

Утверждаю

Проректор по научной работе и
инновационной деятельности ФГБОУ



ВО «Южно-Российский
государственный политехнический
университет (НПИ) имени

М.И. Платова», к.т.н., доцент

Пузин В.С.

« 01 » 09 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации по диссертационной работе Ермухановой Светланы Тасболатовны, выполненной на тему: «Технология переработки металлургических отходов в соединения цинка» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ

Диссертационное исследование Ермухановой С.Т. посвящено разработке технологических процессов получения неорганических продуктов путем переработки отходов металлургического производства: оксида цинка и шлака латуни и бронзы в соединения цинка. Диссертация включает введение, 4 главы, заключение, список литературы. Работа изложена на 135 страницах, содержит 48 рисунков, 21 таблицу, 95 библиографических ссылок.

Актуальность темы

Сокращение природных ресурсов требует перехода на вторичные источники сырья и применения технологий с минимальными отходами. Это предполагает рациональное использование всех составляющих сырья в рамках замкнутого производственного цикла. Путем усовершенствования методов комплексной и глубокой переработки как минеральных, так и техногенных ресурсов можно достичь желаемой цели. В России несколько десятков предприятий получают отходы, содержащие соединения цинка и меди. Эти отходы способны нанести большой экологический ущерб. В данной работе показана возможность переработки цинк- и медьсодержащих отходов в востребованные неорганические продукты, предложена технология их переработки. Это подтверждает актуальность данной работы.

Новизна исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации .

В работе Ермухановой С.Т. установлены эффективные технологические параметры извлечения соединений цинка из отходов производства в виде моногидрата сульфата цинка, определены рациональные режимы процесса, обеспечивающие высокую эффективность извлечения.

Существенным научным результатом является установление оптимальных условий горячего сернокислотного выщелачивания шлаков производства латуни и бронзы в присутствии пероксида водорода. Показано, что применение разработанных режимов обеспечивает высокую степень извлечения меди и цинка в раствор сульфатов, при этом степень извлечения меди достигает 84 %. Автором также определены оптимальные параметры холодного сернокислотного выщелачивания шлаков производства латуни и бронзы, позволяющие проводить процесс при комнатной температуре с удовлетворительными показателями извлечения металлов, что представляет практический интерес с точки зрения снижения энергетических затрат.

Установлены новые закономерности сернокислотного выщелачивания цинксодержащих отходов и шлаков цветной металлургии, определены рациональные технологические параметры процессов извлечения цинка и меди, а также получены новые данные о тепловых характеристиках исследуемых процессов. Полученные результаты обладают научной и практической значимостью и могут служить основой для создания эффективных ресурсосберегающих технологий комплексной переработки металлургических отходов в востребованные неорганические продукты.

Значимость результатов для науки и практики

Результаты диссертационной работы имеют существенную научную и практическую значимость для развития технологий комплексной переработки цинксодержащих металлургических отходов в неорганические продукты и вовлечения их в хозяйственный оборот в качестве вторичных сырьевых ресурсов.

Практическая значимость работы заключается в разработке эффективной технологии переработки отходов производства оксида цинка с получением моногидрата сульфата цинка, представляющего собой востребованный продукт, используемый в различных отраслях промышленности. Разработанная технология позволяет повысить степень использования цинксодержащего сырья и снизить объемы накопления металлургических отходов.

Важным практическим результатом является разработка лабораторного регламента получения моногидрата сульфата цинка из отходов производства оксида цинка, а также обоснование оптимальных технологических режимов процесса, что создает предпосылки для дальнейшего масштабирования технологии и ее промышленного внедрения.

Предложенные автором методики получения соединений цинка и меди с использованием технологий «горячего» и «холодного» выщелачивания могут быть использованы при разработке технологических схем переработки шлаков производств латуни и бронзы, а также при проведении научно-исследовательских и опытно-технологических работ в области переработки техногенного сырья.

Практическое внедрение результатов диссертационной работы будет способствовать снижению экологической нагрузки за счет сокращения объемов складированных металлургических отходов, уменьшения загрязнения окружающей среды и более рационального использования природных ресурсов.

Диссертационная работа соответствует приоритетам и перспективам научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента РФ от 28 февраля 2024 г. № 145): переход к передовым технологиям проектирования и создания высокотехнологической продукции, основанным на применении новых материалов и химических соединений.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные результаты представляют интерес для предприятий цветной металлургии, научно-исследовательских организаций и проектных институтов, занимающихся разработкой ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий переработки техногенного сырья. Результаты диссертационного исследования Ермухановой С.Т. могут быть использованы предприятиями АО «Западно-Казахстанская машиностроительная компания» (Республика Казахстан, ЗКО, г. Уральск), ООО «Утилизация отходов» (г. Ростов-на-Дону), и др., специализирующимися в процессах переработки металлических отходов, а также вузами, готовящими специалистов по химической технологии: ЗКАТУ имени Жангир хана (Республика Казахстан, г. Уральск), РХТУ им. Д.И. Менделеева (г. Москва), КНИТУ (г. Казань), СПГТИ(ТУ) (г. Санкт-Петербург), ИГХТУ (г. Иваново) и др.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Достоверность результатов и обоснованность выводов диссертации подтверждены использованием комплекса стандартных современных инструментальных методов исследования, а также воспроизводимостью экспериментальных данных, проверкой их при практической реализации, публикациями основных положений диссертации в рецензируемых научных изданиях, обсуждением на конференциях различного уровня.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению

Диссертационное исследование Ермухановой С.Т. представляет собой завершенную работу и оставляет благоприятное впечатление своей завершенностью, обоснованием и обсуждением результатов, возможностью использования этих результатов для разработки технологий, большим объемом проведенных исследований.

В работе представлены результаты экспериментальных исследований процессов сернокислотного выщелачивания отходов производства цинка, латуни и бронзы, определены оптимальные технологические параметры получения моногидрата сульфата цинка, раствора сульфата цинка и металлической меди. Научно обоснованы режимы «горячего» и «холодного» выщелачивания, рассчитаны температурные градиенты исследуемых процессов, разработаны лабораторные методики и технологические схемы переработки техногенного сырья. Практическая ценность работы подтверждается высокой степенью извлечения целевых компонентов, получением продуктов высокой чистоты и возможностью использования полученных растворов в качестве электролитов для процессов электролитического меднения.

На основании результатов экспериментальных исследований установлены закономерности влияния концентрации серной кислоты, температуры и продолжительности процесса на извлечение моногидрата сульфата цинка из отходов производства цинка и оксида цинка. Показано, что максимальный выход продукта высокой степени чистоты достигается при температуре 70–90 °С, концентрации серной кислоты 25 % (мас.) и времени реакции 10 мин. Полученные результаты подтверждают эффективность разработанного способа переработки техногенного сырья и возможность его практического применения.

Разработан и научно обоснован способ переработки отходов производства бронзы и латуни по технологии «горячего выщелачивания», включающий прокаливание шлаков при 600 °С, последующее сернокислотное

выщелачивание и осаждение железа раствором пероксида водорода. Предложенный технологический режим обеспечивает селективное получение раствора сульфата цинка и металлической меди. Установлено, что степень извлечения меди достигает 84 % для бронзовых и 81 % для латунных шлаков.

Определены оптимальные параметры технологии «холодного выщелачивания» шлаков производства бронзы и латуни. Установлено, что при температуре 20 °С, концентрации серной кислоты 0,5 М и продолжительности процесса 40 мин обеспечивается эффективное извлечение цинка в раствор сульфата при одновременном выделении металлической меди. Степень извлечения меди составляет 58 % для бронзовых и 66 % для латунных шлаков.

На основании термодинамических расчетов определены температурные градиенты реакций взаимодействия серной кислоты с цинксодержащими отходами. Установлено, что при использовании 25 %-ной серной кислоты значения температурных градиентов находятся в пределах 172–510 град/кг, что позволяет оценивать тепловые эффекты процесса и использовать полученные данные при проектировании технологических режимов переработки.

Разработаны лабораторные методы и принципиальные технологические схемы получения соединений цинка и меди с применением технологий «горячего» и «холодного» сернокислотного выщелачивания шлаков латуни и бронзы. Установлено, что полученный фильтрат содержит 309,4 г/л CuSO_4 , 352,5 г/л ZnSO_4 и 54,4 г/л H_2SO_4 . Показано, что состав полученного электролита соответствует требованиям стандартных электролитов для меднения, что позволяет использовать его как для нанесения медных покрытий, так и для электрохимического получения металлической меди.

Показано, что полученный из техногенных отходов моногидрат сульфата цинка обладает высоким потенциалом практического применения в сельском хозяйстве, химической промышленности, производстве аккумуляторов, металлургии и медицине. Предлагаемые технологические решения обеспечивают комплексную переработку отходов, способствуют снижению экологической нагрузки и расширению сырьевой базы цветной металлургии. Дальнейшее совершенствование технологии целесообразно направить на повышение степени очистки продуктов и эффективности переработки техногенного сырья.

Замечания по содержанию и оформлению работы.

1. Глава 1 и глава 2 представляют собой обзор опубликованных работ по теме исследования. Не понятно, с какой целью автор разделила аналитический обзор опубликованных работ на две главы. После литературного обзора

опубликованных источников (глава 1) приведено перечисление основных моментов, отраженных в главе, а следовало сделать вывод, какие имеются недостатки у существующих методов получения заданного материала, что необходимо разработать для выбранной тематики.

2. На стр. 61 приводится сравнение скорости реакции растворения соединений цинка в серной кислоте, при этом сравнивается скорость растворения цинковой пыли (это тонкодисперсный металлический порошок, содержащий 95-98% металлического цинка) и образцов, содержащих оксид цинка. Необходимо обосновать такое сравнение.

3. Учитывалось ли влияние дисперсности твердых материалов на скорость растворения? На стр. 62 указано, что «скорость растворения зависит от площади поверхности реагирующих частиц, поэтому исходное сырье заранее измельчают в мельницах». Однако, не приведено никаких количественных характеристик.

4. На рис. 25, 27 (стр. 81-82) не понятно, какому веществу принадлежат приведенные пики.

5. Стр. 64: вывод о чистоте полученного продукта делается только на основании данных рентгенофазового анализа. Однако этот метод не позволяет определить примеси в количестве до 5 % (масс.).

6. В главе 4 приведены разработанные схемы получения сульфатов цинка и меди (II). Следовало указать преимущества предложенных технологических решений по сравнению с существующими.

7. Замечания по оформлению:

- отсутствует указание погрешности измерений на рисунках;
- обозначение (1.1) относится к формуле для расчета количества сульфата цинка (стр. 13) и к уравнению на стр. 18;
- в тексте диссертации встречается использование устаревших терминов, например: «иодистый калий» вместо «иодид калия» (стр. 41), «едкий натр» вместо «гидроксид натрия» (стр. 43), «перекись водорода» вместо «пероксид водорода» (стр. 62);
- повтор фразы (стр. 63);
- рис. 23 (стр. 81) плохо читается;
- по тексту диссертации встречаются пунктуационные, стилистические ошибки.

Однако сделанные замечания незначительно снижают ценность работы, которая соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Основные результаты работы доложены и обсуждены на различных международных и всероссийских конференциях.

По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ, в том числе 3 статьи в журналах 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, 11 публикаций в сборниках материалов конференций различного уровня и других изданиях. Содержание диссертационного исследования достаточно полно освещено в представленных автором публикациях.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Ермухановой Светланы Тасболатовны «Технология переработки металлургических отходов в соединения цинка» соответствует пункту № 1 направлений исследований научной специальности 2.6.7. «Технология неорганических веществ» – «Технологические процессы получения неорганических продуктов: соли, кислоты и щелочи, минеральные удобрения, изотопы и высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты», пункту № 5 направлений исследований – «Экологические проблемы создания неорганических материалов и изделий на их основе. Способы и последовательность технологических операций и процессов защиты окружающей среды от выбросов неорганических веществ».

Диссертация Ермухановой Светланы Тасболатовны «Технология переработки металлургических отходов в соединения цинка» является законченной научно-квалификационной работой на актуальную тему, соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции), в том числе пунктам 9-11, 13, 14. В работе изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения и разработки технологии переработки металлургических отходов в соединения цинка, имеющие существенное значение для развития химической отрасли страны.

Соискатель Ермуханова Светлана Тасболатовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ.

Диссертация и автореферат рассмотрены и отзыв утвержден на расширенном заседании кафедры «Экология и промышленная безопасность» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (ЮРГПУ (НПИ), протокол № 3 от 01.09.2026 г.

Отзыв составили:

заведующий кафедрой
«Экология и промышленная
безопасность» ЮРГПУ (НПИ),
доктор технических наук
(научная специальность
05.17.01 – Технология
неорганических веществ),
профессор

Шабельская Нина Петровна

доцент кафедры «Экология и
промышленная безопасность»
ЮРГПУ (НПИ), кандидат
технических наук (научная
специальность 2.6.7.
Технология неорганических
веществ)

Меденников Олег Александрович

Подписи Шабельской И.П. Меденникова О.А. заверяю

Ученый секретарь
ученого совета ЮРГПУ (НПИ)



Н.Н. Холодкова

01.09.2026г.

Сведения о ведущей организации:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (ЮРГПУ (НПИ)).

Почтовый адрес: 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения д. 132, официальный сайт в сети Интернет: <https://www.npi-tu.ru>, эл. почта: e_yatsenko@mail.ru, телефон: +7 (863) 525-51-60.

Вход № 05-9171
«25» 09 2026г.
подпись