

УДК 662.613.1: 658.567.1

ВЛИЯНИЕ ФЛОКУЛЯНТОВ НА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ
ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ СЖИГАНИЯ УГЛЯА. А. ПИСАРЕВА^{1,2}, И. В. КУНИЛОВА¹Научный руководитель А. А. ЛАВРИНЕНКО¹, д-р техн. наук¹Институт проблем комплексного освоения недр
имени академика Н. В. Мельникова РАН²Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

Современная промышленность и потребительская деятельность неизбежно сопровождаются образованием огромного количества отходов [1], среди которых особую значимость имеют отходы теплоэнергетического комплекса. Накопленные золошлаковые отходы представляют собой ценный ресурс, который при грамотной переработке может быть возвращен в производственный цикл и использован как вторичное техногенное сырье для металлургической отрасли при рекуперации ценных металлов.

Эффективность извлечения ценных элементов из золошлаковых отходов (ЗШО) существенно ограничивается их химико-минералогическими особенностями [2]. Основным препятствием является присутствие труднорастворимых силикатных и алюмосиликатных соединений, которые демонстрируют крайне низкую реакционную способность в стандартных условиях выщелачивания. Как установлено в предыдущих исследованиях [3, 4], для разрушения устойчивой минеральной матрицы ЗШО требуется применение агрессивных кислотных сред (HF , HCl , HNO_3 , H_2SO_4).

В свою очередь, процесс кислотного выщелачивания сопровождается увеличением содержания растворимых форм кремния в фильтрах. В процессе кислотной обработки ЗШО модифицированные формы кварца (SiO_2), муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) и корунда ($3\text{Al}_2\text{O}_3$) претерпевают сложные фазовые превращения, приводящие к протонированию поверхности SiO_2 , разрыву связей Si-O-Si и образованию нестабильной монокремниевой кислоты. В результате нуклеации и полимеризации в растворе формируются частицы гидратированного кремнезема $m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ коллоидных размеров. В диапазоне pH от 0 до 2 дефицит ионов OH^- приводит к образованию катионных частиц Si-O-H^+ . Заряженные частицы отталкиваются, что осложняет полимеризацию и осаждение частиц. Таким образом, в кислых фильтрах выщелачивания ЗШО наблюдается высокое содержание кремния, который находится в нестабильной форме и образует плохо фильтруемый гель кремниевых кислот, который также сорбирует ценные элементы. Образование кремнегеля оказывает негативное влияние на последующее селективное извлечение ценных элементов.

Введение в систему высокомолекулярных органических соединений, в частности, на основе акриламида, способствует флокуляции кремнезема за счет избирательной адсорбции на поверхности его частиц. Это улучшает агрегацию

мелкодисперсных частиц кремнезема, облегчает их осаждение и последующее выделение из раствора.

Основной целью работы является исследование влияния анионных полиакриламидных флокулянтов на процесс выщелачивания ценных элементов из золошлаковых отходов сжигания углей.

Кислотное выщелачивание ЗШО проводили растворами H_2SO_4 и HCl при температуре $70\text{ }^{\circ}C$ в течение 5 ч. После завершения процесса проводилось разделение фильтрата и кека выщелачивания методом вакуумной фильтрации. Фильтраты выщелачивания направлялись на обескремнивание растворами флокулянтов с низкой (LMW) и высокой (HMW) молекулярной массой. Результаты представлены в табл. 1.

Табл. 1. Содержание ценных элементов в фильтрах выщелачивания

В миллиграммах на литр

Флокулянт	Элемент									
	Al	Fe	Co	Mn	Sc	Sr	Ti	V	Zn	Zr
LMW	121,2	59,6	0,16	1,2	0,03	1,1	4,5	0,14	1,1	0,13
HMW	101,7	52,5	0,12	0,96	0,03	1,2	4,0	0,12	0,9	0,17

Анализ результатов, представленных в табл. 1, указывает на большее содержание металлов в фильтрате, полученном после обработки флокулянтом с низкой молекулярной массой. В ходе работы также проведено измерение концентраций ценных элементов в фильтрате до этапа обескремнивания, при этом установлено снижение их количества (в 1,2–1,5 раза) после введения флокулянтов. Данное явление может указывать на адсорбцию примесных элементов на поверхности кремнезема, что приводит к их взаимному соосаждению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузин, Е. Н. Получение комплексных коагулянтов на основе крупнотоннажных отходов и продуктов промышленных производств / Е. Н. Кузин, Н. Е. Кручинина // Цветные металлы. – 2021. – № 1. – С. 13–18.
2. Сафронов, О. А. Исследование ультразвуковой интенсификации выщелачивания ценных компонентов из летучей золы сжигания углей / О. А. Сафронов, И. В. Кунилова, А. А. Лавриненко // Успехи в химии и химической технологии. – 2023. – Т. 37, № 12 (274). – С. 146–148.
3. Кунилова, И. В. К вопросу комплексной переработки золы сжигания каменных углей предприятий теплоэлектроэнергетики / И. В. Кунилова, И. О. Крылов // Технологии переработки отходов с получением новой продукции: материалы V Всерос. науч.-практ. конф., Киров, 14–15 нояб. 2023 г. – Киров : Вятский гос. ун-т, 2023. – С. 11–15.
4. Лавриненко, А. А. Влияние низкотемпературного обжига золы сжигания углей со щелочными реагентами на эффективность извлечения ценных компонентов / А. А. Лавриненко, И. В. Кунилова, Г. Ю. Гольберг // ГИАБ. – 2023. – № 10. – С. 104–121.