

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, Каримова Кирилла Ахтямовича, на диссертационную работу Васильева Романа Евгеньевича на тему: «Фазовые взаимодействия в химически реагирующих системах при гидрометаллургической переработке высокомышьяковистых медных концентратов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.2 Metallurgia черных, цветных и редких металлов.

Актуальность темы диссертации

Актуальность исследования процессов переработки серебросодержащих сульфидных медных концентратов определяется комплексом взаимосвязанных факторов экономического, экологического и технологического характера. Традиционно переработка сульфидного медного сырья осуществляется посредством применения комплекса пирометаллургических процессов. Однако присутствие значительных концентраций примесей, в частности мышьяка, требует модификации данной технологической схемы путем внедрения дополнительных систем для удаления мышьяка и его соединений из технологического процесса. Учитывая существенную технологическую и экологическую нагрузку при переработке сульфидного медного сырья, особую актуальность приобретает совершенствование методов, направленных на минимизацию негативных последствий переработки минерального сырья. В качестве наиболее перспективного метода разложения сульфидного медного серебросодержащего сырья в современных условиях используют автоклавное окислительное выщелачивание. Данный метод обладает рядом существенных преимуществ, включая возможность селективного извлечения меди и серебра, а также трансформацию мышьяка в водорастворимую форму с последующим его осаждением в виде агрегативно устойчивых малорастворимых соединений. Однако в процессе автоклавного выщелачивания наблюдается образование малорастворимого аргентарозита, который препятствует эффективному извлечению серебра операцией цианирования. В связи с этим возникает необходимость разработки специального технологического метода, применение которого позволит минимизировать содержание серебра в твердой фазе ярозита и предотвратить его потери на стадии автоклавного выщелачивания.

Научная новизна диссертации

В рамках диссертационного исследования Васильевым Р.Е. установлено влияние добавки сульфата калия при автоклавном окислительном выщелачивании серебро-медного концентрата на повышение извлечения серебра стандартной операцией цианирования. Определены термодинамические параметры процесса образования калиево-серебряных, калиевых и серебряных ярозитов. Установлено влияние температуры синтеза калиево-серебряных ярозитов на количество образующейся твердой фазы основного сульфата железа, инкапсулирующего кристаллической решеткой серебро.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

В ходе диссертационного исследования соискатель осуществил комплексный анализ научно-технической литературы, провел серию экспериментальных и теоретических исследований по заявленной тематике.

Диссертационная работа характеризуется высоким уровнем оформления и отличается четким, логически выверенным изложением материала. Достоверность полученных результатов обеспечена как теоретическим обоснованием, так и значительным объемом экспериментальных исследований. Экспериментальная часть выполнена с применением современных высокотехнологичных методов анализа параметров процесса автоклавного выщелачивания и гидротермального синтеза. Обработка полученных данных осуществлялась с использованием современных вычислительных технологий, что гарантирует их надежность и точность.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-401 от 29.08.25
АУ УС

Автореферат, а также статьи и материалы конференций в полной мере отвечает содержанию диссертации и подчеркивают ее научную значимость и актуальность в исследуемой области.

Тема и содержание диссертации соответствует научной специальности 2.6.2. Metallургия чёрных, цветных и редких металлов на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Научные результаты, их ценность

Научные результаты диссертационной работы обладают практической значимостью для предприятий, осуществляющих переработку серебро-медного сырья. В ходе проведенных экспериментальных исследований диссертантом установлено положительное влияние добавки солей калия в реакционную смесь автоклавного окислительного выщелачивания на последующее извлечение серебра из раствора выщелачивания операцией цианирования. Научные результаты в виде термодинамических параметров образования двойных солей сульфата железа-калия и сульфата железа-серебра, полученные на модельных системах, подтверждены результатами окислительного выщелачивания медно-сульфидного концентрата в присутствии соли – сульфата калия. Внесение в реакционную систему соли калия способствует снижению инкапсуляции серебра твердой фазой ярозита и как следствие повышает его извлечение на стадии цианирования. Использование сульфата калия в процессе окислительного выщелачивания сульфидных руд позволит предотвратить потерю серебра с фазой ярозита и повысить металлургическому предприятию прибыль от продажи извлеченного серебра.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 4 печатных работах, в том числе в 2 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 (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическую значимость определяют результаты термодинамического расчета образования твердых растворов замещения серебра калием, что может быть использовано в обоснованном выборе составов технологических пульп.

Результатом представленной работы, определяющим ее практическую значимость, является разработка технологических решений автоклавного окислительного выщелачивания сульфидного серебро-медного сырья за счет введения добавки сульфата калия в реакционную смесь, что позволяет снизить количество инкапсулируемого ярозитом серебра.

В работе представлена экономическая оценка реализации переработки сульфидного серебро-медного сырья в присутствии соли сульфата калия на предприятии, даны рекомендации, способствующие повышению экономического эффекта.

Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты рассмотренной диссертационной работы могут представлять интерес для ряда вузов, научно-исследовательских и производственных организаций, в том числе: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», , Сибирский федеральный университет, Технический университет УГМК, ООО НИЦ «Гидрометаллургия» АО «Иргиредмет», ООО «Мангазея Майнинг», ПАО «Полюс».

Замечания и вопросы по работе

1. Список литературы приведён не в хронологическом или тематическом порядке, что затрудняет поиск и анализ используемых источников.
2. В разделе, посвящённом пирометаллургическим методам, процитировано два источника, что явно недостаточно. Кроме того, обзор по данной тематике выполнен поверхностно, отсутствуют ссылки на современные исследования и промышленные практики.
3. В литературном обзоре крайне мало приведено количественных данных, характеризующих оптимальные параметры технологий и конкретные показатели извлечения ценных компонентов на различных стадиях переработки. Практически все описанные технологии рассмотрены схематично, без детального анализа применяемых режимов, их эффективности и сравнительных характеристик.
4. Чем обусловлен выбор давления кислорода 0,9 МПа и времени выдержки 1 час для проведения исследований по автоклавному окислению при различных температурах? В промышленной практике автоклавного окисления медных концентратов, как правило, применяется давление кислорода в диапазоне 0,5–0,7 МПа. Следовало бы пояснить, чем обусловлен выбор экспериментальных параметров, и привести их сравнение с существующими промышленными режимами.
5. В таблице 7 на странице 67 отмечаются расхождения между приведёнными концентрациями золота в растворе и величинами его извлечения. Согласно представленным данным концентрации золота в растворе, значения его извлечения должны быть значительно выше 0,01 %. Необходимо уточнить, как учитывали концентрацию золота в растворе при расчёте извлечения? Также в тексте диссертации не объяснены причины более высокого извлечения железа и мышьяка в раствор для концентрата МК-2, приведенные в данной таблице.
6. На странице 86 работы сформулирован следующий вывод: «Калий оказывает высаливающий эффект на содержание ионов серебра в кристаллической решетке ярозитов, что объясняется его большим электрохимическим потенциалом, значение которого в сравнении с ионом Ag^+ определяется меньшим гидратированным радиусом». Данное утверждение некорректно, так как электрохимический потенциал иона серебра выше, а гидратированный радиус ионов напрямую не связан с величиной электрохимического потенциала. Кроме того, электрохимический потенциал не влияет на высаливание. Скорее всего, наблюдаемый эффект обусловлен более низкой растворимостью калиевого ярозита по сравнению с серебряным.
7. Проведённая экономическая оценка целесообразности добавления сульфата калия в процесс автоклавного окисления требует более углублённого анализа. Следует учитывать возможность интенсивного образования ярозитов, что может привести к формированию настывей на внутренней поверхности автоклава. Данный фактор, согласно практике переработки золотосодержащих концентратов, способен привести к уменьшению эффективного объёма реактора, увеличению частоты остановок оборудования для очистки, повреждению футеровки и снижению производительности процесса.

Заключение по диссертации

Вышесказанные замечания не снижают общее впечатление о работе и не ставят под сомнение достоверность и обоснованность выводов и основных положений, защищаемых в диссертации.

Диссертация «Фазовые взаимодействия в химически реагирующих системах при гидрометаллургической переработке высокомышьяковистых медных концентратов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом

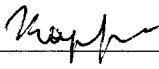
ректора Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор — Васильев Роман Евгеньевич — заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Официальный оппонент,

Старший научный сотрудник научной лаборатории перспективных технологий комплексной переработки минерального и техногенного сырья цветных и черных металлов Института новых материалов и технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кандидат технических наук по специальности 05.16.02 — Metallургия черных, цветных и редких металлов

Телефон: +79126953175

E-mail: k.a.karimov@urfu.ru

25 июля 2025 г.  Каримов Кирилл Ахтямович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Адрес: 620062, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19,

Телефон: 8-800-100-50-44, E-mail: contact@urfu.ru, адрес в сети интернет: <https://urfu.ru/ru/>

Подпись старшего научного сотрудника научной лаборатории перспективных технологий комплексной переработки минерального и техногенного сырья цветных и черных металлов Института новых материалов и технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кандидат технических наук, Каримова Кирилла Ахтямовича, заверяю.

ПОДПИСЬ
ЗАВЕРЯЮ.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ УРФУ
МОРОЗОВА В.А.

