

## 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»

Актуальность темы диссертационной работы Выдыша С.О. не вызывает сомнений и обусловлена необходимостью разработки новой эффективной технологии глубокой переработки шламов электролитического рафинирования вторичной меди (ЭРВМ) в условиях дефицита производства рафинированной меди, ужесточения требований к использованию сырья, ресурсо- и энергосбережению.

Из представленного автореферата следует, что работа в полной мере обладает как научной новизной, так и практической значимостью, а научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые:

1. обнаружено увеличение извлечения серебра в раствор при сернокислотном выщелачивании шлама ЭРВМ после окислительного обжига, что обусловлено наличием 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 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 от состава аммиачно-аммонийной смеси.

3. предложен и обоснован в качестве критерия селективного извлечения меди при аммиачно-аммонийном выщелачивании шлама ЭРВМ – окислительно-восстановительный потенциал 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 концентрацией буферной системы и скоростью образования комплексов меди  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_n]^{2+}$ , что проявляется в смене режима с кинетического на диффузионный при снижении суммарной концентрации  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  и  $\text{NH}_4^+$  с 1,5...3,5 до 0,5...1,5 моль/л при  $t=24 \pm 1^\circ\text{C}$  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 ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 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°C. Определены уравнение формальной кинетики процесса и условия эффективного применения пероксида водорода.

Диссертация Выдыша С.О. является научно-квалификационной работой, в которой предлагается решение важной для развития отечественной металлургической



отрасли научной задачи по повышению комплексности переработки шламов ЭРВМ за счет реализации гидрометаллургического способа, разработанного автором. В отличие от известных прототипов, в настоящее время применяющихся в промышленности, данный способ обеспечивает селективность извлечения макрокомпонентов и эффективное концентрирование благородных металлов в ходе переработки, что подтверждается результатами укрупненных лабораторных испытаний.

#### **Замечания по работе:**

1. в автореферате не представлена балансовая схема разработанной технологии, что, в частности, затрудняет оценку объема сточных вод, наличие которых характерно для большинства гидрометаллургических способов переработки первичного и вторичного сырья;

2. в тексте автореферата не приведены сведения, позволяющие в полной мере оценить экономический эффект от внедрения предложенной технологии при требуемом уровне производительности.

Отмеченные недостатки имеют исключительно рекомендательный характер и не снижают безусловную научно-практическую значимость диссертационной работы.

#### **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 декабря 2023 года № 2394. Диссертационная работа полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС» и требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени по научной специальности 2.6.2. «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Руководитель направления, Общество с ограниченной ответственностью «Скайград Инновации» (ООО «Скайград Инновации»), к.т.н.



Семенов Андрей Александрович

05.11.2024

Адрес: 141090, Московская обл., г. Королев, мкр. Юбилейный, ул. Пионерская, д. 1/4

Телефон: +7 495 502 82 82

Адрес электронной почты: andreyasemenov@mail.ru

Подпись руководителя направления Семенова А.А. заверяю, генеральный директор ООО «Скайград Инновации»



Абрамов Алексей Михайлович