

Письменный отзыв официального рецензента на диссертационную работу
Утегеновой Меруерт Еркиновны
на тему

**«Переработка металлургических шлаков свинцового и медного производств
в условиях перехода к устойчивому развитию металлургической отрасли»**
на соискание степени доктора философии (PhD)
по образовательной программе 8D07202 – «Металлургия»

№ п/п	Критерии	Соответствие критерии (необходимо отметить один из вариантов ответов)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) Соответствует направлениям развития науки или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: <u>1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета</u> 2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы) 3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно- технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)	Диссертационная работа выполнена в рамках приоритетных направлений развития науки Республики Казахстан - «рациональное использование природных ресурсов, в том числе водных ресурсов, геология, переработка, новые материалы и технологии, безопасные изделия и конструкции». Исследования, приведенные в настоящей диссертации, были выполнены в рамках следующих проектов, финансируемых Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан: - грантовое финансирование научных исследований AP05134733 «Разработка технологии получения новых керамических материалов на основе отечественного природного сырья и техногенных отходов металлургических предприятий Казахстана» на 2018 – 2020 годы; - грантовое финансирование молодых ученых «Жас ғалым» AP22682987 «Разработка цифрового производства передовых керамических материалов, синтезированных из природного сырья и полупродуктов цветной металлургии» на 2024 – 2026 годы
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо</u> <u>раскрыта</u> /не раскрыта	Результаты, полученные в ходе диссертационной работы, оказывают значительное влияние на развитие технологий переработки металлургических шлаков свинцового и медного производств. В работе раскрыты принципы управления техногенным сырьем, что способствует более эффективному использованию шлаков и снижению экологической нагрузки. Полученные данные о фазовых превращениях при температурной обработке шлаков и полученных керамических материалов расширяют возможности их практического применения в качестве добавки при производстве керамических материалов. Кроме того,

			полученные результаты открывают новые перспективы для эффективного использования металлургических шлаков в экологическом катализе.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>Высокий</u> 2) Средний 3) Низкий 4) Самостоятельности нет	Автор данной диссертационной работы внес свой весомый вклад в постановку задач и разработку методов проведения экспериментов, занимался обработкой и анализом полученных данных. Опубликованные работы и наличие патента свидетельствует о самостоятельности докторанта.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована;</u> 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность диссертационной работы обусловлена высокой степенью обоснованности и актуальности, связанной с необходимостью повышения эффективности переработки металлургических шлаков свинцового и медного производств. В условиях постепенного истощения природных ресурсов и накопления значительных объемов техногенного сырья возникает острая необходимость в разработке инновационных технологий его переработки и утилизации, что способствует снижению экологической нагрузки и рациональному использованию ресурсов. Научная значимость полученных результатов подтверждается публикацией статей в ведущих международных рецензируемых журналах с высоким импакт-фактором, входящих в первый и третий квартили базы данных Web of Science (WoS) и Scopus. Эти публикации подтверждают вклад автора в развитие теоретических и практических аспектов переработки металлургических отходов, а также расширяют научное понимание процессов фазовых превращений и синтеза новых материалов из техногенного сырья.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает;</u> 2) частично отражает; 3) не отражает.	Диссертационная работа состоит из трёх логически взаимосвязанных глав, каждая из которых последовательно раскрывает поставленные цель и задачи исследования. Работа представляет собой завершённый научный труд, обладающей внутренней целостностью и полнотой. В работе предложены способы переработки металлургических шлаков свинцового и медного производств и оценены перспективы использования их в качестве компонентов для получения новых
		4.3 Цель и задачи соответствует теме диссертации 1) <u>Соответствуют;</u>	Поставленные в рамках диссертационной работы цели и задачи полностью соответствуют заявленной тематике исследования и были достигнуты в полном объеме. Обеспечение полноты

		2) Частично соответствуют; 3) Не соответствуют.	достижения поставленной цели достигнуто за счет применения комплексного междисциплинарного подхода, включающего изучение состава и структуры металлургических шлаков свинцового и медного производств, проведение гидрометаллургической переработки данного техногенного сырья, а также разработку оптимальных составов шлакосодержащей керамики. В рамках исследования использовались современные цифровые технологии для оценки влияния различных технологических и эксплуатационных показателей на качество и свойства получаемых материалов, что позволило повысить точность и обоснованность полученных результатов. Такой системный подход обеспечил решение поставленных задач и подтвердил научную актуальность и практическую значимость проведенного исследования.
		4.4. Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: <u>1) полностью взаимосвязаны;</u> 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.	Разделы и научные положения диссертационной работы характеризуются внутренней логической последовательностью и взаимосвязью, что обеспечивает целостность и системность исследования. В рамках работы прослеживается единство научных идей и экспериментальных данных.
		4.5. Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: <u>1) критический анализ есть;</u> 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов.	Автором выполнен всесторонний аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы, посвященной вопросам переработки металлургических шлаков, что позволило выявить современные тенденции, существующие подходы и технологические решения в данной области. Обзор охватывает широкий временной диапазон, включая актуальные публикации за последние пять лет, что обеспечивает актуальность и современность анализа. Обоснованы применяемые в исследовании методы, а также проведено их сопоставление с существующими аналогами, что подтверждает их научную обоснованность и эффективность. В рамках работы подробно показаны отличия предлагаемой технологии от существующих решений, с особым акцентом на использование шлакового остатка для синтеза новых керамических материалов. Такой подход особенно актуален в условиях перехода к устойчивому развитию металлургической отрасли, направленного на минимизацию экологического воздействия и рациональное использование ресурсов.

5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) <u>полностью новые;</u> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%) 5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) <u>полностью новые;</u> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Научные результаты являются полностью новыми. К ним относятся: - впервые проведено комплексное исследование состава и структуры металлургических шлаков свинцового и медного производств Восточного Казахстана в сочетании с анализом природных алюмосиликатов для оценки их потенциала в синтезе керамических материалов; - впервые выявлены закономерности изменения химического и минералогического составов техногенного и природного сырья, а также синтезированных керамических материалов на их основе в зависимости от температуры спекания; - впервые разработана технология синтеза шлакостойких керамических материалов из смеси отечественного техногенного и природного сырья, пригодных для эффективного использования в экологическом катализе; - впервые выявлены закономерности взаимодействия компонентов шлакового остатка (SiO_2, Al_2O_3, Fe_xO_y и др.) от выщелачивания свинцового и медного шлаков с природными алюмосиликатами в условиях температурной обработки (вплоть до 1000°C) с образованием прочных (45-75 МПа), термостабильных керамических систем пригодных для использования в качестве носителей катализаторов и/или катализаторов; - предложена новая технологическая схема комплексной переработки металлургических шлаков свинцового и медного производств, предусматривающая первоначальное выщелачивание остаточных концентраций ценных компонентов, с последующей переработкой и синтез новых керамических материалов многоцелевого назначения из смеси металлургических шлаков и природного сырья в виде гранул, таблеток, блоков, лего-кирпича, плитки. Выводы диссертационной работы являются полностью новыми и обладают высокой научной и практической значимостью. В ходе исследования получены новые данные о составе, структуре и фазовых превращениях металлургических шлаков свинцового и медного производств, что позволяет более глубоко понять механизмы их переработки и утилизации. На основе полученных результатов сформулированы подходы к управлению техногенным сырьём, а также разработаны составы шлакостойкой керамики
----	-------------------------	---	--

			с улучшенными эксплуатационными характеристиками, что расширяет возможности использования отходов металлургического производства в качестве сырья для получения керамических материалов. Особое значение имеют выводы, касающиеся внедрения цифровых технологий для оценки влияния технологических параметров на свойства материалов. Использование современных информационных систем и методов моделирования позволяет повысить точность и воспроизводимость технологических процессов. Предложена технологическая схема комплексной переработки металлургических шлаков свинцового и медного производств с получением многоцелевых керамических материалов. Выполнена предварительная технико-экономическая оценка использования полученных керамических материалов. Предложенные технологические решения способствуют рациональному использованию ресурсов, снижению экологической нагрузки и обеспечивают устойчивое развитие промышленного комплекса в условиях современного глобального рынка.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Результаты проведенного исследования вносят значительный вклад в развитие передовых технологий переработки металлургических шлаков и синтеза новых керамических материалов, обладающих улучшенными эксплуатационными характеристиками. Предложенные решения являются оригинальными и обоснованными, что подтверждается их научной новизной и практической эффективностью. В рамках работы разработаны новые методы обработки и утилизации отходов металлургического производства, что позволяет значительно повысить их экологическую безопасность и экономическую целесообразность. Практическая ценность исследования проявляется в снижении затрат на утилизацию, транспортировку и хранение техногенных отходов металлургических предприятий Казахстана за счет внедрения предложенных технологий.
6.	Обоснованность основных выводов:	Все основные выводы <u>основаны</u> /не основаны на весомых с научной точки	Выводы, приведенные в диссертации, сделаны на основе результатов проведенного комплекса экспериментальных физико-

		зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы	химических исследований, и не противоречат теоретическим и практическим закономерностям в металлургии.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: Положение 1: <u>Результаты исследования составов и структуры металлургических шлаков свинцового и медного производств Восточного Казахстана и отечественных природных алюмосиликатов (цеолиты и бентониты)</u> 7.1 Доказано ли положение? <u>1) доказано</u> 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; <u>2) нет</u> 7.3 Является ли новыми? <u>1) да;</u> 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; <u>3) широкий</u> 7.3 Доказано ли в статье? <u>1) да;</u> 2) нет Положение 2: <u>Результаты лабораторных испытаний гидromеталлургической переработки металлургических шлаков</u> 7.1 Доказано ли положение? <u>1) доказано</u> 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным?	Все 7 положений выносимых на защиту, доказаны экспериментально с применением передовых методов исследования: 2) положение 1: Проведено исследование составов и структуры металлургических шлаков свинцового и медного производств Восточного Казахстана и отечественных природных алюмосиликатов с помощью методов рентгенофазового анализа, сканирующей электронной микроскопией, дифференциально – термического анализа, оптической электронной микроскопией и др.; - положение 2: Представлены результаты лабораторных испытаний гидromеталлургической переработки металлургических шлаков и обеспечена степень извлечения в продуктивный раствор Zn 73-89 %, Pb 24 - 31 %, Cu 76-77 %; - положение 3: Выявлены закономерности изменения химического и минералогического состава техногенного и природного сырья в зависимости от температуры спекания. Определены оптимальные соотношения компонентов шихты (20-60-20 и 20-50-30), при которых достигается высокая прочность; - положение 4: Результаты пилотного испытания показали, что повышение температуры спекания вызывает значительные фазовые превращения, повышающие прочность керамических материалов до 50 МПа для свинцового шлака и до 70 МПа для медного шлака; - положение 5: Обоснована перспективность использования цифровых технологий для моделирования и прогнозирования свойств шлакосодержащих керамических материалов, что позволяет сократить количество практических экспериментов и определить оптимальные параметры синтеза.; - положение 6: Обоснована технологическая схема комплексной переработки металлургических шлаков свинцового и медного производств, предусматривающая первоначальное выщелачивание остаточных концентраций ценных компонентов, с последующей переработкой и синтез новых керамических материалов; - положение 7: Установлено, что металлургические шлаки могут использоваться в качестве компонента для создания

	1) да; 2) нет 7.3 Является ли новыми? 1) да; 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий 7.3 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет Положение 3: <u>Результаты влияния варьирования содержания компонентов шихты, исследования фазовых превращений, значения влажности и температуры спекания на структуру и свойства шлакосодержащих керамических материалов</u> 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет 7.3 Является ли новыми? 1) да; 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий 7.3 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет Положение 4: <u>Результаты пилотного испытания прочностных характеристик</u>	шлакосодержащих керамических носителей и катализаторов с высокой эффективностью окислительной конверсии CO и CH₄ (α 50-90%). Выполнена технико-экономическая оценка использования полученных керамических материалов в экологическом катализе для очистки промышленных газов. Используемые методы исследования полностью обеспечили решение всех поставленных задач и достижение целей диссертационной работы. В работе отсутствуют элементы тривиальности. Все результаты получены с применением современного оборудования в аккредитованных лабораториях. Научная новизна подтверждается тем, что аналогичные положения по изучаемой теме ранее не публиковались в научной литературе. По теме диссертационные работы опубликованы: 6 научных статей в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных КОКСОН МНВО РК, в том числе: в базе данных WoS и Scopus – 3 статьи, в изданиях, рекомендованных КОКСНВО МОН РК – 3 статьи. Результаты работы апробированы на 7 международных научно-практических конференциях. Имеется патент на изобретение по теме PhD диссертации: Патент на полезную модель № 5394 РК от 25.09.2020, также подан патент на изобретение рег. номер заявки 2024/0968.1, от 11.11.2024.
--	---	--

	шлакосодержащих керамических материалов 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет 7.3 Является ли новыми? 1) да; 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий 7.3 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет <u>Положение 5: Результаты математического и компьютерного моделирования процесса синтеза шлакосодержащих керамических материалов</u> 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет 7.3 Является ли новыми? 1) да; 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний;	
--	--	--

3) широкий

7.3 Доказано ли в статье?

1) да;

2) нет

Положение 6: Предложена технология по оптимизации комплексной переработки металлургических шлаков свинцового и медного производств

7.1 Доказано ли положение?

1) доказано

2) скорее доказано

3) скорее не доказано

4) не доказано

7.2 Является ли тривиальным?

1) да;

2) нет

7.3 Является ли новыми?

1) да;

2) нет

7.4 Уровень для применения:

1) узкий;

2) средний;

3) широкий

7.3 Доказано ли в статье?

1) да;

2) нет

Положение 7: Результаты апробирования и технико-экономической оценки полученных шлакосодержащих керамических материалов в экологическом катализе

7.1 Доказано ли положение?

1) доказано

2) скорее доказано

3) скорее не доказано

4) не доказано

7.2 Является ли тривиальным?

1) да;

2) нет

		7.3 Является ли новыми? <u>1) да;</u> 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; <u>3) широкий</u> 7.3 Доказано ли в статье? <u>1) да;</u> 2) нет	
8.	Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана: <u>1) да</u> 2) нет 8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий <u>1) да</u> 2) нет 8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим	Выбор методологии исследования осуществлялся с учётом фазовых особенностей объектов исследования. На основании выбранной методологии получены следующие технологические результаты: - подтверждена возможность комплексной переработки металлургических шлаков свинцового и медного производств, включающая предварительное выщелачивание оставшихся ценных компонентов с последующей переработкой и синтезом новых керамических материалов; - наряду с методами гидрометаллургической переработкой (выщелачивание, осаждение и т.д) активно применялись приемы порошковой металлургии; - доказана возможность синтеза шлакосодержащих керамических материалов из смеси отечественного техногенного и природного сырья, пригодных для эффективного применения в экологическом катализе. В работе использован комплексный подход, объединивший применение современных методов исследования и методов обработки и демонстрации научных данных. Теоретические выводы, модели и выявленные закономерности в диссертационной работе основаны на комплексных экспериментальных исследованиях, выполненных с использованием следующих методов:

		наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): <u>1) да</u> 2) нет	- физико-химические методы, включая рентгеноструктурный анализ (XRD), термогравиметрию и дифференциальный термический анализ (TG-DTA), оптическую микроскопию (OM) и растровую электронную микроскопию (SEM); - программное обеспечение HSC 9 для расчета термодинамических реакций и построения диаграмм металлургических процессов; - SolidWorks Flow Simulation для моделирования процесса экструзии. Применение широкого спектра аналитических методов обеспечило получение достоверных экспериментальных данных, послуживших основой для формирования теоретических моделей и выявленных закономерностей.
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u>/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Полученные в ходе исследования результаты и выводы отражают содержание всех разделов и представлены в публикациях основных научных результатов в рецензируемых отечественных и международных научных изданиях. Достоверность научных выводов работы подтверждаются согласованностью с результатами независимых исследований и выводами, полученными другими авторами.
		8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны</u>/не достаточны для литературного обзора.	В работе приведен список литературы из 154 наименования. Приведенные источники более чем достаточны для формирования литературного обзора диссертационной работы.
9.	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение 1) да <u>2) нет</u>	Целью диссертационной работы является разработка технологии направленной на оптимизацию комплексной переработки металлургических шлаков свинцового и медного производств, включающей доизвлечение остаточных концентраций ценных компонентов (Pb, Cu, Zn) и последующее использование шлакового остатка в синтезе новых керамических материалов многоцелевого назначения для перехода к устойчивому развитию металлургической отрасли. Выполнена теоретическая оценка возможности протекания реакции между компонентами шихты, путем термодинамического анализа взаимодействия соединений металлов при выщелачивании шлака в растворе соляной кислоты с помощью программы HSC. Выполнена оценка окислительно - восстановительного потенциалов (Eh) ионов разделяемых металлов для прогнозирования их последующего поведения при выщелачивании.

		В рамках работы рассмотрены методы математического и компьютерного моделирования как инструменты оптимизации технологических процессов. <i>Вопрос: Имеется большой блок по математическому и компьютерному моделированию. В чем заключалась необходимость проведения исследований в части создания виртуального прототипа технологической оснастки?</i>
	9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике <u>1) да</u> 2) нет	Совокупность полученных теоретических и экспериментальных результатов доказывает, что диссертационная работа имеет прикладной характер и направлена на решение практических производственных задач в области переработки металлургических шлаков. Разработанная технология способствует не только эффективному использованию отходов металлургического производства, но и значительно снижает экологическую нагрузку за счет уменьшения объема захоронений шлаков и предотвращения загрязнения земельных ресурсов. В результате реализации схемы происходит освобождение земельных участков от накопленных промышленных отходов, что позволяет использовать их для сельскохозяйственных целей, строительства или рекреационных зон. Кроме того, внедрение такой технологии способствует созданию замкнутого цикла переработки ресурсов, повышению экологической безопасности промышленного комплекса и развитию экологически ориентированных производств керамических материалов многоцелевого назначения.
	9.3 Предложения для практики являются новыми? <u>1) полностью новые;</u> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Практические рекомендации являются новыми и обладают высокой прикладной значимостью. Результаты исследования вносят значительный вклад в развитие технологии переработки металлургических шлаков и синтеза новых композитных материалов. Эффективность предложенной технологии подтверждена лабораторными и укрупненными пилотными испытаниями. <i>Вопрос: 3. Результаты линейной регрессии показали, что с повышением массовой доли шлака повышается прочность керамических образцов. Чем это обусловлено?</i>

10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: <u>1) высокое;</u> 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Качество академического письма высокое. Диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к таким работам, и отличается внутренним единством. Разделы данной работы логически объединены и направлены на решение поставленных задач. <i>Незначительное количество опечаток не снижает качество диссертационной работы</i>
-----	---------------------------------	---	---

Диссертационная работа Утегеновой М.Е., на тему «Переработка металлургических шлаков свинцового и медного производств в условиях перехода к устойчивому развитию металлургической отрасли», выполнена в полном объеме и соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертационным работам PhD, имеет новизну, актуальность и заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07202 – «Металлургия».

Доктор философии (PhD),
 Профессор кафедры «Нанотехнологии и металлургия»
 НАО «Карагадинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»

Учёный секретарь
 НАО «Карагадинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»

«10» 07 2025 г.

Достаева А.М.

Достаева А.М.



Жижите А.А.