

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы  
Гордеева Даниила Валерьевича

### «РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АВТОКЛАВНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛИСТЫХ ЗОЛОТОСУЛЬФИДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО РЕАГЕНТА- ОКИСЛИТЕЛЯ»,

представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – Металлургия черных, цветных и редких металлов

#### Актуальность

Современные технологии переработки золотосодержащих концентратов двойной упорности к цианидному процессу из-за значительного количества тонкого золота, ассоциированного с сульфидными минералами, в основном пиритом и арсенопиритом, а также наличия рудного углистого вещества (УВ), проявляющего высокую сорбционную активность, не позволяют эффективно перерабатывать такие концентраты без предварительной подготовки.

Одним из методов такой подготовки к цианидному процессу является автоклавное окисление (АО), позволяющее вскрыть золото, депрессированное в сульфидах, а также в значительной степени снизить сорбционную активность рудного УВ за счет частичного его окисления. Однако для высокоуглистых концентратов данная степень удаления углерода незначительна, ввиду чего проблема переработки подобных концентратов является актуальной.

Для увеличения эффективности автоклавного окисления золотосодержащих концентратов двойной упорности необходимо максимальное окисление или удаление УВ. Интенсификация окисления УВ может быть достигнута за счет повышения температуры АО, увеличения продолжительности АО или комбинации двух этих вариантов. Основные недостатки предложенных способов – снижение производительности

ОТЗЫВ

ВХ. № 3-532 от 04.12.24  
Л У С

реактора из-за увеличения времени пребывания материала на АО и высокие температурные режимы.

Интенсификация процесса АО также может быть достигнута путём добавки дополнительного более сильного окислителя по сравнению с кислородом. В качестве такого окислителя предлагается использовать азотную кислоту. Уникальность азотной кислоты заключается в сильных окислительных свойствах и в способности пассивировать поверхность углерода, снижая его сорбционную активность. Эти два свойства могут быть успешно применены при автоклавном окислении золотосодержащих концентратов двойной упорности.

### **Научная новизна проведённых исследований**

- Установлено, что за протекание автоклавного прег-роббинга ответственна именно органическая составляющая углистого вещества. Графитизированная (или неорганическая) часть углистого вещества не провоцирует протекание прег-роббинга.

- Показано, что при автоклавном окислении высокоуглистых золотосульфидных концентратов в отсутствие дополнительного окислителя происходит значительное увеличение степени сорбции золото-хлоридных комплексов на поверхности органического углерода, что в дальнейшем приводит к снижению степени извлечения золота.

- Установлено, что снижение степени сорбции золото-хлоридных комплексов на поверхности органического углерода возможно за счёт введения в автоклавный процесс ( $T = 225\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $PO_2 = 0,5-0,7\text{ МПа}$ ) более сильного по сравнению с кислородом дополнительного окислителя – азотной кислоты в количестве от 25 до 100 кг/т.

- Установлено влияние содержания и степени окисления органического углерода на степень извлечения золота из золотосульфидных концентратов двойной упорности различных месторождений.

**Достоверность** полученных результатов подтверждается экспериментальными исследованиями в лабораторных и промышленных условиях с использованием стандартных и апробированных методик и современных методов анализа и обработки полученных результатов.

### **Практическая значимость**

- Разработан способ переработки золотосодержащих концентратов, представляющий собой высокотемпературное автоклавное окисление (при температуре 225 °С) с добавкой дополнительного окислителя для снижения активности органического углерода: патент РФ №2802924С1.

- Предложены технические и технологические мероприятия, связанные проведением лабораторных и полупромышленных экспериментов по автоклавному окислению с добавкой дополнительного окислителя в периодическом и непрерывном режимах (акт внедрения ООО «Научно-Исследовательский центр «Гидрометаллургия» от 30.05.2023 г.).

- Показан положительный экономический эффект от модернизации автоклавного предприятия с базовой технологии высокотемпературного автоклавного окисления на технологию с добавкой азотной кислоты. Результаты работы предлагаются для использования на отечественных автоклавных комплексах.

### **Публикации**

Результаты диссертационного исследования представлены в 5 печатных работах, в том числе в 3 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (перечень ВАК), в 2 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен 1 патент на изобретение.

## **Замечания и вопросы к автореферату работы**

1. В работе указано, что основное количество азотной кислоты (50-90 %) сохраняется в жидкой фазе автоклавной пульпы. При этом в соответствии с предлагаемым технологическим решением жидкая фаза поступает на нейтрализацию известняком и известковым молоком, далее пульпа направляется в гипсохранилище. Как предлагается использовать (или не использовать) осветленную жидкую фазу, содержащую нитратные соли, в частности, нитрат кальция?

2. В диссертационной работе отмечено, что до 59 % выручки от дополнительного дохода за счет повышения извлечения золота на 3-4 % в товарную продукцию будет потрачено на приобретение азотной кислоты, при этом не показано: на сколько увеличится потребление известняка и извести для нейтрализации дополнительно создаваемой кислотности пульпы из-за ввода в процесс азотной кислоты и как это скажется на экономике предлагаемой технологии?

## **Заключение**

Отмеченные вопросы и замечания не влияют на общую оценку работы. Диссертация «Разработка технологии автоклавной переработки углистых золотосульфидных концентратов с использованием дополнительного реагента-окислителя», представленная на соискание *кандидата технических наук* по специальности 2.6.2 *Металлургия черных, цветных и редких металлов*, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор - Гордеев Даниил Валерьевич – заслуживает присуждения

ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2  
Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Заведующий  
лабораторией гидрометаллургии  
АО «Уралмеханобр»,  
кандидат технических наук

*Виза*  
13.11.2024

Мусаев Владимир Вахабович

Подпись Мусаева В.В.  
удостоверяю:

Заместитель генерального директора  
по персоналу и общим вопросам



Д.В. Садовенко

АО «Уралмеханобр», 620144, Россия, Свердловская область, Екатеринбург,  
ул. Хохрякова, 87, Телефон: +7 (343) 344-27-42, E-mail: [umbr@umbr.ru](mailto:umbr@umbr.ru)

Отзыв направить по адресу:

199106, Санкт-Петербург, 21-я В.О. линия, д.2, Санкт-Петербургский горный университет,  
Аппарат управления «Ученый Совет»