

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Государственного учреждения
«Научно-исследовательский институт металлургии»,
открытого акционерного общества «Таджикская
Алюминиевая Компания», доктор технических наук

 Наимов Н.А.

август 2026 г.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу **Бадалова Джамолиддина Нурдиновича** на тему: **«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 темы исследования. Свинец и цинк остаются одними из наиболее востребованных цветных металлов, применяемых в аккумуляторной промышленности, кабельном производстве, машиностроении и металлургии сплавов. Республика Таджикистан располагает значительной минерально-сырьевой базой свинцово-цинковых руд, сосредоточенной преимущественно в Карамазорском рудном районе Северного Таджикистана, где выявлено около 200 проявлений и признаков оруденения и на государственном балансе числится 24 месторождения полиметаллических руд.

Месторождение Зарнисор занимает среди них особое место: на его долю приходится более 40 % разведанных запасов свинцово-цинковых руд республики, а по запасам свинца и цинка оно входит в число лидеров Центральной Азии. Вместе с тем руда месторождения характеризуется тонкой и неравномерной вкрапленностью сульфидных минералов, многообразием их сростков с нерудными компонентами и повышенным содержанием кварца и углистого вещества, что существенно затрудняет её обогащение традиционными флотационными методами и приводит к повышенным потерям металлов в хвостах.

В этой связи разработка комбинированной технологии, сочетающей предварительное гравитационное и флотационное обогащение с последующей гидрометаллургической доработкой концентрата, направленной на повышение комплексности использования сырья и извлечения ценных компонентов, представляется весьма актуальной задачей, имеющей как научное, так и важное народнохозяйственное значение для Республики Таджикистан.

Структура и содержание работы

Диссертация имеет чёткую и логичную структуру: включает введение, три главы, основные результаты и выводы, список использованной литературы и приложение. Работа изложена на 141 странице машинописного текста, содержит 23 таблицы, 20 рисунков, список литературы из 121 наименования.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен аналитический обзор современного состояния технологий обогащения и переработки свинцово-цинковых руд, приведена геолого-минералогическая характеристика месторождения Зарнисор, рассмотрены методы обогащения в тяжёлых средах, флотационные и гидрометаллургические способы переработки сульфидного сырья. На основе анализа литературы сформулированы направления и задачи собственных исследований автора.

Во второй главе приведены результаты минералогического и химического анализа руды, изучено распределение металлов по классам крупности, исследована измельчаемость пробы, а также изложены результаты предварительного обогащения руды гравитационным методом (в тяжёлых суспензиях) с целью удаления пустой породы перед флотацией.

В третьей главе изложены результаты исследования селективной флотации свинцово-цинковых руд, данные рентгенофазового анализа продуктов обогащения, а также результаты изучения термодинамики, кинетики и математического моделирования процесса азотнокислотного

выщелачивания свинцово-цинкового концентрата. На основании выполненных исследований предложена рекомендуемая технологическая схема комбинированной переработки руды месторождения Зарнисор.

Степень разработанности проблемы и постановка цели

В первой главе диссертации показано, что к моменту начала исследования отсутствовали публикации, содержащие сведения о комбинированной переработке руд Зарнисорского месторождения с сочетанием флотационного обогащения и азотнокислотного выщелачивания концентрата, что подтверждает обоснованность выбора темы и её научную новизну.

Цель работы – обоснование технологии переработки свинцово-цинковых руд месторождения Зарнисор, основанной на последовательном применении флотационного обогащения и азотнокислотного выщелачивания концентрата, с целью максимизации извлечения свинца и цинка – конкретизирована в комплекс взаимосвязанных задач: изучение минералогического и химического состава руды; исследование гравитационного и флотационного методов обогащения; подбор реагентного режима селективной флотации; установление физико-химических, термодинамических и кинетических закономерностей азотнокислотного разложения концентрата; разработку математической модели процесса; разработку принципиальной технологической схемы переработки руды.

Постановка цели и задач представляется корректной, логически связанной и соответствующей требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Научная новизна и её обоснованность

В диссертации получен ряд новых научных результатов, в том числе:

– установлены физико-технологические закономерности повышения эффективности флотационного обогащения свинцово-цинковых руд за счёт увеличения содержания класса $-0,074$ мм до 75 % в пульпе на основе двухстадиального измельчения с применением гидроциклона, обеспечивающего более полное раскрытие галенита и сфалерита;

– исследованы технологические особенности поведения руды месторождения Зарнисор при гравитационном обогащении в тяжёлых средах, позволившие обосновать целесообразность предварительного удаления кварца и углистого вещества перед флотацией;

– установлены закономерности азотнокислотного выщелачивания свинцово-цинкового концентрата, определены оптимальные условия растворения металлов;

– определены термодинамические и кинетические параметры процесса выщелачивания (кажущаяся энергия активации 32,64 кДж/моль), выявлена диффузионно-кинетическая область протекания процесса, разработана математическая модель, связывающая степень извлечения свинца и цинка с основными технологическими параметрами.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретические результаты работы внедрены в учебный процесс кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Горно-металлургического института Таджикистана и используются при чтении лекций, проведении лабораторных работ и написании студенческих научных работ.

Практическая значимость подтверждается:

– разработкой рациональных режимов флотационного обогащения свинцово-цинковых руд Зарнисорского месторождения, обеспечивающих получение свинцового концентрата с содержанием Pb до 66,31 % при извлечении 89,65 % и цинкового концентрата с содержанием Zn до 56,26 % при извлечении 88,6 %;

– установлением оптимальных условий азотнокислотного выщелачивания свинцово-цинкового концентрата, обеспечивающих извлечение свинца до 95 % и цинка до 90 %;

– проведением опытно-промышленных испытаний на ООО «Таджикско-Китайская горнопромышленная компания», подтвердивших достигнутые показатели извлечения свинца 89,65 % и цинка 88,6 %;

– получением малого патента Республики Таджикистан № TJ 1131 на способ флотационного обогащения свинцово-цинковой руды и оформлением акта внедрения результатов исследования.

Отдельно следует отметить значение диссертационной работы для более полного и комплексного вовлечения минерально-сырьевой базы Таджикистана в промышленную переработку и для развития отечественной гидрометаллургии свинца и цинка.

Научный вклад соискателя

По результатам исследований опубликовано 21 научная работа, из них 3 статьи – в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Министерства высшего образования и науки Российской Федерации, 18 работ – в материалах международных и республиканских конференций. Получен малый патент Республики Таджикистан № TJ 1131, на основании которого оформлен акт внедрения результатов исследования в производство. Вклад автора заключается в анализе литературы по теме исследования, планировании и проведении экспериментальных исследований, обработке и интерпретации полученных данных, самостоятельной формулировке основных положений, выводов и научных результатов диссертации.

Материалы диссертации докладывались и обсуждались на международных и республиканских научных конференциях, что свидетельствует о достаточно высоком уровне апробации работы. Материал диссертации логично и последовательно изложен, хорошо иллюстрирован, выводы в целом достаточно обоснованы.

Сформулированные выводы и опубликованные научные статьи автора соответствуют паспорту специальности 2.6.7 – Технология неорганических веществ (технические науки) по пунктам 1, 2, 3, 4 и 6, а также требованиям ВАК Российской Федерации.

Достоверность и обоснованность результатов

Достоверность полученных результатов обеспечивается:

– использованием современных методов исследования рентгенофазового

анализа (дифрактометр «Дрон-3»), атомно-абсорбционного анализа (AAnalyst 300), минералогической микроскопии;

– большим объёмом выполненных лабораторных экспериментов по обогащению и выщелачиванию с систематическим варьированием технологических параметров;

– согласованностью экспериментальных и расчётных данных математической модели процесса азотнокислотного выщелачивания;

– подтверждением лабораторных результатов данными опытно-промышленных испытаний на ООО «Таджикско-Китайская горнопромышленная компания»;

– апробацией результатов на международных и республиканских конференциях и их публикацией, в том числе в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК.

Всё это позволяет считать выводы диссертации убедительными и достоверными.

Рекомендации по использованию результатов исследования

Результаты исследования, приведённые в диссертационной работе Бадалова Дж.Н., могут быть использованы предприятиями горно-металлургического комплекса Республики Таджикистан, занимающимися переработкой полиметаллических руд, а также вузами горно-металлургического и химического профилей в учебном процессе.

Общие замечания по диссертационной работе и автореферату

При всех несомненных достоинствах диссертационной работы следует отметить ряд замечаний, носящих в основном уточняющий и рекомендательный характер:

1. Поскольку исходная руда содержит небольшие количества золота, серебра и кадмия, в дальнейших исследованиях автора представляло бы интерес рассмотреть возможные пути их попутного извлечения в рамках предложенной схемы.

2. В работе использованы гравитационный и флотационный методы обогащения свинцово-цинковой руды; не рассмотрена возможность

применения магнитного метода обогащения с учётом вещественного и минералогического состава руды месторождения «Зарнисор».

3. В диссертации можно было бы несколько подробнее осветить вопрос дальнейшего использования кека азотнокислотного выщелачивания и хвостов флотации, что дополнительно подчеркнуло бы экологическую составляющую предложенной технологии.

4. Представляется целесообразным в дальнейшем детализировать вопросы масштабирования разработанной технологии до промышленного уровня, включая выбор аппаратного оформления процесса азотнокислотного выщелачивания и коррозионную стойкость применяемого оборудования в кислой среде.

5. На принципиальной технологической схеме (рис. 3.7.1 стр. 120 диссертации) целесообразно было бы более подробно отразить дальнейший маршрут переработки цинкового концентрата, наряду с уже детально представленным маршрутом свинцового концентрата.

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от работы и носят характер пожеланий автору на будущее.

Заключение

Диссертация Бадалова Джамолиддина Нурдиновича «Технологические основы комбинированной переработки свинцово-цинковых руд месторождения Зарнисор» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача обоснования технологии комбинированной переработки свинцово-цинковых руд месторождения Зарнисор, обеспечивающей повышение извлечения свинца и цинка.

По своему содержанию, уровню научной новизны и практической значимости, а также по объёму выполненных соискателем исследований диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 2.6.7 – «Технология неорганических веществ». Она соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого ВАК Министерства высшего

образования и науки Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук.

Результаты, опубликованные в рецензируемых научных журналах, вполне отражают содержание работы. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Автор диссертации Бадалов Джамолиддин Нурдинович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 – Технология неорганических веществ (технические науки).

Отзыв заслушан и утверждён на заседании Государственного учреждения «Научно-исследовательский институт металлургии» открытого акционерного общества «Таджикская Алюминиевая Компания» (11 августа 2026 г., протокол № 11).

Председатель заседания:

Директор ГУ «НИИМ»

ОАО «ТАЛКО», д.т.н.



Наимов Н.А.

Эксперт:

Замдиректора по научной работе

ГУ «НИИМ» ОАО «ТАЛКО», д.т.н.



Муродиён А.Ш.

Секретарь заседания:

Учёный секретарь ГУ «НИИМ»

ОАО «ТАЛКО», к.т.н.



Хамраев Н.Х.

Адрес: 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Х. Хакимзаде, 17.

E-mail: inmet.talco@mail.ru Телефон: (+992) 37 224 26 20, 44 600 39 01

Подлинность подписей д.т.н, Наимова Н.А., д.т.н, Муродиёна А.Ш. и к.т.н, Хамраева Н.Х. **заверяю:**

Заведующий сектором научно-технического
сотрудничества и учёта кадров

ГУ «НИИМ» ОАО «ТАЛКО»



Шарипов З.Х.