

Письменный отзыв официального рецензента на диссертационную работу
Дюсебековой Марал Адельбековны
на тему

«Разработка технологии обеднения шлаков автогенной плавки медных сульфидных концентратов»
на соискание степени доктора философии (PhD)
по образовательной программе 8D07204 – «Металлургическая инженерия»

№ 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) <u>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)	Тема диссертационной работы соответствует приоритетному направлению развития науки «Экология, окружающая среда и рациональное природопользование»; соответствует специализированному научному направлению «Глубокая переработка минеральных и органических ресурсов» национального научного совета при Правительстве Республики Казахстан. Диссертационная работа выполнялась в рамках проекта программно-целевого финансирования научных исследований на 2019-2021 годы «Разработка технологии автогенной плавки сульфидного медного сырья в условиях совмещения в расплаве зон загрузки шихты, введения окислителя и тепловыделения» по теме: «Изучение теплового режима автогенной плавки в печи Ванюкова с использованием дополнительного топлива при подаче его через фурмы в жидкую ванну расплава» (AP08855511).
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не раскрыта	Результаты диссертационной работы вносят заметный вклад в области пирометаллургии меди. Результаты ФХМИ и ФХМА лабораторных и промышленных испытаний представляют новые данные о составе шлаков на БМЗ, а также о поведении дополнительных источников топлива в процессе плавки. В частности, в ней сделан важный вывод, о том, что обеднение шлака протекает в глубоко восстановительных условиях при парциальных давлениях кислорода менее 10^{-10} атм. Это, а также новые результаты о составе шлаков дополняют понимание физико-химических процессов, происходящих при обеднении медных шлаков. В работе присутствуют элементы ее значимости для пирометаллургии меди, связанной с необходимостью глубокого обеднения шлаков и использования ее силикатной составляющей.

3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) Высокий 2) Средний 3) Низкий 4) Самостоятельности нет	Автор данной диссертационной работы внес свой весомый вклад в постановку задач, разработку методов проведения экспериментов, а также в обработку и анализ полученных данных. Наличие научных публикаций и патента может служить показателем самостоятельности автора.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) Обоснована; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована. 4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) Отражает; 2) частично отражает; 3) не отражает. 4.3 Цель и задачи соответствует теме диссертации 1) Соответствуют; 2) Частично соответствуют; 3) Не соответствуют. 4.4. Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) полностью взаимосвязаны; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует. 4.5. Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:	Диссертационная работа имеет необходимый уровень актуальности и своевременности. Предлагаемая новая технология комплексной переработки шлаков БМЗ, с использованием имеющегося оборудования и небольшими инвестициями. Она связана с необходимостью вовлечения в производственную область многотоннажного техногенного отхода-шлаков цветной металлургии- дополнительного сырьевого источника цветных металлов. Тема диссертационной работы отражает ее содержание. Тем не менее, необходимо отметить что она носит элементы глобального характера и некоторой неконкретности. Ведь к автогенным процессам относятся не только ПВ но и другие, Например КФП, АШП, Мицубиси, Кено-Шенон, Сиросмелт и др. Но эти претензии не к соискателю, а к организации в которой утверждали тему. Объявленные в работе цели и задачи соответствуют теме диссертации и решены в полном объеме. Выполнение их достигнуто проведением исследований физико-химических характеристик шихты, флюсов и шлаков ПВ, проведением термодинамического анализа взаимодействия компонентов шлака с восстановителем, а так же прикладных исследований обеднения шлаков и повышения обеднительной способности двузонной печи Ванюкова с проведением промышленных испытаний. Работа имеет необходимую степень логической. Разделы и научные положения ее логически связаны и направлены на достижение объявленной цели. Диссертация -это завершённое научное исследование, направленно на создание новой эффективной технологии обеднения шлаков ПВ Балхашского медеплавильного завода. В литературном обзоре представлен анализ современного состояния и перспектив развития медной промышленности, исходя из сырьевой базы Казахстана. Описаны существующие технологии обеднения медных шлаков, включающие гидро- и

		<p>1) <u>критический анализ есть:</u> 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов.</p>	<p>пирометаллургические способы, с анализом их достоинств и недостатков. Методы решения поставленных в работе целей и задач обоснованы убедительно, с описанием отличий предлагаемой соискателем технологии от уже известных. Тем не менее необходимо отметить, что в литературном обзоре нет информации об обеднении шлаков ПВ методом хлоридной продувки с практически полным (97-99% извлечением не только меди но и цинка, свинца (Айткулов Д. К. Разработка физико-химических основ и технологии извлечения меди, цинка и свинца из оксидно-сульфидного сырья хлоридной продувкой: Автореферат дис. ... д-ра техн. наук : 05.16.02 /– Алматы:ИМиО, 2001. – 50 с)</p>
5.	Принцип научной новизны	<p>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%)</p>	<p>Научные результаты являются новыми. Основными научными прикладными результатами, позволяющими повысить эффективность переработки медьсодержащих концентратов являются: - выявлены закономерности, преимущественных потерь меди со шлаками на БМЗ; - методами рентгенофазового анализа и сканирующей электронной микроскопией установлено, что во флюсовых рудах, применяемых на БМЗ Al_2O_3 связывает кремнезем в алюмосиликаты: Al_2SiO_5; $(K,Na)AlSi_3O_8$, $Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$; $KAl_2[Si_3AlO_{10}](OH)_2$ значительно уменьшающих флюсующую способность руд; - получена новая информация о поведении угля как дополнительного источника теплоты при плавке концентрата в печи Ванюкова на БМЗ; - получены новые данные по восстановлению шлака при давлении кислорода $<10^{-10}$ атм; - усовершенствована конструкция двузонной печи Ванюкова (ее восстановительная зона) ; - новый способ подачи топлива через фурмы совместно с дутьем.</p>
		<p>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%)</p>	<p>Выводы диссертации являются новыми. Выявлены закономерности, определяющие потери меди со шлаками при использовании текущего типа сырья (концентраты, флюсы, уголь) на БМЗ. Впервые методами РФА и СЭМ выявлена причина уменьшения флюсующей способности руд за счет образования не только</p>

			<p>простого алюмосиликата (Al_2SiO_5), но и более сложных алюмосиликатов, в том числе содержащих оксиды калия и натрия.</p> <p>Получены новые данные о характере поведения угля. При плавке на БМЗ основная его часть является не топливным агентом, а участвует в эндотермических реакциях с оксидами, со вспениванием расплава.</p> <p>Экспериментально получены данные по восстановлению компонентов шлаков в условиях глубоко восстановительной атмосфере при давлении кислорода $<10^{-10}$ атм.</p> <p>Разработана усовершенствованная конструкция двузонной печи Ванюкова (ее восстановительной зоны), которая повышает эффективность переработки медных сульфидных концентратов.</p> <p>Так же создан новый дутьевой, фурменный способ подачи топлива в печь ПВ.</p> <p>Они ранее никем не были опубликованы, кроме автора диссертации и его соавторов.</p>
		<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p><u>1) полностью новые;</u></p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Диссертационная работа имеет высокую степень прикладной направленности. Соискателем разработана усовершенствованная конструкция печи Ванюкова, с разделением печи на две зоны: плавления и восстановления. Для повышения технологической эффективности восстановительной зоны она оснащена рациональной фурменной системой подачи пылевидного угля. За счет этого были созданы условия для низкого парциального давления кислорода и как следствие этому- возможность эффективного восстановления металлов из шлака.</p> <p>Технологические решения для БМЗ являются целесообразными с экономической точки зрения. Годовая прибыль составит 57,7 млн.долл. США.</p>
6.	Обоснованность основных выводов:	<p>Все основные выводы <u>основаны</u>/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы</p>	<p>Выводы, приведенные в диссертации, сделаны на основе результатов проведенного комплекса физико-химических и прикладных исследований. Они не противоречат теоретическим и практическим закономерностям в области пирометаллургии.</p>
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>Положение 1: <u>Результаты исследований по изучению физико-химических</u></p>	<p>Все 5 положений выносимых на защиту, доказаны экспериментально с применением передовых методов исследования:</p> <p>- положение 1: Полученные результаты анализа флюсовых руд, с высоким содержанием оксида алюминия (III) показывают, что он связывает кремнезем алюмосиликатные соединения, такие как:</p>

		<p><u>характеристик шихты, флюсов и шлаков медного производства.</u></p> <p>7.1 Доказано ли положение? 1) доказано 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет</p> <p>7.3 Является ли новыми? 1) да; 2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий</p> <p>7.3 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет</p> <p>Положение 2: <u>Результаты термодинамического анализа взаимодействия компонентов шлака с углеродом угля</u></p> <p>7.1 Доказано ли положение? 1) доказано 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет</p> <p>7.3 Является ли новыми? 1) да; 2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний;</p>	<p>Al_2SiO_5; $(K,Na)AlSi_3O_8$, $Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$; $KAl_2[Si_3AlO_{10}](OH)_2$. Высокое содержание этих минеральных фаз значительно снижает флюсующую способность данных руд.;</p> <p>- положение 2: Механизм восстановления магнетита углеродом в присутствии кремнезема и каолинита с образованием легкоплавкого фаялита был подтвержден термодинамическими расчетами, выполненными с использованием программных комплексов HSC-10 (с модулем Reaction Equations) и HSC-8.</p> <p>- положение 3: Возможность восстановления шлаковых расплавов была экспериментально доказана использованием методом планирования эксперимента и созданием математической модели процесса;</p> <p>Рентгенофазового анализа с применением рентгеновского дифрактометра D8 Advance (Bruker);</p> <p>- Сканирующей электронной микроскопией с использованием JEOL JXA 8230 (SEM);</p> <p>- Термический анализ с использованием STA 449 F3 Jupiter.</p> <p>Новые теоретические и экспериментальные данные были получены по восстановлению шлака при парциальном давлении кислорода $<10^{-10}$ атм. Достигнут высокий уровень обеднения шлака, плавящихся при 1280-1300 °С;</p> <p>- положение 4: Проведенные экспериментальные исследования, укрупненные испытания и активированные промышленные испытания позволили получить новые данные о поведении угля, как дополнительного источника тепла при плавке концентратов на Балхашском металлургическом заводе.</p> <p>- положение 5: Экспериментальные данные, полученные в лабораторных условиях, подтверждают высокую эффективность предложенной усовершенствованной конструкции печи Ванюкова, позволяющей уменьшить содержание меди в шлаке и увеличить долю металлизированного железа. На основании проведенных исследований был получен патент на полезную модель- «Печь для непрерывной плавки сульфидных материалов в жидкой ванне».</p> <p>Методы исследований, которые использовал автор диссертации продуктивно используются учеными при решении задач теоретического и прикладного характера. Они достаточно успешно апробированы в пиromеталлургии. Поэтому позволили соискателю успешно достичь объявленную цель работы.</p>
--	--	--	---

3) широкий

7.3 Доказано ли в статье?

1) да;

2) нет

Положение 3: **Результаты лабораторных испытаний по обеднению шлаков.**

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: **результаты промышленных испытаний.**

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:

В диссертационной работе отсутствуют тривиальные элементы. Полученные результаты были получены с помощью современных методов исследования.

Положения, выносимые на защиту, являются новыми. Ранее подобные положения и результаты исследований не были кем-либо, кроме автора описаны в литературе и публично не обсуждались.

Положения, выносимые на защиту, опубликованы: 4 научных работ в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных КОКСОН МНВО РК, в том числе: в базе данных WoS и Scopus – 3 статьи, в журналах, рекомендованных КОКСОН МОН РК – 1 статья.

Результаты работы апробированы на 4 международных научно-практических конференциях.

Получен патент на полезную модель № 8335 от 05.05.2023.

		<p>1) узкий; 2) средний; 3) широкий 7.3 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет</p> <p>Положение 5: <u>Усовершенствованная конструкция двузонной печи Ванюкова.</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</p>	
8.	Достоверность источников и предоставляемой информации	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана: 1) да 2) нет</p>	<p>Выбор стратегии методологии для проведения исследований сделан правильно и обосновано. Так, для установления фазового состава шлаков была использована сканирующая электронная микроскопия. Для проведения исследований по обеднению шлаков использован метод ПЭФ и крутого восхождения. Предварительная информация об образовании фаялита в присутствии Fe₃O₄, углерода, SiO₂ и алюмосиликатов исследована программным комплексом HSC-8 и HSC-10. Лабораторные исследования проводились на установке моделирующей автогенную плавку. Расчеты конструкции усовершенствования печи Ванюкова с фурменной подачей угля выполнены с</p>

		инженерно- технологической точки зрения правильно и подробно описаны.
	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	В работе использован комплексный подход, объединивший применение современных методов исследования и методов обработки, демонстрации и интерпретации научных данных, в том числе с использованием компьютерных технологий при термодинамическом моделировании восстановительных процессов, с использованием программных комплексов HSC-8 и HSC-10.
	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): <u>1) да</u> 2) нет	Теоретические выводы, модели и установленные в диссертационной работе взаимосвязи и закономерности были получены на основе комплексных экспериментальных исследований с применением следующих методов: 1. Химические методы анализа: оптико-эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой (Optima 8300 DV, PerkinElmer, США) и титриметрический анализ. 2. Рентгенофазовый анализ: полуколичественный метод с использованием дифрактометра D8 Advance (Bruker AXS GmbH). 3. Термический анализ шлаков: прибор STA 449 F3 Jupiter, с обработкой результатов в программном обеспечении NETZSCH Proteus. 4. Электронно-зондовой микроанализ: микроанализатор JEOL JXA 8230. 5. Петрографический анализ: прямой промышленный поляризационный микроскоп OLYMPUS BX-51. Кроме того, были проведены термодинамические расчеты с использованием программного комплекса HSC-10.0 с использованием модуля Reaction Equations. Несмотря на использование современных физико-химических и прикладных методов в работе отсутствует информация о погрешностях теоретических и прикладных исследований.
	8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Основные научные результаты опубликованы в рецензируемых международных и отечественных научных изданиях. Достоверность выводов работы подтверждаются согласованностью с результатами независимых исследования и выводами, полученными другими авторами в области пирометаллургии меди.

		<p>8.5 Использованные источники литературы <u>достаточны</u>/не достаточны для литературного обзора.</p>	<p>В работе приведен список литературы из 119 наименования. Приведенные источники позволили составить практически объективный обзор диссертационной работы. Необходимо отметить, что не все публикации соискателя по теме диссертации а только 3 из 9 приведены в разделе «Список использованной литературы».</p> <p>Работа отличается значительным использованием иностранных источников . Однако некоторые источники (поз.49, 50, 100)- старые издания 1943-1969гг.</p> <p>Кроме этого в обзоре отсутствует информация о карбидотермическом методе обеднения медных шлаков , с переводом в Cu и Fe в металлический продукт, а Zn и Pb в возгоны (ИМиО, Онаев И.А., Панфилов П.Ф.), а так же литература по хлоридной продувке шлаков (Айткулов Д.К.)</p>
9.	Принцип практической ценности	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение</p> <p>1) да 2) нет</p>	<p>Целью диссертационной работы является разработка инновационной технологии обеднения шлаков печи ПВ на БМЗ, с использованием существующего оборудования. Работа не предусматривала глубокого изучения процессов обеднения шлаков. В ней например нет информации о кинетике исследуемых процессов, а следовательно и стратегии их интенсификации. Поэтому работа не имеет преимущественного теоретического значения.</p>
		<p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике</p> <p>1) да 2) нет</p>	<p>Полученные теоретические и экспериментальные результаты, приведенные в диссертации, однозначно демонстрируют ее преимущественную практическую значимость и позволяют в перспективе использовать ее в медной подотрасли, в частности на Балхашском медеплавильном заводе.</p>
		<p>9.3 Предложения для практики являются новыми?</p> <p>1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Практические рекомендации являются новыми. Ранее подобные рекомендации и решения кем-либо, кроме автора не предлагались. Технология обеднения шлаков ПВ, созданная автором, на основе комплекса направленных физико-химических и прикладных исследований, новых инженерно- технологических решений, подтвержденных опытно- промышленными испытаниями имеют высокую степень возможности реализации в печах ПВ в Казахстане и зарубежом.</p>

10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Диссертация написана на высоком научно- профессиональном уровне. Большинство предложений построено верно с однозначным смыслом. Есть замечания по оформлению. Дериватограмма (с.47) низкого качества. Нет обозначения осей и нечитаемые мелкие цифры. Нет ссылки на диаграмму состояния FeO-SiO ₂ -Al ₂ O ₃ (с.35). Некоторый материал присутствует в основном тексте диссертации и приложении (материал по оптимизации обеднения) Здесь же отсутствуют натуральные обозначения независимых факторов (Z1, Z2, Z3).
-----	---------------------------------	---	---

Диссертационная работа «Разработка технологии обеднения шлаков автогенной плавки медных сульфидных концентратов», выполнена в полном объёме и соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам, ее автор Дюсебекова Марал Адельбековна заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07204 – «Металлургическая инженерия».

**Профессор кафедры «Технологии силикатов и металлургия»
Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова,
доктор технических наук, профессор**

**Секретарь Ученого совета
Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова,
доктор философии PhD**



Шевко В.М.

Конарбаева З.К.