

## **Отзыв**

на автореферат диссертации Алексея Владимировича Крицкого на тему «**Гидротермальное рафинирование халькопиритных концентратов**», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

### **Актуальность темы диссертационной работы.**

Мировая тенденция непрерывного увеличения потребления меди стимулирует рост ее производства, однако качество исходного сырья постепенно снижается. В настоящее время все более сложные многокомпонентные концентраты зачастую с пониженным содержанием полезного металла поступают в переработку, что способствует использованию гидротермалургических технологий производства меди и извлечения сопутствующих ценных компонентов.

Автором предложен перспективный способ, заключающийся в гидротермальной обработке медных концентратов растворами сульфата меди, что позволяет повысить концентрацию меди в концентрате. Актуальным представляется совмещение процессов автоклавного окисления и гидротермального осаждения в одну технологическую схему.

### **Научная новизна и практическая значимость.**

Автором показано, что гидротермальная обработка позволяет извлекать мышьяк и железо из арсенопирита, исследована кинетика ГТО меди при взаимодействии раствора сульфата меди с сульфидами цинка и железа, а также обнаружено две ступени протекания реакций. Для всех процессов предложен механизм протекания реакций. Показан внутридиффузионный режим протекания процесса.

Большую ценность представляют определенные автором кинетические характеристики процессов взаимодействия пирита, сфалерита и арсенопирита с кислыми медными растворами в автоклавных условиях. Полученные уравнения позволяют проводить предварительное моделирование процессов, а также осуществлять масштабный переход от лабораторных опытов к вариантам промышленной реализации.

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений.**

Достоверность положений обеспечена применением современных методов анализа, сходимостью теоретических и лабораторных исследований, большим объемом лабораторных исследований, применением современных методов анализа.

**Публикации.** Результаты научных исследований Крицкого А. В. нашли отражения в 9 печатных работах, из них 7 в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 2 публикации опубликованы в сборниках материалов международных конференций.

**Оформление.** Диссертация и автореферат хорошо логически структурированы, написаны четко и ясно. Диссертация хорошо оформлена, включает большой объем иллюстративного и фактического материала.

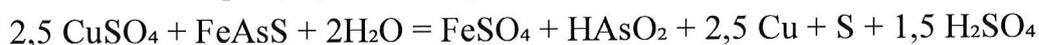
Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

**По автореферату к диссертации имеются следующие вопросы и замечания:**

1. Не указано при каких параметрах (температура, кислотность, концентрация меди) проведены эксперименты, результаты которых показаны на рисунках 2, 3 и 4?

2. Верно ли утверждение, что при обменном процессе на поверхности арсенопирита практически (или вообще) не образуется сульфидов меди?

3. Согласно предложенной реакции 5 получается, что 0,375 моля серы из сульфатной формы ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) превращается в элементарную серу, что не может соответствовать механизму процесса. Таким образом, реакция 5 записана неудачно, и не может использоваться для объяснения механизма процесса гидротермальной обработки арсенопирита. Вместо реакций 5 и 6 (предложенных автором) предлагаю рассмотреть реакцию:



Принципиальное отличие данной реакции от предложенных автором заключается в сохранении всей сульфатной серы в сульфатной форме. Согласно предложенной реакции, в процессе гидротермальной обработки арсенопирита должно происходить выделение серной кислоты (в отличии от реакций 5 и 6), таким образом, повышение кислотности в ходе процесса гидротермальной обработки арсенопирита могло бы служить косвенным подтверждением предложенного механизма.

4. Для обсуждения механизма: возможен ли переход процесса осаждения меди в процессе ГТО арсенопирита после появления первой элементарной меди к электрохимическому? В результате чего - на катодном участке происходит восстановление меди на поверхности металлической меди, а на анодном участке – окисление арсенопирита с образованием растворимых продуктов и элементарной серы.



5. Было бы правильно, придерживаться единства обозначения концентраций компонентов в растворах на протяжении всего автореферата.

6. В процессе АОВ (стр. 14) не учтено образование основного сульфата железа, который должен преобладать в гидролизных фазах железа(III) при температурах выше 200 °С, что существенно сказывается на параметрах последующих операций.

7. Насколько обосновано применение автоклавного кондиционирования? Возможно данную технологическую задачу можно решить безавтоклавным процессом кондиционирования (90 – 95 °С) за счет увеличения времени пребывания и, возможно, увеличения концентрации серной кислоты.

Отмеченные недостатки существенно не снижают научной ценности диссертационной работы, её актуальности и практической значимости.

Диссертационная работа Крицкого А. В. на тему «Гидротермальное рафинирование халькопиритных концентратов», является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи по обогащению халькопиритных концентратов, данная работа отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Крицкий Алексей Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Директор по науке и развитию  
ООО «Научно-исследовательский центр «Гидрометаллургия»,  
доктор технических наук, профессор

*Яков Михайлович Шнеерсон*  
Яков Михайлович Шнеерсон  
1.2021

Телефон: +7-(812) 600-77-45, E-mail: [shneerson-y@gidrometall.ru](mailto:shneerson-y@gidrometall.ru)

ООО «Научно-исследовательский центр «Гидрометаллургия»  
Юр. адрес: 196247, Санкт-Петербург, Ленинский проспект, 151,  
этаж 6, офис 635, кабинет 26  
Телефон: (812) 600-77-45; E-mail: [src@gidrometall.ru](mailto:src@gidrometall.ru)

*Подпись Шнеерсона Якова Михайловича*

*Малерова Л.В.*

