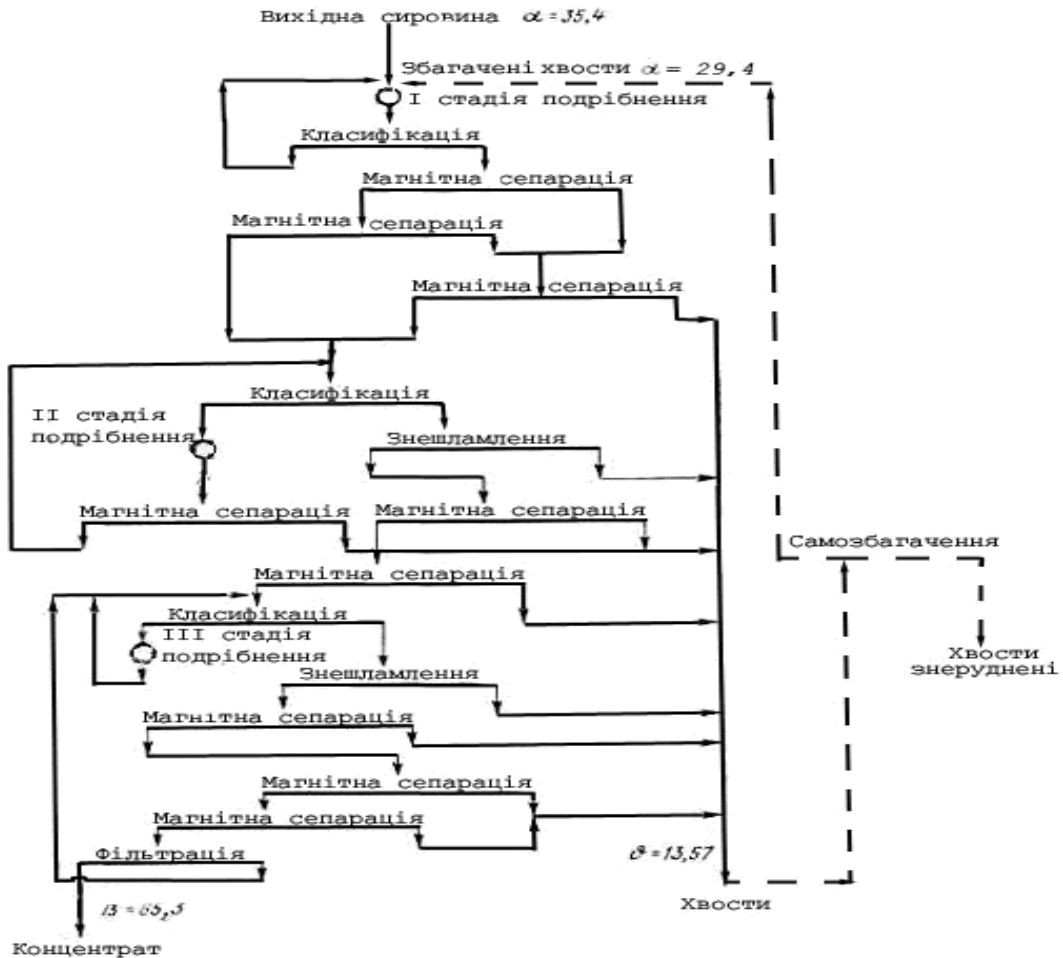


Рис. 4. Модернізована технологічна схема збагачення фабрики №1 Південного збагачувального комбінату

Але технічні рішення щодо місця включення лінії транспортування лежалих хвостів у загальну схему збагачення та розробки системи транспортування лежалих хвостів вимагають ще додаткових досліджень і детальних розрахунків.

Таким чином:

- встановлено факт самозбагачення техногенної сировини в процесі складування відходів, раціональне використання якої може надати нові можливості в розробці систем збагачення;
- запропоновано економічне рішення проблеми переробки лежалих хвостів з використанням існуючої технологічної схеми збагачення, яка дозволить отримувати концентрат з вмістом заліза 65,3 мас.% і виходом 30,6% (при вилученні 68%);
- для розробки технологічної схеми переробки лежалих хвостів хвостосховищ необхідним є: попередні дослідження їх мінерального та механічного складу, розподілу рудних мінералів у фракціях, характеру розкриття рудних мінералів у матеріалі різних гранулометричних фракцій, а також, топомінералогічні дослідження та аналіз існуючої системи гідротранспорту хвостів з обґрунтуванням можливості її використання в зворотному напрямку;
- вирішення проблеми збагачення хвостів дозволить не тільки збільшити вилучення рудного матеріалу з корисних копалин, але й суттєво знизити екологічну небезпеку гірничого виробництва.

#### Список літератури

1. Шапар А.Г. Ресурсозберігаючі технології видобутку корисних копалин на кар'єрах України / Шапар А.Г., Дриженко А.Ю., Поліщук С.З. та ін. – К.: Наукова думка, 1998. – 89 с.
2. Бересневич П.В., Кузьменко П.К., Неженцева Н.Г. Охрана окружающей среды при эксплуатации хвостохранилищ. – М: Недра, 1993. – 128 с.

3. Євтехов В.Д., Федорова І.А. Мінеральний склад хвостів Північного гірничозбагачувального комбінату // Геолого-мінералог. вісник КТУ. – 2002. – №1 (7). – С. 90–98.

4. Малахов И. Н. Качество жизни: опыт экологического прочтения. – Кривой Рог: Вежа, 1999. – 158 с.

5. Евтехов В.Д., Федорова И.А. Топомінералогія отходов обогащения бедных железных руд Кривбасса как техногенного железорудного сырья // Геолого-мінералог. вісник КТУ. – 2001. – №2(6). – С. 81–87.

6. Евтехов Е.В. Влияние условий складирования хвостов на качество техногенных железных руд Криворожского бассейна// Геолого-мінералог. вісник КТУ. – 2004. – №1(11). – С. 31–39.

Установлен факт самообогащения техногенного сырья в процессе складирования отходов в хвостохранилищах. Предложено экономичное решение проблемы переработки лежалых хвостов с использованием существующей технологической схемы обогащения, что позволит, также, снизить уровень экологической опасности горного производства.

**Ключевые слова:** самообогащение техногенного сырья, лежалые хвосты, технологическая схема переработки, экологическая опасность

It has been shown the fact of technogenic stuff self-concentration during tales' storing in liquid wastes' stores. It has been offered an economical solution of a problem of working of long-time stored tales with existing technological scheme of concentration. That will allow reducing of the level of mining ecological danger.

**Keywords:** technogenic stuff self-concentration, long-time stored tales, technological scheme of concentration, liquid wastes' stores, ecological danger

*Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Голінько 05.05.10*

УДК 541.1

© Колесник В.Е., Павличенко А.В., Бескровный В.И., Бондаренко Я.Б., 2010

**В.Е. Колесник, А.В. Павличенко, В.И. Бескровный, Я.Б. Бондаренко**

## ФЛОТАЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНОЙ ВОДЫ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ЖЕЛЕЗОРУДНОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

**V.Ye. Kolesnik, A.V. Pavlichenko, V.I. Beskrovny, Ya.B. Bondarenko**

## FLOTATION TREATMENT OF SEWAGE WATER STORAGE OF IRON ORE MINING AND CONCENTRATION ENTERPRISE

В качестве превентивной меры по улучшению состояния водных объектов комбината на перспективу предложено дополнительно очищать сточную воду хвостохранилища флотацией, с использованием пузырьково-пленочного экстрактора примесей. Проведено биологическое тестирование очищенной сточной воды по ростовому тесту, результаты которого сопоставлялись с результатами аналогичного тестирования воды, взятой на входе и выходе хвостохранилища. Установлено, что фитотоксичность очищенной воды снижается в среднем на 28%.

**Ключевые слова:** хвостохранилище, сточные воды, флотация, фитотоксичность, биотестирование

**Вводная часть.** ОАО „Полтавский ГОК“ (далее ПГОК) специализируется на добыче железной руды

(магнетита), первичной переработке руды, ее обогащении и изготовлении окатышей для металлургиче-