

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Выдыша Степана Олеговича**

«Повышение комплексности переработки шламов электролитического рафинирования вторичной меди», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности

2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов

Переработка шламов электролитического рафинирования вторичной меди (ЭРВМ) на большинстве предприятий не уникальна, она аналогична извлечению ценных компонентов из шламов электролитического рафинирования первичной меди и состоит из обезмеживания, плавки (при температуре 1150-1250 °С) с последующим рафинированием с получением сплава золота лигатурного (сплава Доре). Плавка сопряжена с потерями благородных металлов, а также реализуется в условиях повышенного испарения свинца. Свинец и олово, суммарное содержание которых может достигать в шламах более 40 %, не извлекаются и остаются в отходах пирометаллургического производства сплава. В настоящее время гидрометаллургические технологии не нашли широкого применения для переработки шламов из-за малой эффективности разделения компонентов; низкой комплексности перерабатываемого сырья и др. С учетом современных требований к комплексности использования сырья, ресурсо- и энергосбережению, стимулированию разработки «зеленых» технологий в рамках реализации концепции устойчивого развития экономики повышение эффективности извлечения меди и концентрирования благородных металлов (с попутным извлечением свинца и олова из шламов ЭРВМ является актуальной задачей.

Целью работы автора явилась разработка энерго- и ресурсосберегающего гидрометаллургического способа переработки шлама ЭРВМ, обеспечивающего селективность извлечения макрокомпонентов и эффективное концентрирование благородных металлов.

Научная новизна.

1. Обнаружено увеличение извлечения серебра в раствор при сернокислотном выщелачивании шлама ЭРВМ после окислительного обжига, что обусловлено наличием в шламе фаз – $\text{CuPbSO}_4(\text{OH})_2$ и $\text{Cu}_5(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, участвующих при окислительном обжиге в формировании серебросодержащего гидроксосульфата меди ($\text{AgCu}_2(\text{SO}_4)_2(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$) и сульфата серебра, растворимых в серной кислоте.

2. На основании термодинамического анализа системы $\text{шлам}-\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}-\text{NH}_4^+-\text{H}_2\text{O}-\text{O}_2$, обнаружены и математически описаны зависимости показателей процесса выщелачивания меди (равновесных концентраций ионов $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, расхода реагентов, окислительно-восстановительного потенциала системы) от состава аммиачно-аммонийной смеси (буферной системы).

3. Предложен и обоснован в качестве критерия селективного извлечения меди при аммиачно-аммонийном выщелачивании шлама ЭРВМ – окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) системы $(+245 \pm 10 \dots +280 \pm 10 \text{ мВ})$,

обеспечивающий подавление перехода серебра в раствор при максимальном извлечении меди.

4. На основании результатов исследований кинетики аммиачно-аммонийного выщелачивания шлама ЭРВМ установлена взаимосвязь между суммарной концентрацией $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и NH_4^+ буферной системы и скоростью образования комплексов меди $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_n]^{2+}$, что проявляется в смене режима с кинетического с лимитированием скорости процесса адсорбцией реагентов на поверхности твердых частиц на диффузионный при снижении суммарной концентрации $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и NH_4^+ с 1,5...3,5 до 0,5...1,5 моль/л при $t=24 \pm 1$ °С и позволяет осуществлять преимущественное извлечение меди в раствор.

5. На основании результатов кинетических исследований азотнокислотного выщелачивания серебра из шлама ЭРВМ после удаления макрокомпонентов (Cu, Pb, Ba) в присутствии пероксида водорода для подавления выделения нитрозных газов установлены зависимости влияния температуры и концентраций реагентов (HNO_3 , H_2O_2) на скорость выщелачивания серебра, что проявляется в смене режима с кинетического на кинетический с лимитированием скорости процесса адсорбцией реагентов на поверхности твердых частиц при повышении температуры с 25...45 до 45...85 °С. Определены уравнение формальной кинетики процесса и условия эффективного применения пероксида водорода.

Структура работы и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 229 библиографических источников, и содержит 198 страниц машинописного текста, включая 87 рисунков, 32 таблицы, 5 приложений.

Однако при ознакомлении с авторефератом возникли следующие **вопросы и замечания:**

1. На стр. 4 автореферата в п. 3 практической значимости автор указал, что «...сквозное извлечение (по предлагаемой технологической схеме) составляет ... не менее 77 % благородных металлов в концентраты...». Какие пути увеличения данного показателя видит автор?
2. Встречаются незначительные опечатки (стр. 3), отсутствие кавычек и тире (стр. 7), устаревшее использование размерности (моль/л вместо моль/дм³), использование словосочетания «сплав Доре» (однако согласно ТУ 117-2-7-75 сплав носит название «сплав золота лигатурного»).

Однако указанные замечания не снижают достоинств работы автора. Автором проделан значительный объем исследований, работа достаточно широко апробирована, основные результаты работы представлены в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Заключение

Представленные в автореферате научные и практические результаты свидетельствуют о том, что диссертационная работа **Выдыша Степана Олеговича**, является научным исследованием, направленным на повышение комплексности переработки промпродуктов металлургического производства, актуальность которого обусловлена Постановлением Правительства РФ от 29

