

**Письменный отзыв официального рецензента  
на диссертационную работу  
Тымбаевой Айгерим Алибековны**

**«Разработка технологии переработки мышьяксодержащих материалов свинцового и медного производств с выводом мышьяка в виде малоопасного отхода»  
представленной 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	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы) 2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы) 3) <u>Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</u>	Тема диссертации на дату ее утверждения соответствует приоритетному направлению развития науки на 2018 – 2020 гг. «Рациональное использование природных, в том числе водных ресурсов, геология, переработка, новые материалы и технологии, безопасные изделия и конструкции».
2.	Важность для науки	<u>Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта</u>	Работа вносит существенный вклад в пополнение теоретических представлений о металлургических процессах. В работе приведены новые данные о физико-химических закономерностях гидрOMETALLУРГИЧЕСКИХ процессов, протекающих при серощелочном выщелачивании медных сьемов, а также теоретически обоснована и экспериментально показана возможность регенерации серощелочного реагента из раствора сульфата натрия путём

			его взаимодействия с известково-серным реагентом. Важность работы, заключающаяся в необходимости разработки технологии, позволяющей селективно выделять мышьяк из медных съёмов свинцового производства для снижения циркуляционной нагрузки вредной примеси между медным и свинцовым заводами, достаточно хорошо раскрыта во введении и первой главе.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>Высокий</u> ; 2) <u>Средний</u> ; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	Работа включает в себя следующие основные стадии: анализ состояния проблемы, теоретические исследования, экспериментальные исследования в лабораторном и в укрупненно-лабораторном масштабах, а также оценку экономической целесообразности предлагаемой технологии. Об уровне самостоятельности диссертанта возможно судить лишь косвенно, так как в работе использованы результаты НИР, в получении которых участвовал коллектив авторов.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована</u> ; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Проведенная работа, посвященная селективному выделению мышьяка из медных съёмов свинцового производства в отвальной продукт низкого класса опасности, является актуальной и своевременной. Это связано с тем, что изменение в 2011-2012 гг. технологической схемы производства свинца на УМКК ТОО «Казцинк» привело к изменению распределения мышьяка по промпродуктам предприятия. В частности, произошло почти трехкратное увеличение распределения мышьяка в медные съёмы свинцового производства, что, в свою очередь, может привести к получению некачественной товарной продукции, износу футеровки пирометаллургических агрегатов, загрязнению окружающей среды летучими соединениями мышьяка.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает</u> ; 2) Частично отражает;	Содержание рецензируемой диссертации согласуется с заявленной темой диссертации.

		3) Не отражает	
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют</u> ; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Цель и задачи, поставленные в работе, соответствует теме диссертации и конкретизирует направление исследований. Однако, поставленные задачи, характеризующие этапы работ и их необходимость, желательно выразить более четко, т.к. в подразделе «Задачи исследования, их место в выполнении НИР в целом» раздела «ВВЕДЕНИЕ» они описаны размыто и не совсем ясны.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны</u> ; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	При выполнении диссертационной работы сохранен принцип внутреннего единства. Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны.
		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	В первом разделе диссертационной работы представлены результаты произведенного диссертантом тщательного анализа известных пирометаллургических и гидрометаллургических решений по переработке мышьяксодержащих материалов с представлением собственного мнения о преимуществах и недостатках разработанных технологий. На основании данного анализа автором сделан вывод о том, что на металлургических производствах с сопутствующим производством серной кислоты наиболее экономически выгодным способом извлечения мышьяка является его осаждение в сульфидный кек серной кислотой.
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%)	Основные научные результаты и положения включают следующие пункты: - Впервые экспериментально определены закономерности процесса серощелочного выщелачивания мышьяка из медных съемов. При этом, предложен трехступенчатый механизм растворения арсенида меди в серощелочном растворе. Показано, что в условиях серощелочного выщелачивания мышьяка из медных съемов, полученное значение величины

			<p>кажущейся энергии активации - 37,5 кДж/моль указывает на возможность протекания процесса как в переходном, так и в кинетическом режимах, то есть скорость реакций в значительной мере зависит от состава раствора. Установлено, что при снижении доли гидроксида натрия в серощелочном растворе с 100 г/дм<sup>3</sup> до 50 г/дм<sup>3</sup> лимитирующей стадией процесса является взаимодействие метатиоарсенита натрия (NaAsS<sub>2</sub>) с сульфидом натрия с получением тиоарсенита натрия (Na<sub>3</sub>AsS<sub>3</sub>). При снижении доли серы в серощелочном растворе с 100 г/дм<sup>3</sup> до 25 г/дм<sup>3</sup> процесс лимитируется окислением тиоарсенита натрия (Na<sub>3</sub>AsS<sub>3</sub>) до тиоарсената натрия (Na<sub>3</sub>AsS<sub>4</sub>).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Впервые установлено, что наиболее высокая степень осаждения мышьяка (&gt;98 % As) достигается в интервале температур 25-85 °С при одинаковом значении рН среды – 1,5-2.</li> <li>- Впервые на основании экспериментальных данных доказана возможность регенерации серощелочного реагента из раствора, получаемого при осаждении мышьяка, с использованием известково-серного реагента и тем самым создание замкнутого цикла процесса.</li> </ul>
		<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 из научно-исследовательской работы диссертанта, приведенные в диссертационной работе являются полностью новыми, т.к. основываются на комплексе собственных теоретических и прикладных исследований, как в лабораторном, так и в укрупненно-лабораторном масштабах.</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>По результатам укрупненно-лабораторных исследований диссертантом разработана и предлагается к внедрению схема нового технологического передела, направленного на повышение технико-экономических показателей реального производства. На основе разработанной технологической схемы произведены предварительные расчеты необходимого количества оборудования и представлена аппаратурная схема</p>

			их переработки. Произведены экономические расчеты, которые помимо технологической и экологической обоснованности внедрения технологии указывают также на ее экономическую целесообразность.
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы <u>основаны</u> /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Все основные выводы, приведенные диссертантом в диссертационной работе, подтверждены экспериментальными данными, в получении которых применялся комплекс современных физико-химических методов анализа.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) <u>доказано</u> ; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) <u>нет</u> 7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u> ; 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) <u>средний</u> ; 3) широкий 7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u> ; 2) нет	7.1 Основные положения, выносимые на защиту, полностью доказаны экспериментальными исследованиями в лабораторном масштабе и подтверждены результатами укрупненно-лабораторных испытаний. 7.2 Основные положения, выносимые на защиту, не являются тривиальными, так как содержат решения, отличающиеся научной новизной и практической значимостью. Полученные в ходе исследовательской деятельности закономерности и новые знания рассмотрены достаточно полно, с использованием последних научных достижений. 7.3 Новизна основных положений выносимых на защиту подтверждается патентом РК № 34440 «Способ гидрометаллургической переработки мышьяксодержащих промпродуктов цветной металлургии», опубликованном в 2020 году. 7.4 Положения, выносимые на защиту, имеют средний уровень применения, так как данные получены для конкретного сырья. Тем не менее разработанная технология гидрометаллургической переработки медных съемов свинцового производства перспективна и для переработки других мышьяксодержащих материалов. 7.5 По результатам работы опубликовано 3 статьи в изданиях, включенных в перечень ККСОН МОН РК, 1 статья в издании, индексируемом в базе данных Scopus (процентиль 45).

8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) <u>да</u> ; 2) нет	Выбор методологии исследований проведен с учетом особенностей гидрометаллургических процессов.
		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	В работе использованы современные физико-химические методы исследований сырья и продуктов их переработки. При исследовании термодинамики гидрометаллургических процессов, протекающих при серощелочном выщелачивании медных сѐмов и в процессе осаждения мышьяка использованы возможности программы HSC Chemistry версии 5.1. Статистическую обработку данных производили с помощью программы Statistica 7.0.
		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): 1) <u>да</u> ; 2) нет	Диссертантом в полной мере обоснованы теоретические выводы, модели, выявленные в ходе исследовательской работы взаимосвязи и закономерности. В работе приведены три статистические модели, полученные с использованием программы Statistica 7.0, а также математическая модель процесса серощелочного выщелачивания, которая описывает влияние температуры, продолжительности, крупности частиц, а также отношения гидроксида натрия с серы в серощелочном растворе на степень извлечения мышьяка в раствор. Полученные расчетным путем данные подтверждаются результатами экспериментальных исследований.
		8.4 <u>Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</u>	Важные утверждения, приводимые в диссертационной работе, подтверждаются ссылками на актуальную и достоверную общедоступную научную литературу.
		8.5 <u>Использованные источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора</u>	Список источников, использованных в работе состоит из 78 наименований, которых достаточно для литературного обзора по данной теме.

9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u> ; 2) нет	В исследовательской работе отдельное внимание уделено исследованию физико-химических закономерностей термодинамики и кинетики гидрометаллургических процессов, протекающих при серощелочном выщелачивании медных сѐмов. Полученные новые данные являются одним из основных пунктов научной новизны диссертационной работы. Однако, в работе недостаточно полно изучены физико-химические закономерности процесса регенерации серощелочного реагента.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u> ; 2) нет	Модернизация свинцового производства и запуск медного завода на УКМК ТОО «Казцинк» в 2011-2012 гг. привели к изменению движения примесных компонентов, в частности мышьяка, в технологической схеме. Увеличилось распределение мышьяка в медьсодержащие продукты свинцового производства. На сегодняшний день, это приводит к повышенной циркуляции мышьяка между свинцовым и медным производствами и риску заражения товарной продукции. На производстве имеется острая необходимость во внедрении дополнительного узла очистки медьсодержащих промпродуктов свинцового производства от мышьяка перед отправкой на медный завод. Разработанная и предлагаемая диссертантом технология гидрометаллургической переработки медных сѐмов свинцового производства позволит решить проблему циркуляции мышьяка между медным и свинцовым заводами за сѐт селективного, относительно свинца, меди, цинка, золота и серебра, вывода мышьяка в отвальный продукт низкого класса опасности при сравнительно низких эксплуатационных затратах, достигаемых за сѐт регенерации серощелочного реагента.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) <u>полностью новые</u> ; 2) частично новые (новыми являются 25-75%);	На практике широко распространены пирометаллургические способы переработки медных сѐмов, нацеленные на выделение меди и свинца в разные продукты, однако не

		3) не новые (новыми являются менее 25%)	обеспечивающие вывод мышьяка в отвальный продукт. В связи с чем, предлагаемая технология гидрометаллургической переработки медных съёмов свинцового производства, нацеленная на селективное выделение мышьяка в отвальный продукт низкого класса опасности, является новым предложением для практики.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) <u>высокое</u> ; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Диссертация написана грамотным научно-техническим, доступным для читателя языком. В диссертационной работе имеются незначительные опечатки не снижающие качества работы.

**Заключение.** Проведена качественная научно-исследовательская работа, по результатам которой получены новые теоретические знания о физико-химических закономерностях процессов, протекающих при серощелочном выщелачивании медных съёмов, разработана и предложена технология переработки медных съёмов свинцового производства гидрометаллургическим способом. На основании вышеизложенного рекомендую присудить Тымбаевой Айгерим Алибековне степень доктора философии (PhD) по специальности 6D070900 – Metallургия.

**К.т.н., заведующая лабораторией вакуумных процессов  
АО «Институт металлургии и обогащения»**



**Ниценко А.В.**

Қолы/подпись	<i>Ниценко А.В.</i>
растаймын / заверяю	
Бас ғылыми хатшы / Главный ученый секретарь «Металлургия және кен байыту институты» АҚ	
«    »    20    ж.	<i>Балейт</i>