

ОТЗЫВ

на автореферат и диссертацию Головкина Дмитрия Игоревича на тему
**«Гидрометаллургическая переработка золотосодержащих концентратов двойной
упорности»**,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов

Диссертация Головкина Дмитрия Игоревича затрагивает актуальную проблему золотодобывающей отрасли — переработку золотосодержащих сульфидных руд двойной упорности. Эти руды содержат не только тонковкрапленное золото, связанное с сульфидной матрицей, но и цианисиды и углистое органическое вещество, которые усложняют последующую металлургическую обработку, снижая коэффициент извлечения золота и увеличивая операционные затраты. Руды и концентраты двойной упорности требуют уникального подхода к переработке, и гидрометаллургическая технология на основе атмосферного выщелачивания с использованием интенсифицирующих добавок представляет собой актуальное решение в данной области.

Автором достаточно подробно изучены условия выщелачивания пирита и арсенопирита из исходного концентрата в азотнокислотных растворах. Определены основные параметры процесса выщелачивания азотной кислотой. Для определения кинетических характеристик пирита и арсенопирита с добавлением лингосульфата и без использована модель сжимающего ядра. Выведенные уравнения лимитирующих стадий растворения пирита и арсенопирита подтверждаются коэффициентами корреляции, что доказывает достоверность результатов.

Принципиальная научная новизна данного исследования заключается в выявлении кинетических закономерностей процесса азотнокислотного выщелачивания пирита и арсенопирита, содержащихся в исследуемом концентрате, в присутствии поверхностно-активных веществ (ПАВ). Установлено, что добавление лингосульфата способствует изменению механизма выщелачивания, что выражается в снижении энергии активации до 10,5 кДж/моль для арсенопирита и 14,1 кДж/моль для пирита, а также в увеличении эмпирических порядков реакции по концентрации азотной кислоты с 1,37 и 1,72 до 2,45 и 2,69 соответственно. Автором обоснованы закономерности функционального воздействия лингосульфата, реализующегося через адсорбционно-расклинивающий и эмульгирующий механизмы в процессе азотнокислотного выщелачивания упорного золотосульфидного концентрата.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в определении оптимальных параметров процесса азотнокислотного выщелачивания концентрата месторождения Маломыр с использованием лингосульфата ($C_{лс} = 0,5 \text{ г/дм}^3$) при концентрации HNO_3 5 моль/дм³, соотношении жидкой и твердой фаз (Ж:Т) 6:1 и продолжительности процесса 60 минут, что обеспечивает максимальное вскрытие

сульфидной матрицы и высвобождение золота для последующего цианирования. Достигнута степень растворения пирита и арсенопирита более 96 %, что позволило разработать принципиальную технологическую схему переработки упорного золотосульфидного концентрата месторождения Маломир. Данная схема включает кислотную отмывку, вскрытие сульфидных золотоносных минералов азотной кислотой с добавлением лигносульфоната, что способствует высвобождению золота из сульфидной матрицы для его последующего извлечения традиционными методами, а также осаждение железа и мышьяка с эффективностью 99,9 % из продуктивного раствора азотнокислотного выщелачивания. Проведена технико-экономическая оценка переработки исследуемого концентрата по предложенной технологической схеме.

Степень достоверности работы не вызывает сомнений. Полученные результаты исследований базируются на применении комплекса современных методов исследования, которые подтверждают и взаимно дополняют друг друга, а также согласуются с полученными данными других авторов. По теме диссертации опубликовано 13 работ, из них 4 статьи в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science (WoS); 1 патент Российской Федерации на изобретение.

По автореферату и диссертации имеются следующие вопросы и замечания:


1. В тексте диссертации и автореферата не указано, какая марка угля использовалась в опытах СІІ. Чем обоснован выбор данного метода для выщелачивания золота из концентрата месторождения Маломир?
2. В работе не рассмотрены методы подавления сорбции органических соединений углерода на угле при выщелачивании золота, например, использование ионообменных смол с анионной или катионной активностью. Планируется ли применение данных материалов для повышения эффективности процесса?
3. На страницах 52–53 диссертации автор отмечает, что потери золота при азотнокислотном выщелачивании составляют 13,7–19,5 % и связываются с наличием хлорид-ионов в исходном сырье. Для удаления хлоридов применяется предварительная обработка сернокислотным раствором, что позволяет удалить хлориды и карбонаты из сырья. Известно, что разложение доломита сернокислотными растворами приводит к образованию гипса, что влечет за собой гипсовые отложения на оборудовании и снижает коэффициент его использования, требуя частой очистки. С какими соединениями связан хлорид-ион, что для его удаления необходима обработка сернокислотными растворами? Проводилась ли промывка деионизированной водой для удаления хлорид-ионов?

Указанные замечания не снижают общей ценности и положительного впечатления о работе, которая выполнена на высоком научном и экспериментальном уровне, и не влияют

На главные теоретические и практические результаты диссертации. Замечания носят лишь Дискуссионный характер.

Представленные в автореферате и диссертации научные и практические результаты свидетельствуют о том, что диссертационная работа Головкина Дмитрия Игоревича, является научным исследованием, направленным на повышение эффективности переработки золотодобывающей отрасли. Диссертация Головкина Дмитрия Игоревича по теме: «Гидрометаллургическая переработка золотосодержащих концентратов двойной упорности» соответствует специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов и требованиям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Головкин Дмитрий Игоревич – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Менеджер проектов
ООО «НОРД Инжиниринг»
канд. техн. наук

 Русалев Ростислав Эдуардович
«06» ноября 2024 г.

119071, Россия, г. Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Донской, пр-кт Ленинский, д. 15А, офис 21;
Рабочий телефон: +7 (499) 390-87-90
E-mail: r.rusalev@mailnord.net

Подпись *Русалева Ростислава Эдуардовича* заверяю

Директор по экономике и финансам
ООО «НОРД Инжиниринг»
канд. экон. наук

 Астанин Д. Ю.
«06» ноября 2024 г.

