

Писменный отзыв официального рецензента на диссертационную работу
 Маханбетовой Бактыгул Алимжановны
 на тему «Комплексная переработка оксидного природного и сульфидного техногенного цинксодержащего сырья месторождения Шалкия»
 на соискание степени доктора философии (PhD)
 по образовательной программе 8D07220 – Metallургия.

№ 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: 1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета 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)	<p>Диссертационная работа выполнена в рамках целевого программного финансирования по теме «Разработка комплексной технологии переработки труднообогатимых полиметаллических руд месторождений Шалкия и Жайрем». Исследование является частью программы BR19777171 «Разработка принципиально новых технологий комплексной переработки полиметаллического сырья» на 2023-2025 годы. Финансирование осуществлялось согласно договору № 35 от 16 июня 2023 года, заключенному между РГП на ПХВ «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан» и Комитетом промышленности Министерства промышленности и строительства Республики Казахстан.</p> <p>Тема диссертации актуальна в контексте глобальной тенденции к увеличению спроса на цинк и необходимости переработки труднообогатимых руд и техногенных отходов. Работа соответствует приоритетным направлениям развития науки в области рационального использования минерального сырья.</p>
2.	Важность для науки	Работа вносит /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта /не раскрыта	<p>Разработанная технология, основанная на новом принципе совмещения в одном агрегате процессов получения ферросплавов и извлечением цинка и свинца в возгоны, является значительным научным достижением. Впервые установлен механизм углетермического восстановления сульфида цинка в присутствии магнетита с максимальным извлечением цинка в газовую фазу. Также выявлено явление вспенивания шлака и даны рекомендации по его минимизации.</p> <p>Работа имеет высокую научную значимость, так как предлагает инновационный подход к переработке цинксодержащего сырья, включая окисленные руды и хвосты обогащения, которые ранее считались малоэффективными для промышленного использования. Результаты исследования вносят вклад в развитие металлургии, термодинамического моделирования и методов анализа, а также способствуют решению экологических проблем.</p>

3.	Принцип самостоятельности и	Уровень самостоятельности: 1) Высокий 2) Средний 3) Низкий 4) Самостоятельности нет	Уровень самостоятельности соискателя – высокий. Автором проделан значительный объем теоретических и экспериментальных исследований, включая термодинамическое моделирование, лабораторные и укрупненно-лабораторные плавки, анализ продуктов и технико-экономическую оценку. Основные результаты опубликованы в 16 научных работах, в том числе 6 — в международных рецензируемых журналах с высоким процентилем (21–77). Достоверность и оригинальность научного вклада подтверждена апробацией на международных конференциях (ICITE 2021, 2023, Международная Зимняя школа «Auezov University-2025»).
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) Обоснована; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Во введении и обзоре литературы диссертации подробно раскрыта актуальность исследования. Автор всесторонне проанализировал современное состояние вопроса переработки окисленных и сульфидных цинковых руд, а также техногенных хвостов, указав на существующий разрыв между накопленным объемом труднообогатимого сырья и отсутствием эффективных технологий его переработки. В диссертации приведены статистические данные и аналитический обзор: отмечается общемировая тенденция снижения содержания металлов в рудах и роста объемов отходов, требующих комплексной переработки. Конкретно по месторождению Шалкия показано, что значительная часть запасов цинка (~7 %) приходится на окисленные руды, которые не перерабатываются, а действовавшая ранее технология обогащения оставила ~90 % цинка в хвостах. Эти факты убедительно обосновывают необходимость разработки новой технологии, что и подчеркнуто автором.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) Отражает; 2) частично отражает; 3) не отражает.	Содержание диссертации отражает ее тему. Все разделы работы строго соответствуют теме и структура диссертации выстроена логично: в обзоре (гл. 1) рассмотрены перспективные технологии переработки цинковых руд и хвостов, во 2-й главе изложены методы исследования (включая методики плавки, анализа сырья и продуктов), 3-я и 4-я главы посвящены полученным результатам (теоретическое моделирование, оптимизация условий, кинетика и эксперименты), 5-я – технико-экономическое обоснование предлагаемой технологии. Таким образом, все задачи, заявленные в диссертационной работе детально рассмотрены в содержании работы. Нет никаких отклонений от темы - материал диссертации полностью ей соответствует.

		<p>4.3 Цель и задачи соответствует теме диссертации</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Соответствуют; 2) Частично соответствуют; 3) Не соответствуют. 	<p>Цели и задачи полностью достигнуты и соответствуют теме диссертации и решены в полном объеме. Сформулированная цель – «теоретическое и экспериментальное обоснование создания технологии комплексной переработки окисленных цинксодержащих руд Шалкия и хвостов обогащения с получением кремнистых ферросплавов и цинковых возгонов» – напрямую вытекает из названия работы и отражает ее основную идею. Поставленные задачи (от технологической оценки сырья, термодинамического моделирования взаимодействий, определения оптимальных параметров электроплавки – до проведения укрупненных плавов и технико-экономической оценки) логично раскрывают этапы достижения цели. Все задачи исследования тесно связаны с темой: например, задача провести термодинамическое моделирование взаимодействия руд и хвостов с реагентами непосредственно относится к научному обоснованию новой технологии; задача экспериментально определить оптимальные расходы шихтовых компонентов – к практической реализации процесса; проведение укрупненно-лабораторной плавки – к проверке применимости технологии на практике. Каждая из задач направлена на решение проблемы, заявленной в теме, поэтому их соответствие теме является полным.</p> <p>Цель работы — теоретическое и экспериментальное обоснование технологии комплексной переработки цинксодержащего сырья — полностью соответствует теме. Задачи логично раскрывают этапы достижения цели.</p>
		<p>4.4. Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) полностью взаимосвязаны; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует. 	<p>Все разделы и положения диссертации полностью взаимосвязаны. Работа выстроена последовательно: теоретические исследования подкрепляют экспериментальные, а результаты экспериментов подтверждают теорию, совместно обосновывая выдвинутые положения. Между разделами прослеживается чёткая связь. Результаты термодинамического моделирования (гл. 3) определили диапазоны температур и состав фаз, которые затем проверены экспериментально в гл. 4. В свою очередь, данные лабораторных плавов и кинетических исследований легли в основу технико-экономической оценки и формирования практических рекомендаций. Положения, выносимые на защиту, отражают ключевые результаты каждой серии исследований и неразрывно связаны: первое положение - теоретическое (моделирование), второе и третье – прикладные (оптимальные условия и кинетика), четвертое – экспериментально-практическое (укрупненная плавка). Таким образом, все части работы взаимодополняют друг друга, образуя единое</p>

		<p>4.5. Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) критический анализ есть; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов. 	<p>целое, а материалы разделов не противоречат, а логично следуют один из другого.</p> <p>Автор выполнил детальный анализ существующих технологий и патентов, обосновал выбор альтернативного подхода — электроплавки в ферросплав. Новые решения подтверждены экспериментально и теоретически. Показано, что несмотря на обилие работ, не существует эффективного технологического решения для комплексной переработки высококремнистых цинковых руд и хвостов месторождения Шалкия - это выявлено в результате обзора патентной и научной литературы. В литературном обзоре приведены сведения о мировых и отечественных предприятиях по переработке цинковых руд, методах флотации, гидро- и пирометаллургии окисленных руд, проанализированы их ограничения. Автор обосновал выбор альтернативного подхода - электроплавки в ферросплав – тем, что традиционные методы не позволяют вовлечь кремнезем и полностью извлечь цветные металлы. Все новые положения (например, замена части железной стружки магнетитовым концентратом в шихте или одновременное получение ферросплава и цинковых возгонов) тщательно аргументированы: автор экспериментально и теоретически подтвердил их эффективность по сравнению с традиционными технологиями. Таким образом, в работе присутствует глубокий критический анализ известных решений и убедительное обоснование предлагаемых новых методов.</p>
5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%) 	<p>В работе получены качественно новые научные данные, не описанные ранее в литературе. Автором впервые установлены и количественно охарактеризованы ключевые термодинамические и кинетические закономерности процесса переработки высококремнистого свинцово-цинкового сырья и хвостов обогащения с заменой железо стальной стружки на железо магнетитового концентрата. В частности, впервые показано, что присутствие магнетита значительно снижает температуру углетермического восстановления сульфида цинка - с $\sim 1619\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $\sim 1205\text{ }^{\circ}\text{C}$, изменяя ряд реакционной способности сульфидов ($\text{PbS} > \text{ZnS} > \text{FeS}_2$) и позволяя более эффективно выделять цинк. Впервые выяснено многостадийное взаимодействие $\text{ZnS}-\text{Fe}_3\text{O}_4-\text{C}$: на первой стадии Fe_3O_4 восстанавливается до Fe и FeO, затем $\sim 27,3\%$ ZnS восстанавливается металлическим железом, и на завершающей стадии ($T > 1600\text{ }^{\circ}\text{C}$) происходит взаимодействие ZnS с FeO. Построенные термодинамические модели позволили определить температурные области существования фаз Fe-Si (в том числе Fe_3Si, Fe_5Si_3, FeSi, FeSi_2,</p>

			<p>FeSi_{2.33}, FeSi_{2.43}) и условий образования ферросилиция различных марок. Полученные теоретические результаты не имеют аналогов применительно к данному типу сырья. Все новые научные положения подтверждены публикациями автора в международных изданиях, прошедших независимое рецензирование. Однако в диссертации отсутствует информация о погрешности термодинамического анализа и электроплавки</p>
		<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Выводы отражают новые научные факты, такие как влияние избытка углерода на образование газообразного SiO и эффект интенсивного пенообразования расплава. Основные выводы, сформулированные автором, оригинальны и напрямую вытекают из полученных новых результатов, не будучи тривиальными продолжениями известных знаний. В выводах диссертации отражены новые научные факты: влияние избытка углерода на образование газообразного SiO и снижение извлечения кремния, позитивная роль добавки железа стальной стружкой в разрушении карбида кремния, эффект интенсивного пенообразования расплава при замене железа стальной стружки на магнетит и др. Эти выводы ранее не встречались в литературе и получены впервые автором. Все выводы диссертации соответствуют критерию научной новизны и подтверждены авторскими экспериментальными данными и расчетами. Новизна выводов подкрепляется тем, что они прошли высокорейтинговых в научных журналах.</p>
		<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Выводы диссертации являются новыми. Разработан новый способ переработки руд, защищенный патентом РК № 36683. Экономическая эффективность решения подтверждена расчетами. Предложенные в работе технические решения по переработке цинксодержащего сырья существенно отличаются от известных и обладают изобретательской новизной, подтвержденной патентом. Автором разработан новый способ переработки высококремнистых свинцово-цинковых руд и хвостов обогащения, заключающийся в одновременном получении ферросилиция и возгонов, содержащих цинка и свинца. Автором рассчитаны технико-экономические показатели, показывающие возможность получения товарного ферросилиция (например, FeSi_{1.5}-FeSi_{4.5}) параллельно с цинковым продуктом из отходов, что существенно повышает комплексность использования сырья.</p>
6.	Обоснованность основных выводов:	Все основные выводы основаны /не основаны на весомых с научной	<p>Все основные выводы диссертации хорошо обоснованы научными доказательствами. Каждый из основных выводов опирается на результаты, полученные автором с использованием современных</p>

		<p>точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы</p>	<p>методов, и подтверждается совокупностью теоретических и экспериментальных данных. Вывод о достижимости высокого извлечения кремния ($\geq 80\%$) в сплав подтвержден статистически спланированными экспериментами электроплавки: автор варьировал температуру и количество железа по матрице рототабельного плана, получил уравнения регрессии и определил область оптимальных условий, при которых доля кремния в сплаве $\geq 41\%$ (FeSi_{45}) и степень извлечения $\text{Si} \geq 80\%$. Эти оптимальные условия ($T \approx 1750\text{--}1850\text{ }^\circ\text{C}$, 25–30 % кокса, ~50 % замены стальной стружки на магнетитовый концентрат) были затем проверены в эксперименте, получив сплав с 41,3 % Si при извлечении ~82 % Si и практической полной отгонки Zn и Pb. Соответственно, вывод о возможности одновременного получения ферросилиция марки FeSi_{45} и цинковых возгонов подтвержден прямыми экспериментальными результатами: в укрупненной плавке получен сплав с 41,28 % Si (FeSi_{45}) и возгоны, содержащие в сумме 41 % Zn и Pb. Все основные положения и выводы диссертации базируются на достаточно веских доказательствах (термодинамические расчеты, экспериментальные данные химического анализа, РФА, РЭМ и др.), а также на статистической обработке результатов (критерии Стьюдента и Фишера для регрессионных уравнений, что исключает случайность полученных выводов).</p>
--	--	---	--

7.	<p>Основные положения, выносимые на защиту</p>	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>Положение 1: Результаты исследований термодинамического моделирования взаимодействия сульфидов цинка, свинца, железа (и их смесей), а также окисленных и сульфидных руд месторождения Шалкия и хвостов ее обогащения (и их смесей) с магнетитом, углеродом и железом.</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) доказано 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано</p>	<p>Все четыре положения, вынесенные на защиту, были экспериментально доказаны с использованием передовых методов исследования.</p> <p>- положение 1: Полученные термодинамические модели, описывающие равновесное взаимодействие хвостов обогащения руды Шалкия, её окисленной части и их смесей с различными реагентами: углеродом, магнетитом и железом, в присутствии сульфидной руды позволили установить:</p> <p>- температурные области восстановления и существования различных фаз, таких как силициды железа (Fe_3Si, Fe_5Si_3, FeSi, FeSi_2, $\text{FeSi}_{2.33}$, $\text{FeSi}_{2.43}$), свободный кремний (Si), оксид кремния в газовой фазе ($\text{SiO}(\text{g})$), а также элементарные цинк (Zn) и свинец (Pb) в жидкой и газовой фазах ($\text{Zn}(\text{g})$, $\text{Pb}(\text{g})$);</p> <p>- области образования различных марок ферросилиция, включая FeSi_{25} и FeSi_{45};</p> <p>Например, модель предсказала образование ферросилиция марки FeSi_{25} в температурном интервале $\sim 1500\text{--}1590\text{ }^\circ\text{C}$ и FeSi_{45} при $\sim 1800\text{ }^\circ\text{C}$, что соответствует практическим условиям производства этих сплавов. Также расчет показал полное испарение цинка из расплава при $T > 1300\text{ }^\circ\text{C}$, и это подтверждено экспериментально: в сплавах не обнаружен цинк при содержании Si $\sim 41\%$. Таким образом, результаты моделирования доказаны – они воспроизводимы.</p>
----	--	---	---

		<p>Положение 2: Оптимальные условия, обеспечивающие получение ферросилиция при максимальном извлечении кремния в сплав, цинка и свинца в возгоны при электроплавке:</p> <ul style="list-style-type: none"> - окисленной руды Шалкия совместно с сульфидной рудой, коксом, магнетитовым концентратом и стальной стружкой; - хвостов обогащения руды Шалкия совместно с сульфидной рудой, коксом, магнетитовым концентратом и стальной стружкой; <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) доказано 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано 	<p>- положение 2: Автор экспериментально определил и теоретически обосновал оптимальные технологические параметры электроплавки для двух типов шихты, при которых достигаются целевые показатели - получение товарного ферросилиция и практически полное извлечение Zn и Pb в возгоны. С помощью рототабельного планирования эксперимента второго порядка и методов оптимизации автор установил диапазоны, в которых одновременно обеспечивается высокая степень извлечения кремния ($\geq 80\%$) в сплав и высокая концентрация кремния в сплаве ($\geq 41\%$ Si, соответствующая FeSi₄₅), а также максимальная отгонка цинка и свинца в газовую фазу ($\approx 99\%$). Например, для смеси руд Шалкия и хвостов обогащения с магнетитом, стальной стружкой и коксом оптимальными оказались условия: температура $\sim 1750-1800$ °C, содержание кокса $\sim 30\%$, степень замещения стружки магнетитом $\sim 50\%$ (в диапазоне 40–60 %). В этих условиях получен сплав FeSi с $\sim 42\%$ Si (марка FeSi45) при извлечении до 86 % Si, и цинк со свинцом практически полностью перешли в возгоны (извлечено 98,8 % Zn и 97,8 % Pb).</p>
		<p>Положение 3: Результаты кинетики извлечения кремния в ферросплав из цинксодержащих руд Шалкия и хвостов ее обогащения.</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) доказано 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано 	<p>- положение 3: Автор экспериментально изучил кинетику процесса восстановления кремнезема до сплава кремнистого железа (ферросилиция) при электроплавке разных шихт, проследив изменение степени извлечения кремния во времени. В диссертации представлены кривые изменения степени и скорости извлечения кремния в сплав в зависимости от длительности плавки и состава шихты - вид цинкового сырья (присутствие магнетита или стальной стружки). Установлено, что кинетика извлечения кремния в сплав из сульфидной руды протекает в кинетическом режиме с постоянной скоростью. Извлечение кремния в сплав из смеси с окисленной рудой происходит более полно, чем для смеси с хвостами, – за счет того, что ZnO (из окисленной руды) восстанавливается полнее чем из сульфида цинка. На основе экспериментов автором определены и сделан вывод о переходном режиме извлечения кремния из смеси окисленной руды в присутствии магнетитового концентрата</p>

	<p>Положение 4: Результаты укрупнено-лабораторных испытаний комплексной переработки электроплавкой смеси руды и хвостов обогащения руды Шалкия с получением марочного ферросилиция и возгонов, содержащих цинк и свинец.</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) доказано 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано 	<p>- положение 4: Доказано. Автор провела укрупненные лабораторные испытания разработанной технологии, полностью подтвердив на эксперименте возможность получения товарных продуктов ферросилиция марки FeSi45 с извлечением кремния в сплав до 86% в присутствии магнетитового концентрата в шихте и свинцово-цинковых возгонов с извлечением 99 % Zn и 98 % Pb. В диссертации описана специальная укрупненно-лабораторная установка – одноэлектродная дуговая электропечь 25 кВА с системой улавливания пыли (инерционный пылеуловитель, кулеры, рукавный фильтр). На этой установке автором выполнена непрерывная плавка со сливом расплава и улавливанием возгонов, содержащих цинк и свинец. Анализы и фотографии проведения плавки демонстрируют устойчивое горение дуги, отсутствие аварийного вспенивания (при оптимальной доле магнетита) и эффективное улавливание пыли фильтром. Таким образом, укрупненный эксперимент на реальном сырье доказал технологическую реализуемость процесса: полученные продукты отвечают заданным критериям, что полностью подтверждает положение 4.</p>
	<p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) да; 2) нет 	<p>Все положения являются новыми, нетривиальными и имеют широкий уровень применения. Все полученные результаты базируются на современных методах исследования и тщательно проанализированы с точки зрения ключевых законов термодинамики, физической химии, химической кинетики. Полученные термодинамические зависимости представляют новые научные знания об исследуемой системе и не могли быть предсказаны без проведения специальных расчетов. Без моделирования было неизвестно, что Fe₃O₄ начнет восстанавливаться раньше ZnS и тем самым ускорит выделение цинка. Кроме того, выясненная стадийность реакции ZnS в присутствии FeO (через образование промежуточного металлического Zn и сульфидов железа) не являлась очевидной. Кинетика плавки руд с магнетитом изучалась впервые, поэтому выявленные особенности нельзя считать тривиальными или заранее предсказуемыми.</p>

		<p>7.3 Является ли новыми? 1) да; 2) нет</p>	<p>Все четыре положения, выносимые на защиту, являются абсолютно новыми. Они не были описаны ни в специализированной литературе, ни в патентной информации, ни в существующей металлургической практике. Оптимальные технологические параметры, найденные автором, не могли быть предугаданы априори без проведения специальных исследований. Взаимное влияние факторов (температуры, количества кокса, соотношения магнетит/стальная стружка и др.) на извлечение кремния и отгонка цинка является сложным и нелинейным. Укрупненно-лабораторные испытания комплексной переработки смесей руд и хвостов с получением товарного – уникальный эксперимент, не описанный в литературе. Автором впервые реализована на практике концепция, предложенная в диссертации, и получены реальные образцы продуктов. Этот результат является новым шагом от теории к практике. Новизна подтверждается тем, что разработанная установка и методика не имели прямых аналогов: они разработаны специально под данное исследование. Кроме того, по итогам испытаний составлен акт внедрения результатов в учебный процесс</p>
		<p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий</p>	<p>уровень применения всех четырех положений широкий. Выводы термодинамического моделирования имеют приводимость не только к конкретному сырью Шалкия, но и к другим аналогичным полиметаллическим системам. В целом, положения имеют отраслевое значение: оно применимо в исследованиях и разработках пирометаллургических процессов комплексной переработки цинксодержащего сырья, но требует адаптации под конкретный минеральный состав. Полученные результаты укрупненных испытаний предназначены для оценки и внедрения технологии именно на месторождении Шалкия или сходных по минералогии объектах.</p>
		<p>7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет</p>	<p>Все 4 положения диссертационной работы, выносимые на защиту, получили подтверждение в 16 публикациях. В частности, 6 статей были опубликованы в международных рецензируемых научных журналах, индексируемых в базах данных Scopus/Web of Science, с высоким процентилем от 43 до 77. Результаты диссертации также защищены патентом KZ № 36683 на изобретение от 05.04.2024.</p>
8.	Достоверность источников и предоставляемой информации	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана: 1) да 2) нет</p>	<p>Применены современные методы: термодинамическое моделирование (HSC), рототабельное планирование экспериментов, инструментальные анализы (РЭМ, РФА).</p>

		<p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий</p> <p>1) да 2) нет</p>	<p>Достоверность подтверждена лицензированным ПО, сертифицированными методиками и аккредитованными лабораториями.</p>
		<p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):</p> <p>1) да 2) нет</p>	<p>В диссертации прослеживается тесная связь теории и эксперимента: все ключевые теоретические положения проверены и подтверждены экспериментально. Модель предсказывала практически полное испарение Zn и Pb из расплава – опытные плавки показали отсутствие Zn, Pb в сплавах. Теоретически была выявлена опасность вспенивания расплава при использовании только магнетита – экспериментально действительно наблюдалось обильное пенообразование, однако при частичной замене магнетита металлическим железом пенообразование снижалось, что совпало с рекомендациями теории (уменьшить скорость образования CO путем снижения восстановления Fe₃O₄). Также вычисленные оптимальные условия были экспериментально проверены и подтвердились. Таким образом, теоретические выводы, модели взаимосвязей полностью подтверждены экспериментом – работа демонстрирует пример удачного сочетания термодинамического моделирования и практических испытаний, взаимно подкрепляющих друг друга.</p>
		<p>8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.</p>	<p>Автор диссертации широко опирается на современную научную литературу при обосновании каждой важной позиции, а также в основном на результаты собственных исследований. В тексте регулярно приводятся ссылки на актуальные источники: всего в списке литературы 203 наименования, среди которых множество недавних публикаций (монографии 2018-2022 г., статьи 2018–2025 гг. и др.), а также 16 – публикации автора по теме диссертации</p>
		<p>8.5 Используемые источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора.</p>	<p>Библиография охватывает все аспекты темы, включая отечественные и зарубежные работы. Количество источников (203) свидетельствует о масштабной проработке литературы. Автор привлек отечественные и зарубежные публикации, включая журналы и материалы международных конференций. Привлечены статистические и нормативные данные (отраслевые обзоры, стандарты). Особо стоит отметить наличие ссылок на собственные публикации автора по теме, что говорит о преемственности</p>

			<p>исследований. В совокупности библиография отражает современное состояние проблемы и охватывает практически все известные подходы, что позволяет заключить: литературных источников более чем достаточно и информационная база исследования полностью сформирована. Но необходимо отметить, что в списке литературы имеются несколько источников раннего периода здания. Например, Глембоцкий Е.А., Анфимова Е.А. Флотация окисленных руд цветных металлов. –М.: Недра, 1966. –250с; Пат. SU194685A1. Способ флотационного обогащения окисленных руд цветных металлов / Абрамов А.А., Гросман Л.И; опубл. 12.04.1967. –Бюл. №9. –3с; Тлеукулов О.М., Шевко В.М. Безотходная технология переработки труднообогатимых полиметаллических руд // Экспресс информация ВИМС: Лабораторные и технологические исследования и обогащение минерального сырья. –М.,1978. –С. 8–13; Пат. FR2391284A1. Способ выщелачивания сульфидных свинцово-цинковых концентратов / Менжулин М.Ю., Бейсембаев Б.Б., Крыгина А.Ю., Мухтыбаев Х.Г., Косилло А.Я; опубл. 15.12.1978; Полтаева А., Мягкова А. Разработка рационального способа выщелачивания иранской цинковой окисленной руды. –Усть-Каменогорск: ВНИИцветмет, 1972. –52 с.</p>
9.	Принцип практической ценности	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение 1) да 2) нет</p> <p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике 1) да 2) нет</p>	<p>Работа вносит вклад в развитие методов термодинамического моделирования и анализа. Разработанная технология имеет высокую практическую значимость для металлургической промышленности, так как позволяет комплексно перерабатывать труднообогатимые руды и техногенные отходы с получением товарных продуктов (ферросилиция и цинковых возгонов). Результаты работы могут быть внедрены на предприятиях, занимающихся переработкой полиметаллического сырья, что повысит их экономическую эффективность и снизит экологическую нагрузку.</p> <p>Технология может быть внедрена на предприятиях для переработки труднообогатимого сырья, что повысит экономическую эффективность и снизит экологическую нагрузку. Диссертационная работа несомненно обладает практической значимостью, а вероятность внедрения результатов – высокая. Предложенная технология ориентирована на решение конкретной производственной проблемы – переработки накопленных хвостов и высококремнистых цинксодержащих руд месторождения Шалкия. Экономический эффект от внедрения может быть существенным: вместо складирования отходов предполагается получение товарного ферросплава и возгонов содержащие цинка и свинца для последующего извлечения металлов. Практическая реализуемость</p>

			<p>подтверждена укрупненным экспериментом, автор фактически смоделировал работу опытной установки. Наличие Акта внедрения результатов (в учебный процесс ЮКУ им. М.Ауэзова, прил. И) свидетельствует, что на основе диссертационной работы разработаны учебные или практические рекомендации.</p>
		<p>9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Все практические рекомендации, вытекающие из диссертационной работы, полностью новые. Диссертационная работа предлагает новые практические рекомендации и решения, не имеющие аналогов в исследованиях. Её новизна обусловлена созданием комплексной электротермической технологии для переработки окисленных руд месторождения Шалкия, хвостов обогащения сульфидной руды Шалкия и их смесей. Эта технология позволяет одновременно получать ферросилиций и цинково-свинцовые возгоны в одном агрегате. Практические рекомендации по режимам электроплавки (оптимальная температура, расход кокса и доля магнетита) также являются новыми, поскольку до настоящего исследования не существовало аналогичных регламентов. Таким образом, рекомендации по режимам электроплавки (температура, расход кокса, доля магнетита) оригинальны и не имеют аналогов.</p>
10.	10. Качество написания и оформления	<p>Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.</p>	<p>Диссертация написана четким научным языком, материал изложен последовательно и логично. Оформление работы соответствует требованиям ГОСТ и другим нормативным документам. Графики, таблицы и иллюстрации выполнены на высоком уровне и дополняют текстовую часть. Список литературы включает актуальные и авторитетные источники, что свидетельствует о глубокой проработке темы.</p>

Диссертационная работа на тему «Комплексная переработка природного оксидного и сульфидного техногенного цинксодержащего сырья месторождения Шалкия» представляет собой завершенное научное исследование, соответствующее всем требованиям, предъявляемым к диссертационным работам PhD. Результаты работы имеют значительную научную и практическую ценность, а предложенные технологии могут быть успешно внедрены в промышленность. Работа автора Маханбетовой Бактыгул Алимжановны заслуживает высокой оценки и может быть рекомендована к присуждению степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия»

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Аналитической, коллоидной химии и технологии редких элементов»,

факультета «Химии и химической технологии»

Казахского Национального Университета им. Аль-Фараби



Багашарова Ж.Т.

09.07.2025

