

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу

Васильковой Анастасии Олеговны

«Разработка рациональной технологии извлечения золота из техногенного сырья на основе применения ультранизких концентраций цианида натрия»,

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. – «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов»

На отзыв представлен автореферат на 20 стр. и диссертация. Представляемая работа имеет общий объем 145 с., включает 7 главы, в т.ч. анализ проблемы с обоснованием предлагаемых технологических решений, результаты исследований особенностей выщелачивания золота и меди растворами с ультранизкими концентрациями цианида, формирование технологической концепции переработки нескольких вариантов золотосодержащего сырья и результаты опытно-промышленной проверки разработанной технологии. В работе 30 рисунков и 26 таблиц. Библиографический список насчитывает 126 источников, с участием соискателя по теме диссертации опубликовано 4 статьи в рецензируемых журналах, тезисы докладов Российских и зарубежных конференций.

1. Актуальность темы диссертационного исследования

В условиях неуклонного роста цены на золото появляются экономические предпосылки вовлечения в переработку относительно бедных видов минерального и техногенного сырья. Подобное сырье является перспективным для вовлечения в разработку вследствие значимого содержания черных, цветных, редких и благородных металлов и исключения затрат на его добычу, доля которой в себестоимости получения металлов обычно весьма значительна. Особую роль при формировании технологических основ в данном случае играет повышение комплексности переработки при минимизации передельных затрат.

По совокупности накопленных объемов и содержанию цветных и благородных металлов перспективными техногенными объектами, представляющими собой перспективное техногенное сырье, являются пиритные огарки сернокислотных предприятий, а также забалансовые руды и хвосты обогащения полиметаллических руд.

Аналогично переработке балансовых золотосодержащих руд наиболее рациональным и промышленно освоенным вариантом извлечения золота из техногенного сырья является цианирование. Одной из основных статей себестоимости цианирования являются затраты на выщелачивающий реагент – цианистый натрий. Специалистам хорошо известно, что на взаимодействие с золотом в практике цианирования расходуется не более 1-5% цианида. Абсолютно большая часть этого достаточно дорогого и токсичного реагента расходуется на взаимодействие с минералами цветных металлов и, прежде всего, меди. В этой связи поиск технических решений, способствующих повышению коэффициента целевого расходования цианидов, чрезвычайно

актуален. В работе изучены перспективы применения известного приема, позволяющего минимизировать удельный расход реагентов - использование растворов с пониженной концентрацией цианида. Несмотря на упоминание в учебниках о подобном подходе, систематизированные сведения о теоретических особенностях в литературных источниках не выявлены.

2. Оценка содержания диссертации.

Степень обоснованности научных положений выводов и рекомендаций.

На защиту вынесен ряд научных положений, обоснованных совокупностью представленных материалов, подтверждаемых и научно аргументированных автором.

Во введении рассмотрена актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и направления исследований. Изложены научные положения, вынесенные на защиту, сформулированы научная и практическая значимость работы.

В первой главе критически проанализировано современное состояние технологий извлечения золота и меди из полиметаллического сырья, представлен обзор научно-технических публикаций по теме диссертационной работы, дана краткая характеристика техногенного сырья такого как пиритные огарки и хвосты флотации полиметаллических руд, а также проведен анализ существующих способов их переработки.

Во второй главе представлены результаты опытов по изучению основных физико-химических закономерностей растворения металлических золота и меди при ультранизких концентрациях цианида натрия с применением методики вращающегося диска.

Установлено, что скорость растворения золота характеризуется смешанным типом кинетики. Медь в исследуемом интервале скоростей вращения диска растворяется в диффузионном режиме

Изучена зависимость скорости растворения золота от концентрации цианида натрия. Установлено, что процесс растворения золота при ультранизких концентрациях растворителя лимитируется концентрацией цианида натрия. Автор допускает, что дополнительные затруднения связаны с образованием на поверхности диска пленки $\text{Au}(\text{OH})_3$.

В целом, проведенные на данном этапе исследования позволили сделать вывод, что использование растворов с ультранизкой концентрацией цианида для извлечения золота из медьсодержащего сырья обеспечит повышение селективности растворения золота, позволит существенно сократить расход растворителя и повысить рентабельность технологии.

В третьей главе представлены результаты исследований, проведенных с целью оценки применимости процесса цианирования с ультранизкими концентрациями цианида натрия для извлечения ценных компонентов из техногенных продуктов различного вещественного состава: пиритные огарки и хвосты обогащения (I и II), полученные при флотации полиметаллических руд на предприятиях Российской Федерации.

Из числа рассмотренных объектов в качестве перспективного для разработки рациональной технологии извлечения ценных компонентов из техногенного сырья выбраны хвосты обогащения, полученные при флотации медно-цинковой руды на одном из предприятий Российской Федерации. На основании проведенных опытов выбраны оптимальные условия цианирования.

В четвертой главе приведены результаты исследований по разработке технологии извлечения золота из хвостов обогащения, включающей предварительную отмывку, известковую обработку и цианирование полученного материала, с оптимизацией условий по каждому переделу.

В пятой главе представлены результаты укрупненно-лабораторных испытаний, проведенных на лежалых хвостах обогащения исходной крупности и после бисерного помола до крупности 30 мкм.

В шестой главе приведены результаты опытно-промышленных испытаний технологии цианирования текущих хвостов обогащения, которые были проведены в опытном цехе АО «Покровский рудник» на пробе массой 67 т с содержанием Au – 1,35 г/т.

В седьмой главе приведено описание рекомендованной технологической схемы извлечения золота из лежалых и текущих хвостов обогащения на основе применения ультранизких концентраций цианида натрия, которая включает следующие основные операции: отмывку от растворенных цветных металлов и нейтрализацию кислых растворов (для лежалых хвостов), известково-воздушную обработку и цианирование с применением активного угля, предварительную десорбцию меди из фазы насыщенного сорбента, десорбцию золота, вторичное концентрирование, электролитическое осаждение золота из щелочных элюатов, плавку катодных осадков.

В заключении отмечено, что результаты теоретических исследований позволили сформулировать основы технологии, при использовании которой достигается снижение эксплуатационных затрат, прежде всего снизить удельный расход цианида при заметном увеличении извлечения золота в товарный продукт.

3. Практическая значимость работы.

На основании результатов теоретических исследований разработана технологическая схема извлечения золота из хвостов обогащения полиметаллических руд, обеспечивающая приемлемые показатели извлечения золота и пониженный расход растворителя.

Технология испытана в укрупненно-лабораторных и опытно-промышленных условиях на хвостах обогащения полиметаллических руд.

В результате проведенных испытаний подтверждены экспериментальные данные теоретических и технологических исследований и достигнуты результаты, подтверждающие положительные выводы лабораторных исследований.

На основании полученных данных разработан технологический регламент на переработку хвостов обогащения для технико-экономического обоснования реконструкции обогатительной фабрики, перерабатывающей медно-цинковые руды.

Полученные теоретические и экспериментальные результаты позволили

автору работы определить перспективные направления дальнейших исследований.

4. Обоснованность и достоверность результатов исследований

Достоверность и обоснованность результатов исследований подтверждается применением современного комплекса аттестованных физических (инструментальных) и физико-химических методов анализа; представительностью технологических проб, использованием современного сертифицированного оборудования, методов испытаний и способов измерений; получением большого объёма данных, сопоставимостью итогов лабораторных исследований с результатами опытно-промышленных и промышленных испытаний; сходимостью теоретических и экспериментальных результатов; применением методов математической статистики для обработки экспериментальных данных; экономической рентабельностью новых технологических решений; успешным внедрением (использованием) разработанной технологической схемы в технологическом регламенте предприятия по переработке упорной золотомедной руды.

5. Соответствие диссертации и автореферата требованиям положения о порядке присуждения учёных степеней

Уровень новизны научных положений, сформулированные выводы и рекомендации соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертационным работам. Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований, соответствуют поставленной цели и конкретным задачам и являются новыми научными знаниями по специальности 2.62 — Metallургия черных, цветных и редких металлов.

В диссертации и автореферате содержатся все необходимые материалы для квалификации научной работы, в соответствии с требованиями Положения о присуждении ученых степеней. В работе сформулированы обоснованные технологические решения, выдвигаемые соискателем для публичной защиты, работа прошла необходимую апробацию.

6. Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы

заключается в обосновании цели, задач исследований, а также применяемых методик, выполнении экспериментов по изучению кинетики растворения металлических золота и меди в растворах с ультранизкой концентрацией цианида, изучению основных закономерностей растворения природных медных минералов в растворах с ультранизкой концентрацией лиганда, планировании и проведении лабораторных, укрупненно-лабораторных и опытно-промышленных испытаний технологии переработки хвостов флотации, анализе и обработке полученных результатов, выполнении расчетов, формулировке выводов, а также в подготовке публикаций, написании статей и апробации материалов по теме диссертации на конференциях различного уровня.

8. Оценка содержания диссертации, её завершенности, подтверждение публикаций автора

Материал диссертации имеет логично связанное единство всех разделов, автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

По материалам исследований опубликовано 9 работ, в том числе 4 статьи в

рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации.

При публикации основных научных результатов соискателем соблюдены требования ВАК РФ, изложенные в пунктах 1, 13 и 14 Положения о присуждении ученых степеней. Фактов использования в диссертации заимствованного материала без ссылки на автора или источника заимствования, а также результатов научных работ, выполненных в соавторстве, без ссылки на соавторов не выявлено.

Оформление, форматирование текста автореферата и диссертации отвечают требованиям нормативных документов, в частности, ГОСТ Р 7.0 11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Положительной особенностью работы является достаточно высокий уровень редакторской обработки.

9. Замечания по работе

1. При изучении кинетических особенностей растворения золота в растворах с ультранизкой концентрацией цианистого натрия автор допускает, что причиной затруднений может быть образование на поверхности диска пленки $\text{Au}(\text{OH})_3$.

При окислении золота кислородом золото наиболее вероятно окисляется до степени $\text{Au}(\text{I})$. Кроме того, даже при очень низких концентрациях количество циан-иона в растворе достаточно для растворения гидроксидов и образования цианистых комплексов. Имеются ли инструментальные подтверждения образования пленок $\text{Au}(\text{OH})_3$?

2. Важнейшим результатом цианирования с пониженными концентрациями NaCN является пониженный удельный расход реагента. Не исключаю, что в расчетах данного показателя допускается ошибка. Например (выводы гл.3 диссертации и в других разделах), при $\text{Ж:Т}=1:1$ и концентрации 30 мг/л расход цианида определен как 0,3 кг/т. Даже если весь цианид будет израсходован, без использования в обороте, расход цианида будет на порядок меньше.

3. С чем может быть связан экстремальный характер зависимости извлечения меди от продолжительности выщелачивания (рис. 4.1 диссертации)?

4. Имеется ли понимание причин низкого извлечения золота на стадии укрупненно-лабораторных испытаний? Ведь даже после бисерного измельчения извлечение золота при последующем цианировании возрастает незначимо.

5. Как влияет пониженная концентрация цианида на сорбционное извлечение золота? В частности, чем обусловлено низкое извлечение золота, достигнутое на стадии опытно-промышленных испытаний?

9. Заключение по диссертации

Диссертация **Васильковой Анастасии Олеговны** является законченной научно-квалификационной работой, в которой автором выполнен необходимый объем теоретических и экспериментальных исследований, опытно-промышленных и промышленных испытаний. В диссертации изложены новые научно обоснованные технологические решения, направленные на

повышение эффективности золотосодержащего сырья и основанные на использовании ультразвуковых концентрация цианистых растворов.

Внедрение предложенных в диссертации разработок в практику вносит существенный вклад в развитие золотодобывающей подотрасли цветной металлургии России.

По своему содержанию диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.2. - Металлургия чёрных, цветных и редких металлов; профилю диссертационного совета 24.2.307.1 при ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»; требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертационным работам на соискания учёной степени кандидата наук.

Василькова Анастасия Олеговна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. - Металлургия чёрных, цветных и редких металлов (технические науки).

Кандидат технических наук по специальности
2.6.2 - Металлургия чёрных, цветных и редких
металлов (технические науки),
доцент кафедры «Металлургия цветных металлов»
Уральского Федерального университета
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Лобанов Владимир Геннадьевич
16 мая 2024 г.

620002 Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19,
ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
E-mail: lobanov-vl@yandex.ru, тел. 8 (908) 635-73-29

Я, Лобанов Владимир Геннадьевич, автор отзыва, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Подпись
заверяю



начальник
ОРД УДИОВ
А.М. КОСАЧЕВА