

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

НЕДАВА АНАСТАСІЯ СЕРГІЇВНА

УДК 504.054:669

**ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДІЛЯНКИ
ВТОРИННОЇ ПЕРЕРОБКИ ШЛАКІВ ЗА РАХУНОК ДОДАТКОВОГО
ВИЛУЧЕННЯ МЕТАЛЕВОЇ ФАЗИ**

Спеціальність 101 «Екологія»

Автореферат
дисертації на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня
магістра

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України на кафедрі інженерної екології.

Науковий керівник – Доктор педагогічних наук, кандидат хімічних наук

Кофанова Олена Вікторівна

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського»,

професор кафедри інженерної екології

Захист відбудеться 19 грудня 2018 року о 14⁰⁰ у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, ауд. 201.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, просп. Перемоги, 37.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Комплексне і раціональне використання сировини на всіх стадіях переробки, є найважливішим технологічним завданням сучасного виробництва, особливо для такої матеріаломісткої галузі промисловості, як чорна металургія, де при виплавці чавуну, сталі та феросплавів неминуче утвориться велика кількість технологічних відходів (шлаків). В результаті багаторічної господарської діяльності, на територіях металургійних підприємств накопичені багатомільйонні відвали шлаків, обсяг яких продовжує збільшуватися.

Актуальність ефективного рециклінгу феросплавних шлаків з кожним роком зростає. Виснаження запасів руд, поряд з падінням світових цін на феросплави, змушують підприємства шукати шляхи зниження собівартості виробництва. Також, важливим є поліпшення екологічної складової, яка пов'язана з комплексною переробкою шлакових відвалів, що дає можливість звільнити зайняту територію або хоча б не розширювати її до невизначених меж. У передових країнах світу, спостерігається тенденція до збільшення обсягу використання у виробництві вторинної сировини, отриманої за рахунок ефективної переробки відходів виробництва.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота відповідає загальнодержавним інтересам, пов'язаним з раціональним використання територіальних ресурсів та покращенням екологічного стану регіону. Обраний напрям дослідження узгоджується із Законом України від 2003.06.19 № 963 – IV «Про державний контроль за використанням та охороною земель». Дослідження також узгоджується з Дніпропетровською обласною комплексною програмою (стратегією) екологічної безпеки та запобігання змінам клімату на 2016 - 2025 роки.

Мета та задачі дослідження. Метою даної магістерської дисертації є удосконалення ділянки вторинної переробки шлаків за рахунок

впровадження нового установки для відділення металоконцентрату від шлаку.

Для досягнення вказаної мети поставлено і вирішено наступні завдання:

1. Провести літературний та патентний огляд з питань утворення феросплавного шлаку та проаналізувати їх впливу на компоненти навколишнього середовища.

2. Виконати аналіз методів вторинної переробки шлаків та вилучення з них металевої фази.

3. Встановити залежність виходу шлаку від кількості виготовленої продукції та розрахувати вихід важких металів зі шлакового відвалу на прикладі АТ «Нікопольський завод феросплавів».

4. Розробити комплексну ділянку вторинної переробки феросплавних шлаків.

5. Розробити стартап-проект.

Об'єкт дослідження – є процеси переробки шлаків та способи вилучення з них металоконцентрату.

Предмет дослідження – показники процесу утворення та переробки шлаків, які характеризуються екологічністю та економічною ефективністю.

Методи дослідження. В магістерській роботі використано такі методи досліджень, як: метод аналізу – для узагальнення досягнень з питання вторинної переробки шлаків; метод порівняння – за допомогою якого було визначено необхідний спосіб вилучення металоконцентрату зі шлаку; метод апроксимації даних – для встановлення залежності кількості утвореного шлаку від об'ємів виробництва. Під час виконання роботи були використані такі комп'ютерні програми: AutoCAD, Microsoft Office Excel та розширення draw.io для побудови план-схем.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у дослідженні залежності кількості утвореного шлаку від об'ємів феросплавного

виробництва та обробці результатів експерименту з визначення виходу важких металів з маси відвального шлаку.

Практичне значення одержаних результатів:

– розроблена та запропонована комплексна ділянка для переробки шлаків феросплавного виробництва, яка має на меті повну розробку відвалу з кінцевою реалізацією продукції;

– можливість використання результатів дисертаційної роботи при розробці ділянок рециклінгу шлаку на усіх металургійних підприємствах.

Апробація результатів наукової роботи. Результати наукових досліджень були представлені на IX Міжнародній науково-технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина» (25 – 26 травня 2017 року); на II Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Наука XXI століття: виклики, пріоритети, перспективи досліджень» (22 березня 2018 року); на I науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів) (21–22 листопада 2018 року).

Публікації. Результати досліджень опубліковано в Інформаційному бюлетні з охорони праці №4 ДУ «ННДІПБОП» (Квітень 2016 року).

Об'єм і структура роботи. Дисертація викладена на 90 сторінках, складається зі вступу, Зрозділів та висновків, уміщує 13 рисунків, 29 таблиць, 14 формул, список використаних джерел із 52 найменувань на 5 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

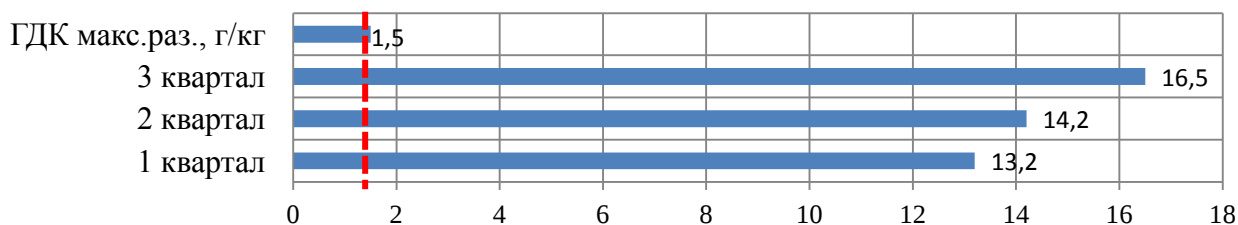
У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та основні задачі дослідження, наведено наукову новизну і практичну цінність результатів дослідження.

Перший розділ присвячено аналізу теоретичних і експериментальних досліджень з питання накопичення та повторного використання шлаків феросплавного виробництва. Даним питанням займається багато вітчизняних

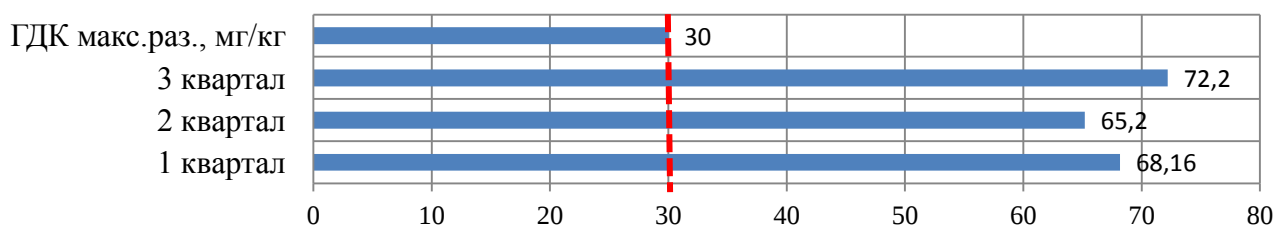
та закордонних вчених, так наприклад, особливу увагу слід звернути на роботи Гасика М. І., Куцина В. С., Лапіна Є. В., Валуєва Д. В. та інших.

У підрозділі 1.1 наведено дані по хімічному та гранулометричному складі відвального шлаку.

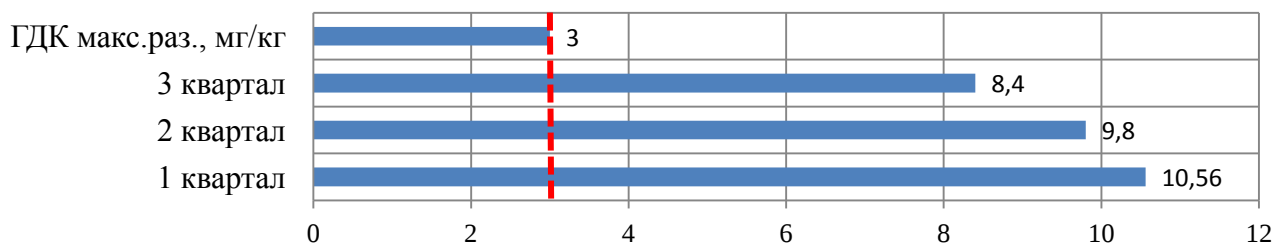
У підрозділі 1.2 розглянуто питання забруднення навколишнього середовища хімічними елементами, що виділяться зі шлаку, на прикладі Нікопольського заводу феросплавів. Особливо небезпеку спричиняють важкі метали, такі як Манган, Плюмбум та Кадмій, в зоні шлакового відвалу, для цих речовин було виявлено перевищення ГДК максимально разового.



а) концентрація Манганцю г/кг



б) концентрація Свинцю, мг/кг



в) концентрація Кадмію, мг/кг

Рисунок 1.2 – Концентрація важких металів в ґрунті біля шлакового відвалу [11]

Досліджено модель гідролізу відвальної маси, з якої видно, що під час дощу або снігу відбувається вимивання важких металів у ґрунтові води, і, як наслідок, ці сполуки можуть мігрувати до поверхневих вод або впливати на організм людей, що проживають поблизу санітарно-захисної зони.

У підрозділі 1.3 проаналізовані методи вторинної переробки шлаків та способи вилучення з них металоконцентрату, що вказує, що на сьогодні в Україні існує велика кількість установок для переробки як відвального шлаку, так і його розплавів. Найбільш розповсюдженим методом переробки є гідрожолобна грануляція шлаку, а серед методів виділення металевої фази, більш вживаними є пневматична та рентгенорадіометрична сепарація шлаку.

У **другому розділі** дисертації досліджено стан ділянки вторинної переробки шлаків АТ «Нікопольський завод феросплавів» (далі – АТ «НЗФ»), зокрема у підрозділі 2.1 було розглянуто АТ «НЗФ», як об'єкт дослідження.

У підрозділі 2.2 дисертації було досліджено залежність виходу шлаку від кількості виготовленої продукції, що в майбутньому надасть змогу зробити прогноз кількості шлаку, що буде утворено в певному періоді і завдяки цьому можна буде, виходячи із ситуації змінювати сценарії, по яким буде відбуватись переробка шлаків. Це, наприклад: модифікація, виключення або додавання технологічних установок в залежності від їх потужності.

Для встановлення емпіричної залежності використано метод найменших квадратів, який закладено в основу побудови ліній тренд. Розглянуто різні види апроксимуючих ліній, та в залежності від коефіцієнту кореляції обрано той варіант залежності, яка найбільш точно описує первинні дані. Проаналізувавши дані коефіцієнтів кореляції зробленш висновок, що поліном другого ступеня найбільш точно описує встановлену залежність. А, отже, кінцеве рівняння для опису залежності кількості утвореного шлаку (млн. тонн) від об'ємів виробництва (млн. тонн), має наступний вигляд:

$$y = -1,2886x^2 + 2,8614x - 0,6345$$

Коефіцієнт кореляції дорівнює $r = 0,978$, а середньоквадратичне відхилення $\sigma_y = 0,1835$.

А її графік зображено на рис 2.3.

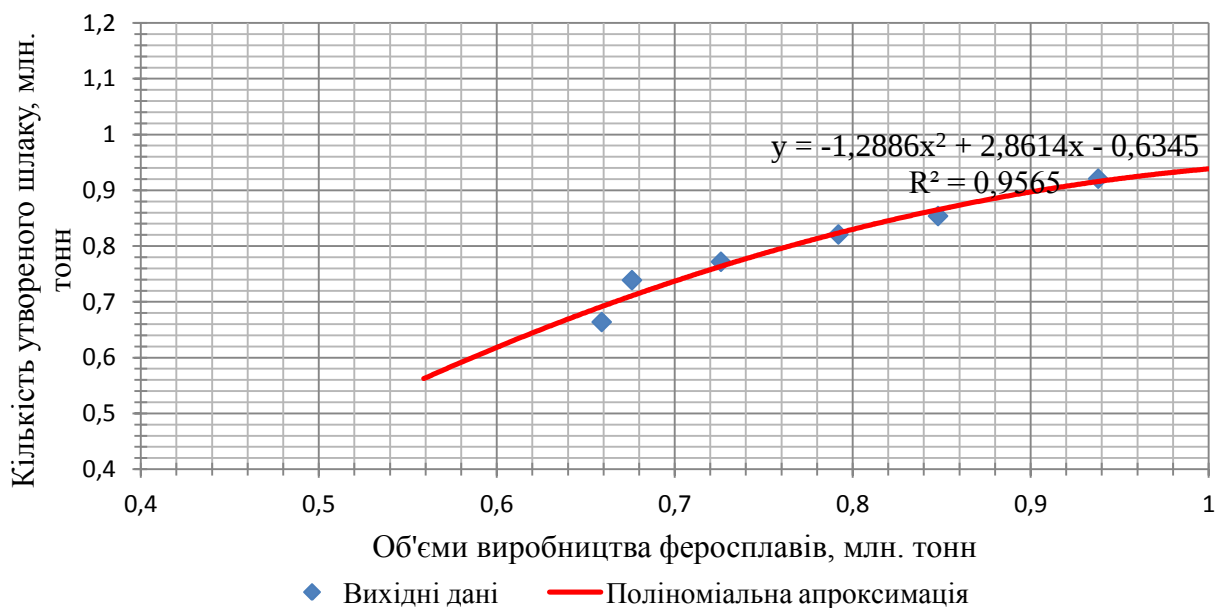


Рисунок 2.3 – Графік поліноміальної (2-го ступеня) апроксимації даних.

У підрозділі 2.3 проведено розрахунок виходу важких металів зі шлакового відвалу масою 10,5 млн. тонн, на основі експериментальних даних [13].

Результати розрахунку представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Загальний вихід важких металів з відвалу АТ «Нікопольський завод феросплавів»

Маса відвалу, млн. тонн	Вихід важких металів із відвальної маси, т		
	Плюмбум	Кадмій	Манган
10,5	4,515	0,6405	382,31

Вся маса металів, що виділились зі шлаку в змодельованому процесі гідролізу [13], дає нам уявлення про ступінь їх впливу на зв'язані з відвалом системи. Загальний вихід металів з відвальної маси, при найбільш наближеній до реальних умов (концентрація сірчаної кислоти еквівалентна

дошовій воді) обробці шлаку, за 112 днів становить: 4,515 тонн Плюмбуму, 0,6405 тонн Кадмію та 382,31 тонн Мангану.

У підрозділі 2.4 було розглянуто та проаналізовано ділянку вторинної перероби шлаків на Нікопольському заводі феросплавів, а її схему наведено на рис. 2.5.

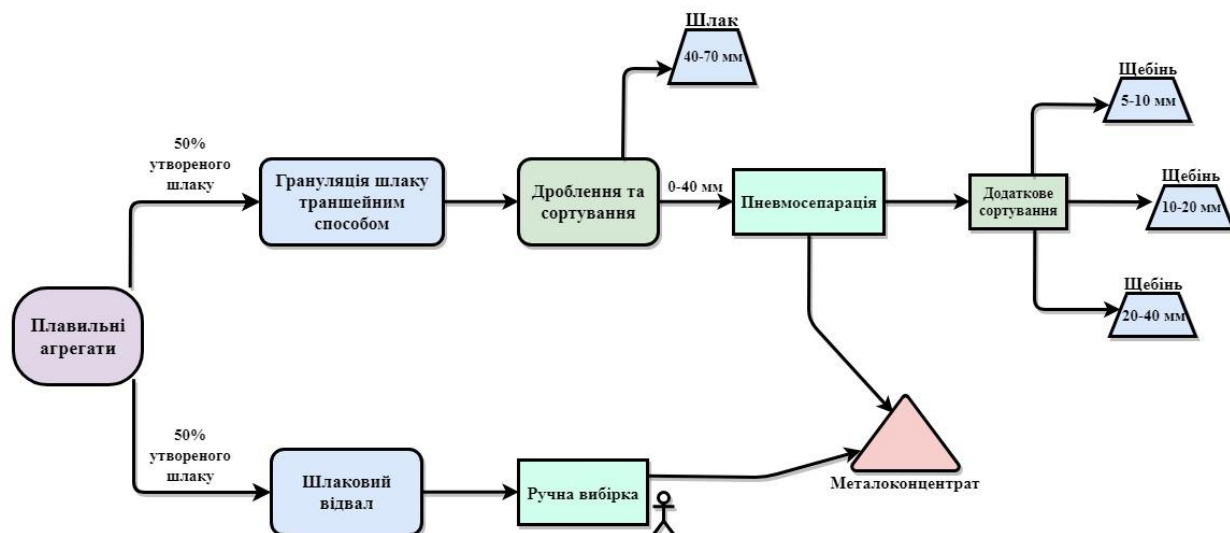


Рисунок 2.5 – Схема вторинної переробки шлаків на АТ «Нікопольський завод феросплавів»

Третій розділ включає в себе Вибір методу вторинної переробки шлаків, опис запропонованої комплексної ділянки для вторинної переробки шлаків на АТ «НЗФ», оцінку економічної ефективності впровадження запропонованих технологій та розробку стартап-проекту.

У підрозділі 3.1 було проаналізовано переваги та недоліки різних методів з переробки шлаків та вилучення з них металоконцентрату, відповідно до проведеного дослідження нами обрано такі технології для впровадження їх на Нікопольському заводі феросплавів: попередня обробка розплаву ультразвуком [29] і рентгенорадіометрична сепарація шлаків [38].

У підрозділ 3.2 розміщено опис запропонованої ділянки з вторинної переробки шлаків. Основна ідея представленої ділянки полягає у тому, що обрані нові технології планується об'єднати з установками, що використовують на виробництві в даний час. Нова схема умовно

розподіляється на дві зони. Це вторинна переробка гарячого шлаку, що поступає з виробництва, та розробка шлаків, що знаходяться у відвалі.

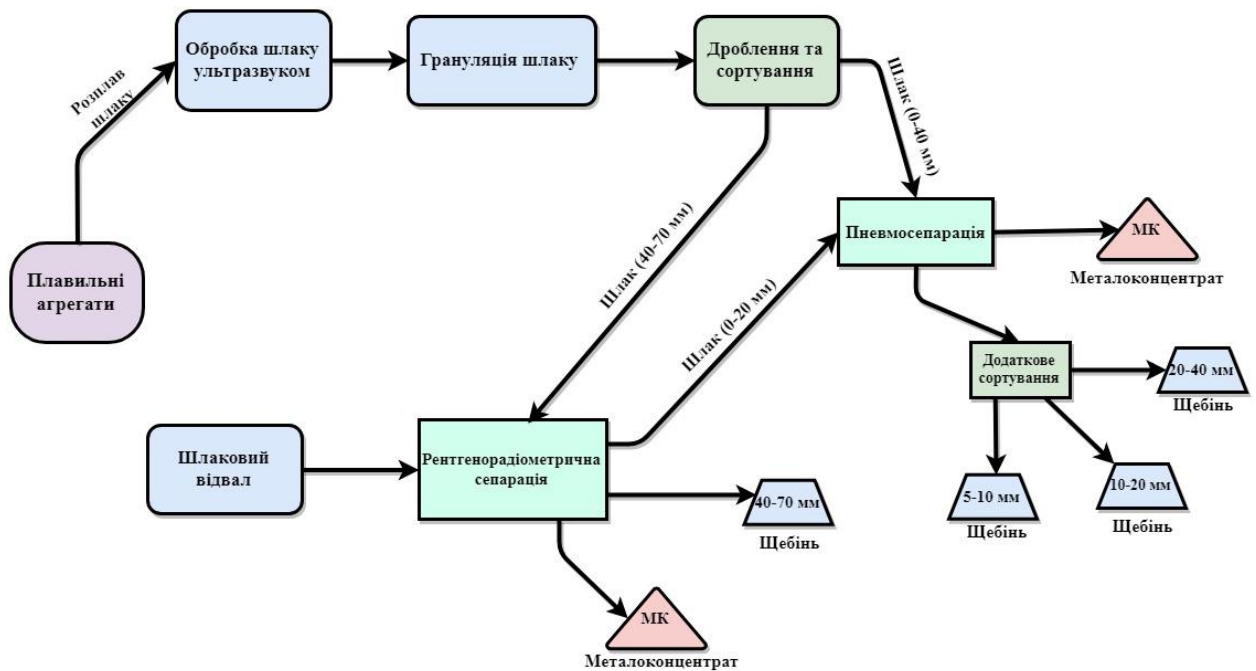


Рисунок 3.1 – План-схема комплексної ділянки для вторинної переробки шлаків на АТ «НЗФ»

Для оцінки ефективності впровадження проекту розраховано такі показники, як:

- 1) Прибуток отриманий після впровадження технологій.
- 2) Затрати на впровадження.
- 3) Термін окупності устаткування.

Додатковий дохід, що отримає підприємство від впровадження технологій, складає 127,812 млн. грн. на рік, а експлуатаційні витрати складуть 6,625 млн. грн. Термін окупності модернізованої ділянки складе 8,3 місяці. Також у підрозділі 3.4 розраховано час, за який буде розроблено шлаковий відвал. При початкових потужностях його розробка займе 14 років, що є досить непоганим показником, виходячи з того, що на даний момент там знаходиться 10,5 млн. шлаків. Загальний екологічний ефект від впровадження нової ділянки з вторинної переробки шлаків буде досягнуто за рахунок зменшення об'ємів важких металів, що потрапляють у ґрунт з

відвалу. Зокрема за прогнозований 2019 рік вдасться уникнути виділення 0,639 тонн Плюмбуму, 0,0907 тонн Кадмію та 54,087 тонн Мангану.

Кінцевим етапом стала розробка стартап-проекту «Послуга розробки ділянок з вторинної переробки шлаків». Сама ідея є конкурентоспроможною та має багато сильних сторін (індивідуальний підхід до розробок, низька вартість товару, врахування необхідності переробки як гарячих так і відвальних шлаків). В якості клієнтів бажано обрати невеликий сегмент ринку, в даному випадку це можуть бути підприємства феросплавного виробництва. Окрім цього, проект має певну кількість загроз, що можуть ускладнити вихід на ринок. В якості базової стратегії розвитку обрано стратегію лідерства на витратах. Ключовими конкурентоспроможними позиціями є гнучкість роботи фірми, невеликі капіталовкладення, поєднання екологічності та економічної вигоди. А пошук клієнтів може здійснюватись на різноманітних промислових виставках і конференціях.

ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація присвячена питанню вторинної переробки шлаків феросплавного виробництва та вилучення з них металоконцентрату.

1. З аналізу літературних джерел та патентів, встановлено, що шлаки феросплавного виробництва, які на протязі багатьох років вивозились у відвали, чинять негативний вплив на атмосферу (внаслідок пилоутворення на поверхні відвалу і поширення цього пилу на значні відстані), ґрунти та ґрунтові води. Було досліджено модель вимивання важких металів зі шлакового відвалу під дією атмосферних опадів.

2. У дисертації був проведений аналіз методів вторинної переробки шлаків та способів вилучення з них металоконцентрату, який показав, що на сьогодні в Україні існує велика кількість установок для переробки як відвального шлаку, так і його розплавів. Найбільш розповсюдженим методом переробки є грануляція шлаку гідрожаолобним методом, а серед методів

виділення металевої фази, більш вживаними є пневматична та рентгенорадіометрична сепарація шлаку.

3. Досліджено залежність виходу шлаку від кількості виготовленої продукції. Для цього було використано метод найменших квадратів, який закладено в основу побудови ліній тренду, розглянуто різні види апроксимуючих ліній. Визначено, що поліном другого ступеня найбільш точно описує представлену залежність і має вигляд:

$$f(x) = -1,2886x^2 + 2,8614x - 0,6345$$

Коефіцієнт кореляції $r = 0,978$, а середньоквадратичне відхилення $\sigma_y = 0,1835$. Дана залежність дозволить зробити прогноз кількості шлаку, що буде утворено в плановому періоді.

4. Проведено розрахунок загальної маси важких металів, що виділяться із шлакового відвалу на Нікопольському заводі феросплавів, при умовах наближених до реальних (концентрація сульфатної кислоти еквівалентна дощовій воді). Так вихід важких металів склав: 4,515 тонн Плюмбуму, 0,6405 тонн Кадмію та 382,31 тонн Мангану.

5. Проведено аналіз слабких і сильних сторін технологій з вторинної переробки шлаку та способів вилучення з них металоконцентрату. Як результат було обрано та запропоновано технології для впровадження на Нікопольському заводі феросплавів, а саме: попередня обробка розплаву ультразвуком [29] та рентгенорадіометрична сепарація шлаків [38].

6. Розраховано екологічні та економіну доцільність введення запропонованих технологій. Так, додатковий дохід, складе 127,812 млн. грн. на рік, а експлуатаційні витрати складуть 6,625 млн. грн. Термін окупності модернізованої ділянки 8,3 місяці. Час, за який буде розроблено шлаковий відвал склав за 14 років, що є досить непоганим показником, виходячи з того, що на даний момент там знаходиться 10,5 млн. шлаків. Загальний екологічний ефект від впровадження нової ділянки з вторинної переробки шлаків буде досягнуто за рахунок зменшення об'ємів важких металів, що потрапляють у ґрунт з відвалу. Зокрема за прогнозований 2019 рік вдасться

уникнути виділення 0,639 тонн Плюмбуму, 0,0907 тонн Кадмію та 54,087 тонн Мангану.

7. Для реалізації ідеї було розроблено стартап-проект «Розробка комплексної ділянки вторинної переробки шлаків», в якому визначені сильні та слабкі сторони ідеї, можливості та загрози для виходу на ринок. В якості ключових конкурентоспроможних позицій визначено гнучкість роботи фірми, невеликі капіталовкладення, поєднання екологічності та економічної вигоди.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації у наукових фахових виданнях України.

1. Недава А. С., Сербинова Л. А. Мероприяття по уменьшению загрязнения окружающей среды на ОАО «Никопольский завод ферросплавов». Інформаційний бюлетень з охорони праці ННДІОП. Київ, 2016. С. 83-93.

Інші публікації, матеріали конференцій та тези доповідей

1. Недава А. С. Матеріали з шлакових розплавів. *Енергетика. Екологія. Людина* : зб. тез доп. ІХ міжнар. наук.-техні. конференції, м. Київ, 25-26 травня 2017 року.

2. Недава А. С. Проблема утилізації феросплавних шлаків. *Наука ХХІ століття: виклики, пріоритети, перспективи досліджень*: матеріали ІІ Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції з міжнародною участю, 22 березня 2018 року, Київ. 342 с.

3. Недава А. С. Вторинна переробка шлаків на АТ «Нікопольский завод феросплавів» : на І науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів) (21–22 листопада 2018 року). Київ.

АНОТАЦІЇ

Недава А. С. Поліпшення екологічних характеристик ділянки вторинної переробки шлаків за рахунок додаткового вилучення металевої фази. – Рукопис.

Дисертація на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістра за спеціальністю 101 «Екологія».

Дисертація присвячена дослідженню питання вторинної переробки шлаків феросплавного виробництва та виділення з них металоконцентрату. Розглянуто вплив відвалів на ґрунти та розраховано вихід важких металів з товщі відвалу під дією атмосферних опадів. Встановлено залежність кількості шлаку від об'ємів виробництва феросплавів. В роботі розглянуто вплив шлаків на навколишнє природне середовище. Досліджено залежність виходу шлаку від кількості виготовленої продукції. На основі аналізу переваг та недоліків способів переробки шлаків та їх сепарації запропоновано технології для впровадження на АТ «НЗФ». Розраховано екологічний та економічний ефект від впровадження нової ділянки з вторинної переробки шлаків.

Ключові слова: шлак, феросплавне виробництво, шлаковий відвал, важкі метали.

Nedava A. S. Improvement of the ecological characteristics of the secondary processing area of slags due to the extraction of the metal phase. - The manuscript.

Dissertation for obtaining an educational qualification level of a master's degree in specialty 101 "Ecology".

The dissertation is devoted to research of the issue of secondary processing of slag ferroalloy production and the separation of metal concentrate from them. The influence of dumps on soils is considered and the yield of heavy metals from the thickness of the dump under the influence of atmospheric precipitation is calculated. The dependence of the amount of slag on volumes of production of ferroalloys has been established. The effect of slags on the environment is

considered in this work. The dependence of the output of slag on the quantity of manufactured products is investigated. Based on the analysis of the advantages and disadvantages of methods for processing slags and their separation, technologies for implementation at JSC "NZF" are proposed. The ecological and economic effect from the introduction of a new site for recycling of slags is calculated.

Keywords: slag, ferroalloy production, heap of slag, heavy metals.

Недава А. С. Улучшение экологических характеристик участка вторичной переработки шлаков за счет дополнительного извлечения металлической фазы. - Рукопись.

Диссертация на соискание образовательно-квалификационного уровня магистра по специальности 101 «Экология».

Диссертация посвящена исследованию вопроса вторичной переработки шлаков ферросплавного производства и выделения из них металлоконцентрата. Рассмотрено влияние отвалов на почву и рассчитан выход тяжелых металлов из толщи отвала под действием атмосферных осадков. Установлена зависимость количества шлака от объемов производства ферросплавов. Исследована зависимость выхода шлака от количества произведенной продукции. На основе анализа преимуществ и недостатков способов переработки шлаков и их сепарации предложены технологии для внедрения на АО «НЗФ». Рассчитан экологический и экономический эффект от внедрения нового участка по вторичной переработке шлаков.

Ключевые слова: шлак, феросплавне производство, шлаковый отвал, тяжелые металлы.

Недава Анастасія Сергіївна

Поліпшення екологічних характеристик ділянки вторинної переробки шлаків за рахунок додаткового вилучення металевої фази

Автореферат

дисертації на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня
магістра за спеціальністю 101 «Екологія»