

**Письменный отзыв официального рецензента
на диссертационную работу
Сейсембаева Руслана Сериковича
"Разработка технологии извлечения цветных и благородных металлов из коллекторных штейнов СПС-процесса"
на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D070900 – Металлургия**

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) <u>Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</u></p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</p>	<p>Диссертация выполнена в рамках проекта: «Исследование и разработка технологических параметров новых процессов извлечения золота и цветных металлов из коллекторных сульфидных и металлических расплавов сократительной пирометаллургической селекции упорных руд золота», № ГР 0115РК01167. Программа: "Грантовое финансирование научных исследований на 2015-2017 гг."</p>
2.	Важность для науки	<p><u>Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее</u></p>	<p>Работа вносит существенный вклад в науку, в связи с полученными новыми результатами в области физико-химии свойств шлаков и</p>

		важность хорошо раскрыта/не раскрыта	штейнов, сократительной плавки руд и концентратов, содержащих медь и благородные металлы, огарков обжига штейна, а так же закономерностей обжига золотосодержащего штейна и жидкофазного углетермического восстановления огарков. Важность диссертационной работы довольно хорошо раскрыта во введении и связана она с необходимостью вовлечения в производственный цикл особо упорных золотосодержащих руд, составляющих около половины мировых запасов золота.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) Высокий; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	Уровень самостоятельной работы диссертанта определяется личным вкладом его в развитие науки, технологии, степенью участия в научных исследованиях и уровнем самостоятельности в написании диссертации, а также проведением собственных научных исследований. В представленной диссертации нет раздела "Принцип самостоятельности". Поэтому трудно судить о вкладе соискателя в развитие теории и технологии переработки упорных золотосодержащих руд с получением металлизированного продукта, обогащенными благородными металлами и медью, степени самостоятельности в анализе результатов, выводов и заключений по работе и уровне самостоятельности написания диссертации. Поэтому об уровне самостоятельности можно судить только косвенно, с учетом практически полного изложения материала диссертации в статьях и актах, соавтором которых является соискатель.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) Обоснована; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность диссертации имеет высокую степень обоснованности и своевременности. Это связано с тем, что Казахстан в настоящее время, находясь на девятом месте в мире по запасам золота (≈ 2 тыс.т), с производством 78,4 т золота в 2020г., занимая по этому показателю только шестнадцатое место, не входя в первую мировую десятку стран производителей золота (источник: https://zolotodb.ru/article/11330/?page=all). Подобная ситуация наблюдается и с серебром. Седьмое место в мире по запасам (≈ 45 тыс.т) и расположением в мире во втором десятке по производству (≈ 662 т). Во многом это связано с тем, что большая часть золота в Казахстане сосредоточена в упорных рудах, технологии переработки которых несовершенны и не позволяют извлечь в товарную продукцию более

		70% золота. Рецензируемая работа посвящена созданию технологии переработки упорных золото-серебросодержащих руд пирометаллургическим методом, минуя стадию обогащения (с отказом от технологии цианирования) с получением металлизированной фазы, содержащей золото, серебро, медь.
	4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает</u> ; 2) Частично отражает; 3) Не отражает	В рецензируемой диссертации содержание диссертации в основном отображает ее тему. Исключение составляет глава 2, которая носит дополнительный сопряжено подготовительный характер.
	4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют</u> ; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Объявленные в работе цель и задачи преимущественно соответствуют теме диссертации. Однако имеются некоторые разночтения. Так, цель в качестве объекта предусматривает переработку упорных коренных руд. В задачах исследований этот объект отсутствует.
	4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны</u> ; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	В диссертации все разделы и их положения взаимосвязаны и имеют необходимую степень логического сопряжения. Так, в диссертации последовательно описываются результаты исследований по свойствам исходных материалов и штейнов, содержащих золото, серебро, медь и углестермического восстановления огарков с получением обогащенной металлами металлизированной фазы.
	4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ есть</u> ; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	Соискателем в диссертационной работе в главе "Обоснование выбранного направления работы" критически рассмотрены известные методы переработки упорных золотосодержащих руд с описанием их достоинств и особенно недостатков (на этом этапе соискателем была проанализирована информация из 111 литературных источников). На основании этого анализа автором диссертационной работы предложено новое технологическое решение по переработке упорных золотосодержащих руд по схеме: руда→электроплавка→штейн→окислительный обжиг→огарок→углестермическое восстановление →обогащенный золотом и серебром металлизированный продукт. Однако, необходимо отметить, что при анализе существующих методов, использованы старые патенты, опубликованные в 1960-1974

			годах, а зарубежная литература по теме отсутствует.
5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>К основным научным результатам и положениям диссертационной работы необходимо отнести:</p> <p>1. Установленные закономерности влияния температуры, содержания кислорода в дутье, крупности штейна на степень извлечения в газовую фазу углерода, серы и мышьяка при обжиге штейнов. В частности показано, что изменение концентрации SO_2 в газовой фазе носит экстремальный характер при 5-15 мин.; продолжительность окисления штейнов уменьшается от 240мин до 40мин при замене атмосферного воздуха на технический кислород. Напротив скорость окисления штейна при изменении его крупности от 0,5 до 2 мм практически не меняется, а при 0,2 мм значительно (практически в 2 раза) возрастает. Выявлены лимитирующие стадии обжига: процессы окисления лимитируются прямой и обратной диффузией.</p> <p>2. Выявлены закономерности влияния температуры на выход металлизированной фазы при углетермическом восстановлении огарка после обжига штейна, на содержание в металлизированной фазе железа. Найдено, что для извлечения в металл 99,6-99,7% серебра и 89-91% золота процесс необходимо проводить при температуре более 1400 °С. Установлена роль кокса как регулятора содержания в сплаве золота, серебра, меди. С уменьшением кокса содержание золота возможно увеличить почти в 4 раза (до 808г/т) и серебра в 2,5 раза (до 544,8г/т).</p> <p>Тем не менее, отсутствие величины экспериментальной энергии активации углетермического восстановления металлов из огарков несколько уменьшают полноту полученных результатов и не позволяет в полной мере выработать рекомендации по интенсификации восстановления металлов из огарка. Кроме этого, информация автора о новообразовании соединения FeO_2 носит предварительный характер. Образование этого вещества необходимо подтвердить другими физико-химическими методами анализа.</p>
		<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p>	<p>Приведенные в диссертации выводы (в виде заключения) относительно термоповедения золотосодержащих руд, концентратов, штейна, огарков обжига штейна, их РФА и электронная микроскопия,</p>

		<p>2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>результаты экспериментальных исследований в области обжига штейна и углетермического жидкофазного восстановления огарка обжига, а так же результаты балансовых и опытно-промышленных испытаний по прямой плавке золотосодержащих руд на ГРК ТОО "Териксай" являются новыми, и ранее кем-либо (кроме соискателя и его соавторов) не были опубликованы.</p>
		<p>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%)</p>	<p>На основании полученных теоретических и прикладных исследований автором диссертации создана новая технология переработки упорных золото-серебросодержащих руд, которая не предусматривает использование цианидов с извлечением благородных металлов, по схеме: руда, концентрат → сократительная пироселекция → обжиг золотосодержащего штейна → углетермическое восстановление → обогащенный благородными металлами продукт, которая обеспечивает увеличение сквозного извлечения в целевой продукт золота от 70 до 95%.</p> <p>Наряду с технологической целесообразностью созданного способа переработки упорных золото-серебросодержащих руд, в диссертации приведены технико-экономические сведения по этой технологии. Согласно приведенной информации при годовой переработке 300 000 т руды в год стоимость получаемого серебра, золота, меди составляет 106,58млн.долл. США, при годовых затратах 55,48 млн.долл. США.</p> <p>Вместе с тем необходимо отметить, что в работе отсутствует информация о распределении Zn и Pb по переделам: СПС-процесс - обжиг -восстановление. Кроме того нет полного химического анализа возгонов, образующихся при плавке руды и обжиге штейна. Приведенные экономические сведения носят предварительный характер, в виду отсутствия некоторых позиций. Так, в текущих затратах, например, отсутствует амортизация оборудования, зданий и сооружений.</p>
6.	Обоснованность основных выводов	<p>Все основные выводы <u>основаны</u>/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно</p>	<p>Выводы, приведенные в заключении сделаны на основе экспериментальных результатов и результатов физико-химических методов анализа и исследований. Они не противоречат основным теоретическим и прикладным положениям в области теории и</p>

		хорошо обоснованы (для qualitativeresearch и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	технологии металлургии благородных металлов
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) <u>доказано</u>;</p> <p>2) скорее доказано;</p> <p>3) скорее не доказано;</p> <p>4) не доказано</p>	<p>Все 5 позиций объявленных основных положений, выносимых на защиту доказаны экспериментально. Так в работе приведены результаты исследований плавки руд и концентратов методом СПС обжига золотосодержащих штейнов, восстановления золото-серебросодержащих огарков лабораторными и укрупненными балансовыми плавками.</p>
		<p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да;</p> <p>2) <u>нет</u></p>	<p>Элементы тривиальности в диссертационной работе отсутствуют. Все найденные закономерности и особенности изученных процессов рассматривались не упрощенно, а с позиции современных знаний в области теории и технологии применительно к пирометаллургической переработке упорных золото-серебросодержащих руд.</p>
		<p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет</p>	<p>Положения выносимые на защиту являются новыми. Ранее подобные положения и результаты исследований по теме диссертации не были кем-либо (за исключением автора работы) описаны в литературе.</p>
		<p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий;</p> <p>2) <u>средний</u>;</p> <p>3) широкий</p>	<p>Из пяти положений, выносимых на защиту первое положение имеет широкий уровень для применения, не только в Казахстане, но и зарубежом при переработке упорных золото-серебросодержащих руд в США, Австралии, Канаде, Китае, ЮАР. В то же время второе, третье, четвертое и пятое положения имеют узкое применение, так как они получены для конкретных Казахстанских руд. Поэтому уровень применения оценивается как средний.</p>
		<p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет</p>	<p>В приложении А диссертации приведен список 13 публикаций по теме диссертации. В список публикаций соискателя входят две статьи в журнале Metallurgist (процентиль 38 по БД Scopus) и четыре статьи по перечню журналов рекомендованных КОКСОН МОН РК (три статьи в журнале КИМС и статья в Известиях НАН РК. Серия геологических и</p>

			<p>технических наук). В публикациях показаны и нашли отражения положения, выносимые на защиту.</p>
8.	<p>Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>Выбор методологии исследований проводился с учетом особенностей пирометаллургических процессов, в частности пирометаллургии меди (плавка, обжиг, восстановление металлов, улавливание пыли). В работе подробно дано описание технологических методов исследований с использованием индукционного нагрева, печей сопротивления, а также методика проведения исследований методом минералографии, анализатором с индуктивно связанной плазмой. Эта методология позволила получить соискателю достоверные данные об изучаемых процессах с последующим объективным заключением по работе.</p>
		<p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>В работе наряду с надежными методами экспериментальных исследований: плавка в индукционной печи ЦИП-16-10-0,005, обжиг и плавка в камерной печи НТС 08/16 Nabertherm, а так же обжиг в печи СУОЛ -0,25.1/12-М1 в паре с газоанализатором ПЭМ-2М были использованы современные физико-химические методы исследования исходного сырья и продуктов технологических переделов: синхронный термический анализатор STA449F3 Jupiter; рентгенофазовый анализ на приборе D8 Advance (Bruker AXS GmbH), химический анализ на спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Optima 2000 DV, электронно-зондовым микроанализаторе JEOL JXA 8230 Electron Probe Microanalyzer.</p> <p>Технологические исследования и обработке результатов ФХМА проводилась на ЭВМ с использованием компьютерных программ: "Штабель" (при составлении шихты), Stream BasicR (для минералогического анализа), NETZSCHProteus (для термического анализа), EVA, Search/match (для РФА).</p> <p>Тем не менее, определение рациональных технологических параметров по плавке, обжигу и восстановлению необходимо было выполнить с использованием методов планирования экспериментов с построением объемных и плоскостных изображений технологических параметров и последующей оптимизацией процесса (например графической).</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) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p>	<p>Выявленные в процессе исследований закономерности плавки золото-серебросодержащих руд и концентратов по технологии СПС, свойствам штейнов и их обжигу, а так же процесса углетермического восстановления огарка подтверждены укрупненными балансовыми восстановительными плавками золотосодержащих огарков, а также выполнением технологического регламента для проектирования промышленной установки по переработке руды месторождения Бакырчик методом СПС с переводом золота в металлизированную фазу, годовой производительностью 300 000 т руды, соисполнителем которого являлся соискатель.</p>
		<p>8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u>/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p>	<p>Основные важные утверждения (в том числе и результаты автора) подтверждены соответствующими ссылками на научную литературу. Тем не менее, в разделе технико-экономические сведения ссылки на литературные источники отсутствуют.</p>
		<p>8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны</u>/не достаточны для литературного обзора</p>	<p>Список литературных источников диссертации насчитывает 128 научных работ, в том числе для литературного обзора 111, которых достаточно для проведения аналитического литературного обзора по теме диссертации.</p>
9	Принцип практической ценности	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:</p> <p>1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p>	<p>Целевым назначением работы не является целенаправленное проведение исследований только в области физико-химии, пирометаллургии благородных металлов и золота. Поэтому работа не имеет преимущественного (основного) теоретического назначения.</p>
		<p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:</p> <p>1) <u>да</u>; 2) <u>нет</u></p>	<p>Приведенные в диссертации прикладные результаты имеют большое практическое значение, в виду большого сырьевого потенциала в Казахстане золотосодержащих труднообогатимых, упорных руд, существующие технологии переработки которых не соответствуют современным требованиям к технологическому уровню и его экономическим, конкурентоспособным показателям. Большая вероятность применения полученных результатов на практике связана с разработкой в 2017г. для ТОО "Корпорация Казахмыс"</p>

			технологического регламента на проектирование установки по переработке в год 300 000т золотосодержащей руды, с получением 13508т металлургической фазы, содержащей 2,02т золота, 1,5т серебра, 229,6 т меди.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) <u>полностью новые</u> ; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Степень новизны практических предложений и рекомендаций довольно высокая и новая в виду того, что предлагаемая технология позволяет вовлечь в производственную сферу труднообогатимые, упорные руды, на долю которых приходится примерно 60% текущих запасов золота. при этом в сравнение с известными методами предлагаемая технология позволяет увеличить сквозное извлечение золота от 60-70% до 95% и отказаться от использования вредных цианидов в технологии золота.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) <u>высокое</u> ; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Диссертация написана достаточно хорошим, доступным, профессиональным техническим стилем. Формулировки основных положений и выводов ясные и однозначные. Для улучшения восприятия некоторых технологических закономерностей часть табличного материала (табл.29,30, 31, 33, 35) необходимо было показать в виде рисунков.

За научно обоснованные технологические решения в области металлургии благородных металлов, внедрение которых внесет заметный вклад в развитие производства золота и серебра в Казахстане, рекомендую присудить Сейсембаеву Руслану Сериковичу степень доктора философии (PhD) по специальности 6D070900 – Металлургия.

Заведующий кафедрой "Металлургия"
Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова
доктор технических наук, профессор



Шевко В.М.

Секретарь Ученого совета
Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова
кандидат физико-математических наук, доцент

Досыбеков С.К.