

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Русалева Ростислава Эдуардовича
«Гидрометаллургическая технология переработки Au-Sb сульфидных
концентратов Олимпиадинского месторождения», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов

Диссертационная работа Русалева Р. Э. посвящена разработке технологии переработки золотосурьмяных концентратов Олимпиадинского месторождения с относительно высоким содержанием мышьяка.

Актуальность темы. В представленной работе научно обоснована новая технология переработки золотосурьмяного флотационного концентрата Олимпиадинского месторождения сульфидно-щелочными растворами с получением товарной сурьмы марки Су0 и сульфатно-азотнокислотным вскрытием сульфидных золотосодержащих кеков, утилизацией токсичных отходов в виде стабильных соединений мышьяка и получением нерастворимых остатков, пригодных для извлечения золота традиционными методами.

Апробация работы. По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, которые полностью отражают ее основное содержание, в том числе 7 статей – в рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК и Аттестационным советом УрФУ. **Новизна** полученных данных подтверждена патентом на изобретение.

Во **введении** представлена актуальность работы, обозначены цель и задачи исследования, сформулированы научная новизна и практическая значимость, приведены методология и методы исследования, выносимые на защиту положения, сведения об апробации работы и публикациях.

В **первой главе** приведены количественные индикаторы золотодобывающего и сурьмяного производственных секторов. Приведен обзор способов переработки золотосурьмяных руд, обобщен материал перспективных и существующих технологий вскрытия сульфидной золотоносной матрицы. Проведен анализ известных азотнокислотных технологий, используемых для вскрытия золотосодержащих сульфидных материалов.

Во **второй главе** приведены результаты термодинамических исследований, определены параметры устойчивого существования катионов S^{2-} и необходимое соотношение молярных концентраций Sb и S при сульфидно-щелочном выщелачивания сурьмы. Изучена морфология концентратов и подтверждена упорность сырья, обусловленная ассоциацией

золота с сульфидными минералами. Приведены результаты лабораторных исследований и их математической обработки.

В третьей главе подробно изучены составы, а также размер и морфология кеков сульфидно-щелочного выщелачивания. Рассчитаны значения изменений энергии Гиббса для основных компонентов кеков при температуре 80 °С. Построены диаграммы Пурбэ для изучаемых систем. Приведены результаты лабораторных и укрупненных лабораторных экспериментов по азотнокислотному выщелачиванию декарбонизированного кека, что позволило установить основные параметры процесса, обеспечивающие достаточно полный переход железа и мышьяка в раствор.

В четвертой главе описаны результаты кинетических исследований азотнокислотного выщелачивания железа и мышьяка. С использованием уравнения Ерофеева-Колмогорова определены значения экспериментальной энергии активации и режимы реакций выщелачивания железа и мышьяка из декарбонизированного кека.

Приведены данные микрорентгеноспектрального анализа, в соответствии с которыми на поверхности частиц кека азотнокислотного выщелачивания обнаружены пленки элементной серы.

В пятой главе приведены результаты укрупнённых испытаний и предложена технологическая схема переработки флотационного концентрата Олимпиадинского месторождения. Подтверждены достигнутые при лабораторных экспериментах показатели основных операций технологической схемы. Предложена спецификация основного технологического оборудования.

Предмет научной новизны диссертационной работы. Впервые определены условия сульфидно-щелочного выщелачивания концентратов Олимпиадинского месторождения, при которых удалось минимизировать потери золота с растворами. Изучены и описаны кинетические характеристики процесса азотнокислого вскрытия золотосодержащих компонентов при переработке декарбонизированных кеков.

Практическая значимость работы не вызывает сомнений, поскольку в ходе укрупненных испытаний получены положительные результаты, что подтверждено соответствующим актом. Проведенная автором оценка рентабельности предложенной технологии указывает на её перспективность и возможность проведения опытно-промышленных испытаний.

Выбранные методы исследований и использованные физико-химические методы анализа отвечают поставленным задачам, **достоверность** полученных результатов не вызывает сомнений.

При ознакомлении с диссертацией возникли следующие **вопросы и замечания:**

1. Не приведены капитальные затраты на реализацию технологии, в структуре себестоимости не учтены расходы на амортизацию, ремонт и содержание оборудования, что может сделать предлагаемую технологию убыточной.

2. В аппаратно-технологической схеме (рис. 5.3) и перечне основного оборудования (табл. 5.6) не учтено оборудование для переработки отработанных растворов, а также газоочистное оборудование для улавливание сероводорода при осаждении трисульфида мышьяка

3. Чем обусловлен выбор ионита для сорбции золота Purolite A 500C? Данный сорбент является сильноосновным анионитом, таким образом будет насыщаться в первую очередь макропримесями – ионами S^{2-} , SO_4^{2-} , SO_3^{2-} и т.д., что сделает невозможным извлечение и последующие концентрирование золота в элюате.

4. Стоимость реагента-сульфида натрия представляется заниженной. По опыту АО «Уралэлектромедь» цена и расход данного реагента определяет экономику производства сурьмы. Реальная цена реагента около 50-60 тыс. руб./т, или коло 800 долларов за тонну, против указанных 400 долл/т. При данной стоимости реагента разработанная технология будет иметь отрицательный экономический эффект.

5. Чем обусловлено отличие оптимальных параметров азотнокислого выщелачивания, определенных в главе 3, а именно соотношение Ж:Т=9:1, концентрация азотной кислоты 8 моль/дм³ и предлагаемых при описании технологии в главе 5 (Ж:Т=5:1, концентрация азотной кислоты 5 моль/дм³).

6. Прошу пояснить фразу, употребляемую автором в тексте: «Двухступенчатое азотнокислое выщелачивание, позволяет восстановить Fe (III) до Fe (II) в растворе».

7. Неудачным представляется использование различных размерностей концентраций при установлении закономерностей азотнокислого выщелачивания. Например, в главе 3 автором используются массовые и молярные концентрации, тогда как в главе 4 при установлении лимитирующей стадии процесса азотнокислого выщелачивания массовые доли. При этом влияние 10 % HNO_3 (или 1.8 моль/дм³), изучаемое в главе 4, не исследовано при установлении оптимальных режимов процесса.

Представленные вопросы и замечания не снижают общей научной и практической ценности диссертации, которая характеризуется как самостоятельная и законченная научно-квалификационная работа, **соответствующая специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов**. Автореферат и публикации достаточно **полно** отражают содержание диссертационной работы.

Считаю, что диссертационная работа Русалева Р. Э. **соответствует** требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», а ее автор, Русалев Ростислав Эдуардович, **заслуживает** присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Кандидат технических наук,
начальник технического отдела
инженерно-производственного
управления
АО «Уралэлектромедь»

Тимофеев
Константин
Леонидович

«21» 03 2021 г.

Почтовый адрес: 624091, Россия, Свердловская обл., г. Верхняя Пышма, Успенский проспект, д. 1, АО «Уралэлектромедь»

телефон: +7 (34368) 4-71-87

адрес электронной почты: k.timofeev@elem.ru

Подпись Тимофеева К. Л. заверяю:

Заместитель начальника отдела кадров
АО «Уралэлектромедь»

Шарипова Н. Л.