

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПИРИТНЫХ ОГАРКОВ

Исследована возможность обезвреживания и утилизации пиритных огарков с использованием химически агрессивных кислых подотвальных вод в качестве выщелачивающего раствора.

The paper investigates possibilities of deactivation and utilization of pyrite stub ends through application of chemically aggressive acid dump waters as the leaching solution.

В результате промышленной деятельности человечества появился новый тип месторождений – техногенные. Вследствие развития техники и технологии многие из этих месторождений могут стать новыми современными сырьевыми источниками.

Отходы серно-кислотного производства – пиритные огарки – являются потенциально высокоценным сырьем. Стоимость ценных компонентов в каждой тонне огарков достигает 80 дол. США, что эквивалентно золотосодержащей руде с содержанием золота 4-5 г/т.

Хранилища огарков являются источником загрязнения атмосферы (пыление), а также поверхностных и подземных вод. Задача скорейшей утилизации огарка, в связи с приведенными аргументами, является актуальной.

Переработка пиритных огарков позволит решить одновременно несколько проблем. Во-первых, предотвратить дальнейшее загрязнение катионами тяжелых металлов подземных вод и реки, прилегающей к площадке. Во-вторых, переработать огарки до железорудного сырья. В-третьих, утилизировать ценные компоненты.

Пиритные огарки представляют собой тонкий материал буро-красного цвета крупностью менее 1 мм. Плотность огарков в массиве 1,6 т/м³, влажность – 16,6 %. Массовая доля меди и золота составляет соответственно 0,28 % и 1,03 г/т. Запасы меди в огарках равны 19,5 тыс. т, запасы золота – 7,155 т.

Принципиальное значение для технологии выщелачивания имеет содержание в огарках основных окислителей: сульфидной серы и трехвалентного железа.

Содержание тонких фракций в первую очередь определяют фильтрационные свойства массива огарков. В связи с этим были выполнены исследования гранулометрического состава пиритных огарков и распределения меди по классам крупности. Изучение гранулометрического состава проведено на усредненной пробе большого отвала. Результаты ситового анализа огарков следующие:

Класс, мм	Выход, %
>1,000	24,0
-1,000+0,500	27,8
-0,500+0,315	13,8
-0,315+0,100	15,7
-0,100+0,071	10,5
<0,071	8,2

Анализ меди в классах крупности был выполнен на рентгеновском экспресс-анализаторе «Спектроскан».

Исследования по перколяционному выщелачиванию проводили на представительной пробе пиритных огарков, характеристика которых была приведена выше. Опыты по моделированию применительно к подземному выщелачиванию осуществляли в фильтрационных керамических колонках с внутренним диаметром 0,05 м и длиной 1 м согласно общепринятым мето-

дикам. Масса навесок руды при проведении опытов варьировала от 300 до 500 г.

Начальный этап экспериментов заключался в исследовании естественного выщелачивания меди, для чего во всех колонках выщелачивание осуществлялось водопроводной водой. Фильтрат: объем 750 мл; $pH = 3,1$; $Eh = 402$; $Ж/Т = 0,42$. Получено: концентрация меди 2,35 г/л; концентрация Fe^{3+} 9,8 г/л; концентрация Fe^{2+} 5,00 г/л. Извлечение меди 46,8 %.

После выщелачивания водой материал подвергали выщелачиванию слабым (10 г/л) раствором серной кислоты. Фильтрат: объем 1670 мл; $pH = 2,2$; $Eh = 480$; $Ж/Т = 1,055$. Получено: концентрация меди 0,93 г/л; концентрация Fe^{3+} 1,4 г/л; концентрация Fe^{2+} 0,49 г/л. Извлечение меди 14,8 %.

Анализ полученных результатов показал, что при выщелачивании водой в продуктивный раствор извлекается 30,1-46,86 % меди, дальнейшее выщелачивание кислотным раствором дает лишь небольшой эффект (3-4 % извлечения). Среднее извлечение меди по четырем колонкам составило 53 %.

Таким образом, в качестве исходных данных для технико-экономических расчетов технологии переработки пиритных огарков путем перколяционного выщелачивания может быть принято извлечение меди на уровне 45-50 %.

В естественных условиях при фильтрации осадков через слой пиритных огарков в присутствии окислителей происходит выщелачивание меди и цинка, в результате чего образуются кислые подотвальные воды. Анализ подотвальных вод показывает, что концентрация в них меди и цинка составляет соответственно 1,17 и 6,46 г/л. Значение pH подотвальных вод колеблется около 2. В связи с этим данные подотвальные воды могут служить выщелачивающим агентом при переработке пиритных огарков.

При проведении исследований по перколяционному выщелачиванию пиритных огарков подотвальными водами один и тот же объем подотвальной воды последовательно пропускался через пять колонок с

материалом. Высота материала в каждой колонке составляла 0,7 м. Таким образом, общая высота материала, через который фильтровался рабочий раствор, составляла 3,5 м, что примерно соответствует реальной высоте штабеля пиритных огарков. При этом каждый раз от продуктивного раствора, прошедшего через колонку, отбиралась проба для проведения анализа.

В ходе эксперимента было установлено (см. таблицу), что после первого цикла частное извлечение меди составляло 56,9 %. В последующих циклах частное извлечение меди плавно снижалось от 18,3 % во втором цикле до 6,2 % – в пятом. Это объяснялось тем, что в течение первого и второго циклов основное количество свободной серной кислоты, содержащейся в исходной подотвальной воде, расходовалось на растворение легкорастворимых соединений меди. При этом сквозное извлечение меди в продуктивный раствор составило 19,2 %. Конечная концентрация меди в растворе равна 3,96 г/л, при начальной – 1,17 г/л. Степень концентрирования по меди составила 3,3.

Результаты выщелачивания пиритных огарков подотвальной водой

Показатель	Цикл				
	1	2	3	4	5
Объем фильтрата, мл	500	465	430	390	350
Масса огарка, г	500	500	500	500	500
pH	3,03	2,81	2,80	2,79	2,80
Eh , мВ	398	431	429	432	329
Концентрация меди в растворе, г/л	1,65	2,34	2,78	3,34	3,96
Получено меди из раствора, г	0,825	1,09	1,19	1,30	1,39
Частное извлечение меди, %	56,9	18,3	6,7	7,6	6,2

Анализ полученных результатов показал, что для повышения сквозного извлечения меди из пиритных огарков при перколяционном выщелачивании меди подотвальной водой необходимо либо пропускать до пяти объемов исходного раствора через один и тот же участок, либо повышать количество свободной серной кислоты в исходной подотвальной воде в 5 раз. Это позволит повысить сквозное извлечение меди из пиритных огарков до 57 %.

По результатам экспериментов сделаны следующие выводы. Во-первых, наблюдается естественное выщелачивание металлов из массива пиритных огарков под действием атмосферных осадков, что, в свою очередь, является загрязняющим фактором окружающей среды, поскольку

рядом протекает небольшая речка, впадающая в озеро. Во-вторых, проблему утилизации огарков можно решить, используя химически агрессивные кислые подотвальные воды в качестве выщелачивающего раствора, при этом минимизируя расходы на реагенты. Процесс выщелачивания целесообразно вести по замкнутой циклической схеме до получения продуктивного раствора с достаточно высокой концентрацией меди и предельно возможного (для данных условий) сквозного извлечения.

В итоге выполняются две важнейшие задачи: предотвращение загрязнения окружающей среды и извлечение экономической выгоды путем геотехнологической переработки массива и последующей утилизации отработанного материала.

Научный руководитель проф. *В.З.Козин*