

Письменный отзыв официального рецензента  
на диссертационную работу  
Даруеш Галамат Султанбекулы  
«Разработка комплексной технологии переработки золы с извлечением ценных металлов»  
на соискание степени доктора филологии (ФД)  
по образовательной программе 8D07204 – «Металлургическая инженерия»

№ 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) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)	Диссертационная работа выполнена в рамках грантового проекта: № АР09259637 «Разработка высокоэффективной безотходной технологии для утилизации золы от сжигания угля с получением товарных продуктов» на 2021-2023 г.
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта	Работа вносит существенный вклад в науку и ее важность хорошо раскрыта. В работе впервые получены новые данные по термодинамике реакции взаимодействия компонентов золы с СаС <sub>2</sub> в окислительной атмосфере в интервале температур 900-1100 °С. Показана возможность разложения муллита до легкорастворимых соединений алюминия – анортита и геленита. Получены новые данные по термодинамике и кинетике процесса выщелачивания огарка соляной кислотой. Установлены оптимальные параметры и режимы процессов магнитной сепарации золы с получением

		<p>железосодержащего продукта, обжига немагнитной фракции золы, выщелачивания. Разработана технологическая схема комплексной переработки золы.</p>
<p>3. Принцип самостоятельности</p>	<p>Уровень самостоятельности: 1) Высокий; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет</p>	<p>Уровень самостоятельной работы диссертанта определяется личным вкладом его в получении результатов при написании диссертации, написании научных статей и участием в международных конференциях. В данной работе отсутствует раздел «самостоятельное написание». Поэтому этот уровень оценивался косвенно.</p>
<p>4. Принцип внутреннего единства</p>	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована</u>. 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.</p>	<p>Существующие методы переработки золы позволяют извлекать незначительные количества ценных компонентов. Накопленные объемы золы очень значительны, и с каждым годом продолжают расти в геометрической прогрессии. Создание и развитие новых наукоемких производств высоких переделов (5, 6 и 7 переделы), в первую очередь, требует применения редких и редкоземельных металлов, которые вполне могут быть получены из угля или его отходов, в том числе из золы. Подход, направленный на извлечение из золы исключительно РЭМ не представляется перспективным, так как в этом случае, теряется смысл комплексности использования сырья. Учитывая, что основными компонентами золы являются оксиды алюминия, кремнезема и железа, необходимо учитывать возможность извлечения всего спектра металлов. В рассматриваемом ракурсе большой интерес для практики может представлять высокоэффективная технология переработки золы с комплексным извлечением кремнезема, оксида алюминия, железа и РЭМ в товарные продукты.</p>

	<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <u>Отражает;</u></li> <li>2) Частично отражает;</li> <li>3) Не отражает</li> </ol>	<p>Содержание диссертационной работы отражает тему диссертации</p>
	<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <u>соответствуют;</u></li> <li>2) частично соответствуют;</li> <li>3) не соответствуют</li> </ol>	<p>Цель и задачи работы, представленные в диссертационной работе, полностью соответствуют теме.</p>
	<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <u>полностью взаимосвязаны;</u></li> <li>2) взаимосвязь частичная;</li> <li>3) взаимосвязь отсутствует</li> </ol>	<p>Все разделы диссертационной работы логически взаимосвязаны между собой. Диссертантом изучены физико-химические закономерности процессов, составляющих основу разработанной комплексной технологии переработки золы с получением ценных металлов. Полученные результаты имеют аргументированную основу, которые хорошо подкреплены новыми результатами теоретических и экспериментальных исследований.</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"> <li>1) <u>критический анализ есть;</u></li> <li>2) анализ частичный;</li> <li>3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов</li> </ol>	<p>В ходе проведения научно-исследовательской работы проведен аналитический обзор литературы и патентных исследований. На основании поисковых исследований и анализа результатов формулирована общая концепция построения технологии применительно к переработке золы различного химического и минералогического состава. Особый интерес применение технологии представляет для утилизации золы, получаемых на малых котельных установках, находящихся в черте крупных городов-мегаполисов.</p>
<p>5. Принципы научной новизны</p>	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <u>полностью новы;</u></li> <li>2) частично новы (новыми являются 25-75%);</li> <li>3) не новы (новыми являются менее 25%)</li> </ol>	<p>К новым результатам и положениям диссертационной работы можно отнести: - получены новые данные по термодинамике реакций взаимодействия компонентов золы с СаСl<sub>2</sub> в окислительной атмосфере в интервале температур</p>

	<p>900-1100 °С. Показана возможность разложения муллита до легкорастворимых соединений алюминия – анорита и геленита.</p> <p>- получены новые данные по термодинамике и кинетике процесса выщелачивания огарка соляной кислотой. Установлено, что выщелачивание огарка сопровождается выделением кремнезема в товарный продукт и максимальным более 99 % извлечением алюминия в раствор при Т:Ж=1:3, t=60 °С.</p> <p>- впервые определен механизм термического разложения ГХА и установлены оптимальные параметры процесса термического разложения ГХА: Т = 900 °С и продолжительность, τ = 2 часа. Показано, что получаемый оксид алюминия относится к «песчаному» типу и соответствует марке Г-00 согласно ГОСТ 30558-98 «Глинозем металлургический», и может использоваться в качестве сырья для получения металлургического алюминия. Установлено, что при 900 °С образуются многофазный порошок, состоящий из смеси различных модификаций глинозема: γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 90 масс. % / 10 масс. %.</p> <p>- установлены оптимальные параметры и режимы процессов (а) – магнитной сепарации золы с получением железосодержащего продукта: крупность исходной золы 150 мкм; (б) – обжиг немагнитной фракции золы: Т = 1100 °С; расход СаCl<sub>2</sub> – в 2 раза превышающий его расход от СНК для полного разрушения муллита; τ = 60 мин; расход воздуха – 100 мл/мин; (в) – выщелачивания: Т = 60 °С; Т:Ж = 1:3; концентрация НСl – 30 %; τ = 60 мин.</p> <p>- разработана технологическая схема комплексной</p>
--	---

6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений
	<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;  2) частично новые (новыми являются 25-75%);  3) не новые (новыми являются менее 25%)</p> <p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;  2) частично новые (новыми являются 25-75%);  3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>переработки золы.</p> <p>Как вы можете объяснить механизм растворения геленита и анорита в соляной кислоте, если полученные результаты термодинамических расчетов свободной энергии Гиббса реакций взаимодействия геленита и анорита с соляной кислотой показывают положительные данные?</p> <p>Выводы, приведенные в работе, являются совершенно новыми. Полученные в экспериментальных условиях результаты по физико-химическим, минералогическим составам исходных и получаемых продуктов процессов магнитной сепарации, обжига, выщелачивания, термического разложения, осаждения, ранее (кроме соискателем и в соавторстве) не публиковались.</p> <p>По результатам проведенных диссертантом теоретических и экспериментальных работ разработана новая технология переработки золы от сжигания угля. Рассчитаны технико-экономические показатели новой технологии. Экономическая эффективность от внедрения новой технологии составила ~95 тыс. долларов США в год.</p> <p>Экономическая эффективность была рассчитана в обобщенной форме и в целом не отражает экономическую эффективность технологии, так как некоторые позиции не рассмотрены. Например: не учтена амортизация установок, здания и т.д.</p> <p>Можно ли использовать разработанную технологию для утилизации золошлаковых отходов, получаемых на других ТЭЦ Казахстана?</p>
		<p>Выводы, приведенные в работе, составлены в результате экспериментальных и физико-химических исследований. Это не противоречит</p>

	подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	основным теоретическим и практическим закономерностям в металлургии.
7. Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдележности:</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>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да;</p> <p>2) <u>нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий;</p> <p>2) средний;</p> <p>3) <u>широкий</u></p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет</p>	<p>В работе рассмотрены 5 новых положения, выносимые на защиту, которые полностью экспериментально доказаны результатами проведенных лабораторных и укрупненно-лабораторных исследований по комплексной переработке золы.</p> <p>В диссертационной работе нет тривиальных элементов. Обнаруженные в работе закономерности и особенности изучаемого процесса рассматриваются с точки зрения современного теоретического и технологического подхода, включая решение экологических вопросов.</p> <p>Положения, изложенные в работе, новые. Результаты по теме работы ранее (кроме соискателем и в соавторстве) в литературе не описаны.</p> <p>Четыре положения, приведенные в работе, в целом, пригодны для применения не только в Казахстане, но и за рубежом. Одно положение основано на конкретной переработке накопленной и текущих отходов золы АО «Алматынские электрические станции» (ТЭЦ-2).</p> <p>Результаты работы опубликованы в 3 публикациях в журналах, рекомендованных ККСОН МОН РК, в 1 статье в международном журнале, входящем в базу данных Web of Science, в 2 статьях в международных журналах, входящих в базу данных Scopus и 1 статье в журнале, входящем в базу данных РИНЦ. Результаты работы апробированы личным участием диссертанта на 4 международных</p>

		<p>конференциях.</p>
<p>8. Принцип достоверности источников и предоставляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>Выборанная в работе методика и методологии учитывают особенность процесса твердофазного взаимодействия компонентов золы с хлоридом кальция применительно к условиям обжига и выщелачивания огарка соляной кислотой. Широко применены термодинамические расчеты и новые методы оценки распределения металлов между продуктами плавки. Результаты обоснованы применением современных методов исследований и приборов. Выбор методологии достаточно подробно обоснована и хорошо согласуется с теоретическими подходами, применяемыми в мировой практике.</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>В работе использован комплексный подход, объединивший применение современных подходов к термодинамическому анализу, их расчетов и новых методов физико-химических исследований с использованием технических средств и приборов высокой точности: атомно-абсорбционный анализ (спектрометр PinAAcle, фирмы PerkinElmer), оптический эмиссионный анализ (спектрометр с индуктивно-связанной плазмой Agilent 710 ES), термогравиметрический анализ (анализатор фирмы Mettler Toledo), рентгенофазовый анализ (рентгеновский дифрактометр X'Pert PRO производства компании PANalytical), структурный анализ (растровый электронный микроскоп JSM-6390LV производства компании «JEOL Ltd.»), ИК-спектроскопический анализ (ИК спектрометр FT-801 фирмы Simeх).</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>-Получены новые данные по термодинамике реакций взаимодействия компонентов зола с хлоридом кальция. Установлена высокая вероятность разложения муллита хлоридом кальция в окислительной атмосфере до геленита (<math>\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7</math>).</p> <p>-Получены новые данные по термодинамике и кинетике процесса выщелачивания отарка соляной кислотой. Установлен механизм процесса выщелачивания, который подтверждает образование <math>\text{AlCl}_3</math> с дальнейшим переходом его в маточный раствор. Установлено, что скорость реакций взаимодействия анортита и геленита с <math>\text{HCl}</math> усиливается при температуре <math>60^\circ\text{C}</math> и <math>T:Ж=1:3</math>.</p> <p>-Экспериментально доказана возможность высокого до 80 % извлечения железа из золы путем магнитной сепарации в товарный железосодержащий продукт с высоким содержанием железа ~50 %.</p> <p>-Определены оптимальные параметры обжига немагнитной фракции золы совместно с хлоридом кальция в окислительной атмосфере. Достигнуто максимальное более 98 % разложение муллита до геленита и анортита.</p> <p>-Получены новые данные по выщелачиванию отарка соляной кислотой с выделением железа в железосодержащий товарный продукт и получением чистого кремнезема с содержанием <math>\text{SiO}_2</math> более 99,5%.</p> <p>-Первые определены механизм термического разложения ГХА. Получен оксид алюминия марки Г-00, ГОСТ 30558-98 «Глинозем металлургический».</p>
--	---	---



	<p>8.4 Важные утверждения <u>подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены</u> ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p> <p>8.5 Использованные источники литературы <u>достаточно/не достаточно</u> для литературного обзора</p>	<p>Какое качество получаемых продуктов и какие параметры влияют на их чистоту?</p> <p>Важные утверждения, приведенные в диссертации, подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.</p> <p>В работе приведен список литературы из 61 наименования. Приведенные источники достаточно для формирования литературного обзора диссертационной работы.</p>
9	<p>Принцип практической ценности</p> <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>В диссертационной работе проведены комплексные исследования, направленные на комплексное извлечение ценных металлов из золотшлаковых отходов с получением товарных продуктов. Такой подход, безусловно, повышает теоретическую значимость работы.</p>
	<p>9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые;</p>	<p>Приведенные в диссертационной работе результаты имеют высокую практическую значимость. Разработана технологическая схема комплексной переработки золы с получением товарных продуктов – железосодержащего продукта с высоким до 50 % содержанием железа, чистого кремнезема с содержанием 99,9 % SiO<sub>2</sub> и металлургического глинозема марки Г-00, пригодного для производства алюминия.</p> <p>Почему при выщелачивании использовалась именно соляная кислота? Проводились ли исследования по влиянию на процесс выщелачивания других кислот? Рекомендации к практике являются совершенно новыми. Использование золотшлаковых отходов в</p>

	<p>2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>качестве дополнительного источника сырья обеспечивает высокое извлечение кремния, оксида алюминия в товарный продукт. Это, в свою очередь, ведет к дополнительному выпуску продуктов с высоким качеством.</p>
<p>10. Качество написания и оформления</p>	<p>Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.</p>	<p>Качество академического письма высокое. Диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к таким работам, и отличается внутренним единством. Разделы диссертационной работы логически объединены и направлены на решение поставленных задач.</p>

Диссертационная работа Даруеш Г.С. на тему: «Разработка комплексной технологии переработки золы с извлечением ценных металлов», выполнена в полном объеме и соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертационным работам РнД, имеет новизну и актуальность, и заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07204 – «Металлургическая инженерия».

**Ведущий научный сотрудник  
лаборатории «Глинозема и алюминия»  
АО «Институт металлургии и обогащения»,  
кандидат технических наук**

**Гладышев С.В.**

