

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060600 – Химия

Борсынбаев Асхат Сакенович

Исследование физико-химических характеристик процесса извлечения металлов из отходов Жезказганской и Карагайлинской обогатительных фабрик с применением электрогидроимпульсного разряда

Общая характеристика работы. Диссертационная работа посвящена исследованию физико-химических процессов извлечения меди и других цветных металлов из отходов Жезказганской и Карагайлинской обогатительных фабрик электрогидроимпульсным разрядом (ЭГИР) и электрохимическими методами, а также изучению новых методов при использовании выщелачивание.

Актуальность работы. Во всем мире добыча и переработка металлосодержащих руд связана с образованием большого количества отходов в различных физических состояниях. Дальнейшее накопление отходов горнодобывающих предприятий приводит к резкому ухудшению экологической ситуации на Земле, в частности в Казахстане. Кроме того, мировая отрасль цветной металлургии испытывает дефицит сырья из-за истощения основной сырьевой базы. В связи с этим необходимо создание новых экологически чистых, энергосберегающих технологий переработки обоих полезных ископаемых, ориентированных на их максимальное использование, а также вовлечение в производственный цикл накопленных отходов перерабатывающих предприятий.

Актуальность темы исследования определяется необходимостью новых источников сырья для цветных металлов, вовлечением стадии обогащения в производственный цикл металлосодержащих отходов, решением экологических проблем в местах, где расположены горнодобывающие и металлургические предприятия. Дальнейшее успешное развитие медной отрасли Казахстана напрямую связано с внедрением новых инновационных и экологически чистых методов комплексной переработки руд и отходов, в том числе неиспользуемых отходов, находящихся в отвалах. В данной работе таким методом стало использование электрогидроимпульсного разряда, позволяющего добиться количественно высокого выхода металлов из отходов Жезказганских обогатительных фабрик (ЖОФ) № 1,2,3 и Карагайлинских обогатительных фабрик (КОФ) с относительно низкое энергопотребление.

Цель диссертационной работы - исследование физико-химических характеристик процесса извлечения металлов из отходов Жезказганской и

Карагайлинской обогатительных фабрик с применением электрогидроимпульсного разряда

Задачи исследования. В работе поставлены следующие задачи

1. Анализ литературных данных по проблеме переработки руд цветных металлов и их отходов и методам использования электрогидроимпульсного разряда;

2. Проведение гранулометрического анализа образцов с возможностью использования просеивающих методов для обогащения сырья;

3. Исследование элементного и минерального состава отходов КОФ, ЖОФ 1,2,3;

4. Анализ процессов извлечения металлов из отходов КОФ, ЖОФ № 1,2,3 в раствор после электрогидроимпульсного воздействия на основе многофакторного эксперимента;

5. Сравнение эффективности метода воздействия электрогидроимпульсного разряда на процесс извлечения металлов из хвостов КОФ, ЖОФ № 1,2,3 с бифторидом аммония и без него

6. Рентгенодифракционные исследования на порошковом дифрактометре и рентгеноспектральный ЭДС- анализ образцов до и после обработки ГИР;;

7. Использование методов инфракрасной (ИК) спектроскопии и ионно-хроматографического анализа для контроля качественных изменений состава раствора под воздействием ЭГИР;

8. Исследование процесса изменения структуры отходов с помощью сканирующего электронного микроскопа;

9. Получение электролитической меди переработкой концентрированных рабочих растворов.

Объекты и предмет исследования. Объектами исследования выбраны пробы отходов полученных с обогатительных фабрик (ОФ). Были взяты пробные образцы с этикетками Текущие хвосты Карагайлинской обогатительной фабрики (КОФ), Жезказганских обогатительных фабрик Лежалые хвосты (ЖОФ №1, 2), Текущие хвосты (ЖОФ №1,2), Лежалые хвосты (ЖОФ №3). Предмет исследования - электрогидроимпульсный разряд и электрохимические методы для разработки эффективного способа извлечения металлов из отходов (хвостов) Жезказганских и Карагайлинской обогатительных фабрик.

Методы исследования. В работе использованы современные методы исследования: атомно-абсорбционный анализ на спектрометре (Varian AA-140 США), атомно-эмиссионном спектрометре с микроволновой плазмой (Agilent 4210 MP-AES Agilent Technologies, Bayan Lepas Free Malaysia), полуколичественный спектральный (ПСА), Лазерный атомно-эмиссионный спектрометр «СПЕКС ЛАЭС Матрикс Континуум» Россия, рентгенофазовый анализ (порошковый дифрактометр D8 Advance Eco, Bruker Germany), элементный микроскопический анализ на микроскопе Micromed POLAR 2, China), ИК спектрометр ФСМ-1201 (LLC "Infraspek", Russia), ионный анализ

на ионном хроматографе (881 COMPACT IC PRO Швейцария), сканирующий электронный микроскоп (TESCAN MIRA, Чехия).

Научная новизна полученных результатов. В данном исследовании впервые предложен способ решения вопроса использования хвостов обогатительных фабрик, которые в своем составе имеют ряд ценных металлов (Cu, Fe, Zn и др.) и представляют собой потенциальное сырье для получения концентратов ценных элементов.

1. Впервые проведены исследования минералогического состава, химический, полуколичественный спектральный анализ (ПСА) хвостов Жезказганской и Карагайлинской обогатительных фабрик до и после выщелачивания.

2. Исследуемые объекты (хвосты) были изучены с помощью дифракционной рентгенографии, спектрального анализа, сканирующего электронного микроскопа (SEM). Установлено, что медь присутствует в хвостах в виде минералов халькопирита, халькозина и борнита. После выщелачивания с применением бифторида аммония и электрогидроимпульсного разряда, халькопирит, халькозин и борнит разрушаются, а медь в виде комплекса переходит в раствор, содержащий фосфорную кислоту.

3. Впервые определена энергия активации процесса выщелачивания отходов Жезказганской и Карагайлинской обогатительных фабрик, которая составила 11,52 кДж/моль.

4. В результате многократного введения отходов в виде водного слоя в раствор содержание меди в нем доведено до концентрации, при которой возможно электролитическое осаждение меди на пластину из нержавеющей стали. Для этого впервые было использовано комплексное электрогидроимпульсное воздействие и экологически чистый метод электролиза на переменном и постоянном токах.

5. Разработан новый способ перевода цветных металлов из отходов химико-перерабатывающего завода в раствор, а затем подобраны оптимальные условия получения их в виде продуктов.

Соответствие направлениям развития науки или государственным программам. Работа выполнялась на основании договора между ТОО «Корпорация Казахмыс» и КарГУ им. Е.А. Букетова №Д1941-190943-126581/371-2 от 17.05.2019г. по проекту «Разработка технологии извлечения металлов из обедненных руд, хвостов и отходов горно-металлургических производств с помощью электрохимических процессов и энергии гидроимпульсного разряда (ГИР) для извлечения меди (и других цветных металлов)». Лабораторные анализы проводились в ТОО «Центргеоланалит» (г. Караганда), в Научно-исследовательском центре «Прикладная химия», лаборатории инженерного профиля «Физико-химические методы исследования», Институте молекулярной нанофотоники, Научном центре нанотехнологий и функциональных наноматериалов при Карагандинском университете им. Е.А. Букетова.

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы заключается в установлении физико-химических особенностей поведения металлов (Cu, Fe, Zn и др.) в процессах воздействия электрогидроимпульсного на отходы (хвосты) Жезказганской и Карагайлинской обогатительных фабрик. Определено, что для разрушения упорных минералов, в составе которых имеются целевые металлы необходимо применение фторидсодержащих реагентов. Раскрыта роль фторида в процессе разрушения минералов и перехода металлов в рабочий раствор. Многофакторный анализ позволил установить оптимальное соотношение бифторида аммония и кислоты, при котором обеспечивается максимальное извлечение металлов. Полученные результаты являются определенным вкладом в развитие неорганической химии, физической химии и металлургической химии. Практическая значимость работы заключается в том, что впервые исследованы отходы и хвосты обогатительных фабрик как потенциальное сырье для получения цветных металлов. Впервые показана возможность применения электрогидроимпульсного воздействия на водную пульпу из отходов с небольшим количеством реагентов, как энергвыгодный и экологически чистый метод перевода ценных компонентов в раствор. Рассчитан экономический эффект применения новой технологии. Создана лабораторная установка для проведения экспериментальных работ по воздействию электрогидроимпульсного разряда на отходы обогатительных фабрик. Из предварительно концентрированных по содержанию металлов в рабочих растворах электролизом получена металлическая медь. Разработан новый способ извлечения цветных металлов из отходов обогатительных фабрик (Патент 6516 на полезную модель РК. 15.10.2021 г.).

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. В изученных отходах, целевой металл (Cu) распределен неравномерно в зависимости от гранулометрической фракции. Количественный анализ металла в пробах, проведенный по результатам просеивания через различные сита ($d > 0.4$; $0.16 < d < 0.4$; $0.08 < d < 0.16$; $d < 0.08$ мм), показал, что медь концентрируется в фракциях с диаметрами $0.16 < d < 0.4$ и $0.08 < d < 0.16$.

2. Для перевода металлов в раствор из отходов обогатительных фабрик ЖОФ и КОФ, процесс ЭГИР проводился в растворе с бифторидом аммония и подкислением среды ортофосфорной кислотой до pH 1-2. В процессе ЭГИР происходят разрушение упорных силикатных минералов, химическое взаимодействие реагентов с целевыми объектами, их окисление, фторирование и образование аммиачно-медных комплексов в водной фазе."

3. Из изученных факторов определяющих наибольшую эффективность выщелачивания металлов из отходов достигается (степень извлечения меди в раствор 80-85%) при следующих параметрах: соотношение Ж:Т (г/г) – 1:1; соотношение Cu и F (г/г)– 1:0.6; концентрация серной кислоты (г/л) – 40; продолжительность опытов 30мин; напряжение разряда 10кВ.

4. Трехкратная циркуляция рабочего раствора в установке ЭГИР, с загрузкой новых порций отходов, позволяет сконцентрировать медь в

растворе до содержания – 0,25 моль/л., далее при использовании электролиза на рутениево-титановом аноде и катоде из нержавеющей стали была получена медь с чистотой 99,99%.

Личный вклад автора в диссертационную работу заключается в анализе литературных и патентных источников, проведении экспериментальных и расчетных работ на изготовленной лабораторной установке, интерпретации, обобщении и обсуждении полученных экспериментальных данных.

Публикация и апробация работы. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 8 публикациях, в том числе 1 статья в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, 3 статьи в издании, утвержденном Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК, 4 тезисов докладов на международных конференциях. Получен 1 патент на полезную модель Республики Казахстан.

Результаты работы обсуждались на международных конференциях: Инновации в области естественных наук как основа экспортоориентированной индустриализации Казахстана: Материалы Международной научно-практической конференции (4-5 апреля 2019 г). – Алматы, 2019.-С. 189-192, Химия и химическая технология в XXI веке: Материалы XX Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых (20-23 мая 2019). – Томск, 2019. – С. 43-44, Химия, физика, биология, математика, теоретические и прикладные исследования: Материалы XXXVIII Международной научно-практической конференции. – № 7(27). – М., Изд. «Интернаука», 2020. – С. 54-61, 30-летию Независимости Республики Казахстан: Материалы XII Традиционной Международной научно-практической конференции студентов (19 марта 2021 г). – Семей, 2021.- С. 241 – 244.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена в объеме 103 страниц и включает стандартные разделы: нормативные ссылки, определения, обозначения и сокращения, введение, литературный обзор, экспериментальная часть, результаты экспериментов и их обсуждение, в том числе 57 рисунков и 29 таблиц, заключение, список из 192 использованных источников и приложение.