

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Бадалова Джамолиддина Нурдиновича «Технологические основы комбинированной переработки свинцово-цинковых руд месторождения Зарнисор»**, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 – **Технология неорганических веществ** (технические науки).

Актуальность избранной темы диссертационного исследования

Диссертационная работа Бадалова Дж.Н. посвящена обоснованию комбинированной технологии переработки свинцово-цинковых руд месторождения «Зарнисор», основанной на флотационном обогащении и последующем азотнокислотном выщелачивании полученного концентрата. В работе также отдельно исследована возможность гравитационного обогащения руды в тяжёлых средах. Таджикистан обладает значительными запасами свинцово-цинкового сырья, сосредоточенными главным образом в Карамазорском рудном районе, при этом руды месторождения Зарнисор характеризуются сложным вещественным составом, тонкой и неравномерной сульфидной минерализацией и высоким содержанием кварца и углистого вещества, что существенно затрудняет их обогащение традиционными методами и приводит к повышенным потерям ценных компонентов.

В этих условиях разработка технологических решений, обеспечивающих более полное раскрытие сульфидных минералов при измельчении, повышение селективности флотационного разделения свинца и цинка и максимальное извлечение металлов из концентрата гидрометаллургическим путём, является актуальной научно-технической задачей, имеющей практическое значение для горно-металлургической отрасли Республики Таджикистан.

Диссертация соответствует современным мировым тенденциям перехода к комбинированным схемам переработки полиметаллического сырья, сочетающим методы обогащения и гидрометаллургии, направленным на

повышение комплексности использования минерального сырья и снижение объёма отходов.

Целью диссертационной работы является разработка и технологическое обоснование комбинированной технологии переработки свинцово-цинковых руд месторождения «Зарнисор», основанной на флотационном обогащении и последующем азотнокислотном выщелачивании полученного концентрата, направленной на повышение извлечения свинца и цинка.

Научная новизна работы

Научная новизна работы состоит в установлении технологических закономерностей переработки свинцово-цинковой руды месторождения «Зарнисор».

1. Установлены физико-технологические закономерности повышения эффективности флотационного обогащения за счёт формирования требуемой степени измельчения пульпы; показана эффективность двухстадиального измельчения с применением гидроциклона при содержании класса $-0,074$ мм до 75 %.

2. Исследованы технологические особенности гравитационного обогащения руды месторождения «Зарнисор» в тяжёлых средах и определены рациональные условия выделения тяжёлой фракции.

3. Установлены закономерности азотнокислотного выщелачивания свинцово-цинкового концентрата, определены рациональные условия растворения металлов и выявлены особенности поведения сопутствующих минералов.

4. Определены термодинамические и кинетические параметры процессов растворения свинца и цинка, выявлены лимитирующие стадии и механизмы выщелачивания, что позволило обосновать рациональные режимы гидрометаллургической переработки концентрата.

Практическая значимость работы

Практическая значимость работы заключается в разработке рациональных режимов подготовки и обогащения свинцово-цинковой руды,

а также условий азотнокислотного выщелачивания полученного концентрата. Практическая ценность разработанных решений подтверждена опытно-промышленными испытаниями на ООО «Таджикско-Китайская горнопромышленная компания», в результате которых достигнута степень извлечения свинца 89,6 % и цинка 88,6 %. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании технологий переработки свинцово-цинкового сырья.

Степень обоснованности научных положений и выводов

Обоснованность научных положений и выводов подтверждается совокупностью экспериментальных данных, полученных с применением современных методов физико-химического анализа и технологических исследований.

Экспериментально подтверждена схема прямой селективной флотации свинцово-цинковой руды с депрессией цинковых минералов в свинцовом цикле сочетанием сульфита натрия и цинкового купороса, обеспечивающая получение свинцового концентрата с содержанием свинца 66,31 % и цинкового концентрата с содержанием цинка 56,26 %.

Для азотнокислотного выщелачивания определены оптимальные технологические параметры: температура 80 °С, продолжительность 120 мин, концентрация HNO_3 400 г/дм³ и отношение Т:Ж = 1:5. При указанных условиях извлечение свинца достигает 95 %, а цинка – 90 %.

Термодинамические и кинетические исследования позволили определить основные параметры процесса; кажущаяся энергия активации составляет 32,64 кДж/моль. На основе полученных данных разработана математическая модель процесса выщелачивания.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Диссертационная работа Бадалова Дж.Н. «Технологические основы комбинированной переработки свинцово-цинковых руд месторождения Зарнисор» состоит из введения, трёх глав, основных результатов и выводов, списка использованной литературы и приложения. Работа изложена на 141

странице компьютерного набора, включает 23 таблицы, 20 рисунков, 121 библиографическое наименование.

Первая глава диссертации посвящена обзору литературы по технологиям обогащения и переработки свинцово-цинковых руд. Диссертант рассмотрел известные способы обогащения в тяжёлых средах, флотационные и гидрометаллургические способы переработки сульфидного сырья, а также геолого-минералогические особенности месторождения Зарнисор.

Вторая глава работы посвящена изучению вещественного состава руды: приведена минералого-химическая характеристика руды месторождения «Зарнисор», исследовано распределение металлов по классам крупности и измельчаемость пробы, а также приведены результаты предварительного гравитационного обогащения руды в тяжёлых суспензиях.

Третья глава диссертации посвящена результатам экспериментальных исследований по переработке свинцово-цинковых руд методом селективной флотации, данным рентгенофазового анализа руды и продуктов её обогащения, а также исследованию термодинамики и кинетики процесса азотнокислотного разложения концентрата. Глава завершается разработкой рекомендуемой технологической схемы переработки руды и обобщением результатов исследований.

Полученные результаты позволили диссертанту получить малый патент Республики Таджикистан и оформить акт внедрения технологии в производство.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и практических рекомендаций

Достоверность результатов не вызывает сомнений, т.к. использование в работе современных методов и приборов (рентгенофазовый анализ на дифрактометре «Дрон-3», атомно-абсорбционный анализ на приборе AAnalyst 300) обеспечило надёжность и достоверность полученных автором экспериментальных результатов. Практическая значимость разработанных решений подтверждена результатами опытно-промышленных испытаний на ООО «Таджикско-Китайская горнопромышленная компания» а также

получением малого патента Республики Таджикистан № TJ 1131. Выводы следуют из полученного экспериментального материала, вполне обоснованы и хорошо отражают научную и практическую значимость диссертации, что даёт основание говорить об обоснованности формулируемых диссертантом защищаемых положений.

***Заключение о соответствии диссертации и автореферата
требованиям, установленным Положением о порядке присуждения
учёных степеней***

Диссертационная работа Бадалова Джамолиддина Нурдиновича «Технологические основы комбинированной переработки свинцово-цинковых руд месторождения Зарнисор» является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной автором на высоком научном уровне. Полученные результаты достоверны, выводы обоснованы. Диссертационная работа написана доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена. По актуальности, поставленным целям и задачам, объёму проведённых исследований, новизне полученных результатов, их научной и практической значимости диссертационная работа соответствует требованиям п. 1, п. 2, п. 3, п. 4, и п. 6 «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертационной работы. Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу».

***Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы,
репрезентативность материала, полученных в результате проведённых
экспериментальных исследований***

Все этапы работы – от постановки задач и выбора методов исследования до обработки экспериментальных данных и их интерпретации – выполнены соискателем самостоятельно при научно-методическом сопровождении научного руководителя и обсуждении основных результатов исследования.

Основное содержание диссертации достаточно полно отражено в 21 публикации, их список приведён в автореферате, который по своей структуре соответствует положениям диссертации.

По представленной диссертационной работе имеются следующие замечания и пожелания:

1. С какой целью в предложенной схеме флотации хвосты второй контрольной свинцовой флотации направляются непосредственно на основную флотацию цинка, минуя стадию отдельного кондиционирования пульпы.

2. В работе целесообразно было бы более подробно оценить влияние плотности тяжёлой среды на выход, содержание и извлечение свинца и цинка в тяжёлую фракцию, что позволило бы полнее обосновать выбор оптимального режима предварительного гравитационного обогащения.

3. Представляло бы научный и практический интерес проведение сравнительной оценки азотнокислотного и сернокислотного выщелачивания свинцово-цинкового концентрата с целью дополнительного обоснования выбора азотной кислоты в разработанной технологической схеме.

4. Отдельные иллюстрации и таблицы на страницах 31, 69 и 83 диссертации могли бы быть оформлены более единообразно, что является замечанием чисто технического характера.

5. В разделе 3.4 диссертант, определив по уравнению Аррениуса единственное значение кажущейся энергии активации (32,64 кДж/моль), делает вывод о протекании процесса выщелачивания в диффузионно-кинетической области; было бы полезно подтвердить данный вывод дополнительными опытами (например, по влиянию скорости перемешивания или крупности частиц концентрата на степень извлечения металлов).

6. В качестве пожелания можно отметить целесообразность более подробного представления отдельных практических рекомендаций по дальнейшему использованию результатов работы.

Отмеченные замечания нисколько не умаляют достоинства диссертационной работы Бадалова Дж.Н. «Технологические основы комбинированной переработки свинцово-цинковых руд месторождения Зарнисор», которая выполнена с применением современных физико-химических методов исследования и свидетельствует о достаточно высоком уровне научной подготовки соискателя. Результаты работы доложены и обсуждены на многочисленных республиканских и международных конференциях.

Заключение

В целом, диссертационная работа Бадалова Дж. Н. «Технологические основы комбинированной переработки свинцово-цинковых руд месторождения Зарнисор» является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне. По актуальности, объёму выполненных исследований, научной новизне и практической значимости работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Таким образом, диссертант Бадалов Джамолиддин Нурдинович за разработку технологических основ комбинированной переработки свинцово-цинковых руд месторождения Зарнисор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 – Технология неорганических веществ (технические науки).

Официальный оппонент,

Доктор химических наук,
директор филиала Агентства по химической,
биологической, радиационной и ядерной безопасности
Национальной академии наук Таджикистана в Хатлонской области
_____ Курбонов Амиршоҳ Сохибназарович

Адрес: 234025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки 33а
E-mail: amirshok77@mail.ru
Телефон: (+992) 90 7818283

Подпись Курбонова А.С. заверяю:
Начальник ОК АХБРЯБ НАНТ

Шосафарова Ш.

10. августа 2026 г.