**УДК 622.7.65.567.1(075.8)**

**ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОТХОДОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Корчевский А.Н.**, зав. каф.ОПИ, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ»,

**Долбиев А.Ю.**, студент группы ОПИ-14 ГОУ ВПО «ДонНТУ».

E-mail: [korcheval737@gmail.com](mailto:korcheval737@gmail.com)

**Аннотация.** Рассмотрен вопрос о технологической возможности переработки шлаки медеплавильных отходов. Рассмотрены варианты поэтапных лабораторных испытаний.

**Ключевые слова:** Шлак, мелкий класс, полезные ископаемые, грохочение, классификация, магнитные свойства, флотация, исстираемость, измельчаемость.

**Annotation.** Was considered the issue of the technological possibility of slag processing of copper-smelting waste. Was considered the variants of stage-by-stage laboratory researches.

**Key words:** Slag, small class, minerals, screening, classification, magnetic properties, flotation, abradability, grindability.

Медеплавильный завод, работавший на руде «джезказганит» Карсакпайского месторождения (центральный Казахстан) был закрыт в 1973 году. На его базе был образован металлургический завод, включивший сталелитейный и экспериментальные цеха (ныне в составе корпорации «[Казахмыс](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%85%D0%BC%D1%8B%D1%81)»).

Техногенные минеральные образования Карсакпайского медеплавильного завода представлены отвалом, расположенном на территории пос. Карсакпай Улытауского района Карагандинской области, в 120 км западнее г. Жезказган. Отвал сформирован в один ярус высотой от 8 до 17 м, размеры отвала по поверхности 480x160-230 м (см. план ниже, рис.1.).

Выделяют два типа шлаков: стекловидные шлаки с содержанием меди 0,24-1,7 % и пористые шлаки с содержанием меди 4,2-6,3 %. Общий объем складирования - ~3\*106 со средним содержанием Cu = 0,6%. Распространена разновидность шлака – «пористый» со средним содержание Cu = 5,4%, которого накоплено 5,4\*103 тонн.

В период с 19.07.2016 года по 26.07.2016 года силами было проведено комплексное обследование и опробование объекта.

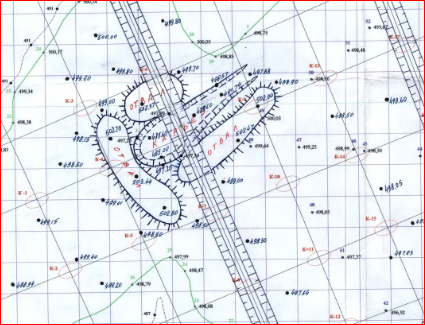


Рисунок 1. Экспликация техногенного месторождения

Согласно методики опробования, разработанной и согласованной, ячеисто-дырочным способом производилась выемка сыпучего материала в искусственном горном массивообразовании. В условных узлах сетки (при масштабировании 200х200м), в плане, с различных глубин и высот производилась выемка материала до 500-750 кг точечно (диктуется размером максимально возможного диаметра частиц шлака). Всего обработано в плане 22 точки с различным расположением дополнительно по высоте и глубине. Общее количество проб достигло 37. Общий объем материала, который подвергся квартованию составил = 20350 кг.

Дисперсность и математическое ожидание пробы составляет значение параметра в пределах инженерного достоверного уровня. Общий объем был усреднен и сокращен до 550 кг пробы, которая является достоверной. Достоверная проба в упакованном и опломбированном виде доставлена в г. Донецк. Дальнейшая препарация проб производилась в исследовательской лаборатории кафедры «Обогащение полезных ископаемых» Донецкого национального технического университета.

Визуальная оценка: исходная достоверная проба упакована в 15 мешках полипропиленового материала. Общая масса составляет 550 кг.

Показатели по номерам проб приведены в табл. 1.

Таблица 1. Показатели проб

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № пробы | Cu, % | Fe, % | Au, % | Ag, г/т |
| 1 | 0,70 | 9,1 | 0,0006 | 9,10 |
| 2 | 0,47 | 11,5 | 0,0002 | 7,00 |
| 3 | 0,82 | 8,4 | 0,0003 | 12,60 |
| 4 | 0,51 | 10,7 | 0,0004 | 6,10 |
| 5 | 0,62 | 7,1 | 0,0007 | 4,50 |
| 6 | 0,64 | 12,6 | 0,0008 | 5,10 |
| 7 | 0,55 | 8,3 | 0,0002 | 3,40 |
| 8 | 0,49 | 7,9 | 0,0001 | 1,10 |
| 9 | 0,29 | 14,2 | 0,0004 | 1,00 |
| 10 | 0,44 | 11,6 | 0,0004 | 6,40 |
| 11 | 0,59 | 9,3 | 0,0001 | 9,00 |
| 12 | 0,55 | 17,4 | 0,0004 | 8,20 |
| 13 | 1,30 | 12,7 | 0,0012 | 89,30 |
| 14 | 0,67 | 10,2 | 0,0001 | 9,20 |
| 15 | 0,55 | 11,7 | 0,0004 | 8,40 |

Отдельные частицы шлака имеют характерные цветовые отличия: 1 - черный с пористой структурой; 2 – черный с пористой структурой с включениями окисленной меди (малахитовая побежалость); 3 – черный со стекловидной структурой; 4 – коричневый со стекловидной структурой; 5 – коричневый с черными включениями со стекловидной структурой; 6 - коричневый с золотисто-сиреневыми включениями со стекловидной структурой; 7 - бирюзовый с черными включениями со стекловидной структурой.

Согласно цветовой классификации определены пределы содержания основного и дополнительных элементов.

Показатели по оптическим свойствам приведены в табл. 2.

Таблица 2. Характеристика проб по группам оптической классификации (растр)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № пробы | Оптическая характеристика | Cu, % | Fe, % | Au, % | Ag, г/т | Pl-гр., % | Дополнение |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Черный с пористой структурой | 18,57 | 12,65 |  | 89,29 |  | Обнаружена подверженность магнитному полю |
| 2 | Черный с пористой структурой с включениями окисленной меди (малахитовая побежалость); | 22,35 | 23,45 |  | 136,35 |  | Обнаружена подверженность магнитному полю |
| 3 | Черный со стекловидной структурой | 0,44 | 8,35 |  | 21,71 |  |  |
| 4 | Коричневый со стекловидной структурой | 0,48 | 18,23 |  | 12,44 |  | Обнаружена подверженность магнитному полю |
| 5 | Коричневый с черными включениями со стекловидной структурой | 0,67 | 11,29 |  | 3,31 |  |  |
| 6 | Коричневый с золотисто-сиреневыми включениями со стекловидной структурой | 0,45 | 9,27 |  | 28,33 |  |  |
| 7 | Бирюзовый с черными включениями со стекловидной структурой | 0,67 | 14,22 |  | 4,95 |  | Обнаружена слабая подверженность магнитному полю |

Практические эксперименты по обогатимости материала: гравитационными (сухие – аэроклассификация, пневматическая сепарация, мокрые – концентрация на подвижных плоскостях в наклонно движущейся жидкости (концентрационные столы), электрическими, магнитными (сухие и мокрые), гидроклассификационные) дают результат извлечения, эффективности и сепарабельности ниже традиционного классического, применяемого для флотации медьсодержащего сырья – физико-химический метод обогащения тонкодисперсных материалов крупностью до 0,100 мм – флотация.

Характеристика минералогического состава.

Магнетит – содержание порядка 5,0 %. Образует вкрапленную текстуру размерностью до 0,050 мм. Гематит – содержание порядка 3,5 %. Образует, в основном, коррозионные структуры замещения зерен магнетита, редко обособленные скрытозернистые агрегаты в нерудном размером 0,03-0,10 мм, неправильных форм. Ильменит – редок. Лимонит – редок. Металлическая медь – содержание порядка 0,68 %. Образует рассеянную вкрапленную текстуру выделений в нерудном размером от первых микрон до 0,05 мм, неправильных форм. Халькозин-ковеллин – содержание порядка 0,2 %. В них очень редко встречаются и микровключения самородной меди. Борнит-халькозин – редок. Халькопирит – очень редок. Сфалерит – редок. Блеклая руда (теннантит) – очень редка. Галенит – содержание порядка 0,1-0,2 %. Пирит – очень редок. Пирротин – очень редок. Куприт – очень редок. Малахит, очень редко азурит – содержание порядка 0,1-0,2 %. Образует в нерудном размером от 0,02 мм до 0,10 мм. Встречаются и его сростки с лимонитом. Вернадит – очень редок. Рутил – редок.

В связи с выше произведенными исследованиями необходимо решить задачу подготовки материала – раскрытие и сокращение зерен до 0,100 мм.

Зернистость раскрытия дает представление о гранулометрических характеристиках раскрываемости и разделяемости полезных компонентов. Испытания на раскрываемость и определение зернистости проводились по методики определения циклограмм раздавливания и определения кинетики измельчаемости.

Раскрытие зерен к параметру dср = 50 мкм дает возможность производить обнаружение контрастность зерновых фракций при микроскопическом анализе. Классы крупности гранулометрического состава наиболее представительной пробы измельченного материала (см. фото) дают характеристику наблюдения отдельно раскрытых зерен.

Классы крупности, мм: 0-0,063; 0,063-0,100; 0,100-0,160.

Верхний предел крупности самоопределяется энергетическим циклом нагружения при измельчении. Практически 100% измельчаемого материала переходит в классы -0,160 мм.

Класс 0,100-0,160 мм характеризуется повышенными прочностными характеристиками, для разрушения зерен необходимо длительная затрата энергии воздействия. Принято решение, что при выходе класса +0,100 мм в пределах 6-7%, и показателях содержания Сu менее среднестатических – 0,25%, производить отделение данного класса и накапливать для дальнейшего принятия решения по его использованию (абразивно направленный класс).

После проведения ряда серий опытов на сокращение крупности, принята схема двухстадиального уменьшения крупности. Дробление производится в дробилке ударного действия с отражательными плитами. Метод носит название ударно-отражательного. Для данной операции существуют дробилки ударного действия с коэффициентом сокращения 60 и более ударно-отражательного типа с колосниковой решеткой (молотковые и роторные). Материал крупностью менее 3-6 мм подвергается второй стадии сокращения крупности – вибрационное измельчение.

В практике материал представляет собой в основной массе со свойствами гидрофобности, малой удельной пористости. Накопление внешней влаги мало. При обычном дренировании остаточная внешняя влага составляет 3,5%. При интенсивном раскрытии материала наблюдается повышение активности раскрытых зерен.

Поскольку опыт с насыщением влажности и проверки состояния поверхности по удельной раскрываемой поверхности показал, что материал с естественной влагой от 3% и выше становится трудногрохотимым. Следовательно разделение на классы по критерию крупность 100 мкм необходимо производить мокрым способом – гидроклассификацией. Применение гидроциклонов – наиболее эффективное решение. Этот способ диктуется сочетанием логистического пути дальнейшей переработки – мокрым флотационным способом.

Комплекс экспериментов по определению технологических свойств на обогатимость: аэроклассификация; концентрационные столы зернистого материала, шлама по классам крупности: 0-0,063; 0,063-0, 125; 0,125-0,160 мм; мокрое и сухое магнитное обогащение; электрическое обогащение проведены в соответствии со стандартными методиками.

В данной записке анализу результатов не уделяется внимание, поскольку выбрано направление технологического комплексного передела на основе флотации.

Технологические испытания постадийно (прямая, обратная, коллективная, селективная элементная, перечистная флотации) проводились согласно технологических карт. Жизнеспособность выбранного метода и критерия крупности раскрытия зерен подтверждается эффективностью флотации.

В лабораторных условиях проведен эксперимент полного факторного планирования. Выход концентрата после первой стадии флотации получен в различных режимах от 1,2÷6,2% с показателями качества по Cu = 1,8÷9,2%.

Для продолжения испытаний на перечистных операциях по получению коллективного и селективного концентратов намечено отправить достоверную пробу чернового первичного концентрата на установки в лабораторные условия фирмы MMS пневматической флотации типа «Imhoflot».

Задача получить концентрат с содержанием Cu = 25-30%.

**Список источников:**

1. Самойлик, В. Г. Специальные и комбинированные методы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие / В. Г. Самойлик - Донецк: ООО «Східний видавничий дім», 2015.- 165 с.

2. Брагина, В. И. Технология обогащения и переработки неметаллических полезных ископаемых: учеб. пособие / В. И. Брагина. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 228 с.

3. Пономарёв, И.В. Дробление и грохочение углей: Изд 2, испр. и доп. [Текст] / И.В. Пономарёв. - М.: Недра, 1970. - 368 с.

4. Сидоренко, Н.И. Интенсификация процесса грохочения влажных углей: Обзор [Текст] / Н.И. Сидоренко. Технология обогащения и брикетирования угля. – М.: 1971. – 48 с.