

ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу Абиқақ Еркежан Баймұратқызы
на тему «Разработка технологии получения цветных и благородных металлов при
комплексной переработке техногенных отходов – пиритных огарков»
представленную на соискание доктора философии (PhD)
по образовательной программе 8D05302 – «Химия»

№ 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: <u>1) 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)	Диссертационная работа выполнена АО «Института металлургии и обогащения» в рамках проектов грантового финансирования Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан: - ГФ АР092594551 «Разработка технологии переработки пиритных огарков с извлечением ценных компонентов и предварительной химической активацией исходного сырья», 2021-2023.
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не раскрыта	Диссертационная работа вносит существенный вклад в науку. Химическая активация минерального сырья с определением их оптимальных условий проведения, сернокислотно-тиомочевинное выщелачивание золота из пиритных огарков с построением модели поверхности отклика с оптимизацией технологических параметров, а так же применение метода электрохлоринации и тиосульфатного выщелачивания к активированным пиритным огаркам вносит значимый фундаментальный, так и прикладной вклад. Полученные данные могут быть применены при разработке и оптимизации технологии комплексной переработки пиритных огарков.

3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>Высокий</u> 2) Средний 3) Низкий 4) Самостоятельности нет	Автор данной диссертационной работы внёс существенный вклад в постановку задач и разработку методов проведения экспериментов, самостоятельно осуществлял обработку и анализ полученных данных. Опубликованные работы и наличие патента свидетельствуют о высокой степени самостоятельности докторанта.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована;</u> 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	Актуальность диссертации имеет высокую степень обоснованности и востребованности. В условиях значительного роста объема техногенных и вторичных отходов, содержащих золото, разработка эффективной рациональной технологии переработки пиритных огарков с извлечением благородных, черных и цветных металлов, позволит оздоровить экологическую обстановку в регионе, пополнить золотовалютный запас республики а также применить разработанные способы и приемы к переработке техногенных отходов, близких по составу.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает;</u> 2) частично отражает; 3) не отражает.	Содержание диссертации ясно демонстрирует сфокусированность исследования на выбранной теме. Логичная структура работы, состоящая из разделов, подразделов и глав с соответствующими заголовками, способствует последовательному и всестороннему раскрытию поставленных задач. Систематическое изложение ключевых аспектов исследования, их взаимосвязей и иерархии, позволяет четко проследить ход мысли автора. Данный подход не только облегчает восприятие материала, но и свидетельствует о глубокой проработке избранной темы.
		4.3 Цель и задачи соответствует теме диссертации 1) <u>Соответствуют;</u> 2) Частично соответствуют; 3) Не соответствуют.	В данной работе поставлены задачи, охватывающие все этапы процесса разработки технологии получения цветных и благородных металлов при комплексной переработке пиритных огарков. Эти задачи сформулированы с целью достижения основной цели исследования и демонстрируют полноту охвата темы диссертации.
		4.4. Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:	Работа представляет собой единое целое, где все разделы органично и логически связаны между собой. Соискатель демонстрирует способность комплексно подходить к

		<u>1) полностью взаимосвязаны;</u> 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.	решению поставленных задач, начиная от теоретического анализа и заканчивая экспериментальным подтверждением полученных результатов.
		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.	Предложенные автором решения аргументированы и на каждом этапе работы подтверждены соответствующими исследованиями с использованием современных методов физико-химического, спектрального и химического анализов. На каждом этапе работы автор проводит анализ результатов и делает аргументированные, экспериментально подтвержденные заключения.
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%)	Научные результаты диссертационной работы являются новыми, так как в рамках исследования: 1. Впервые для повышения эффективности вскрытия минерального состава пиритных огарков предложено использовать предварительную химическую активацию в растворе гидрокарбоната натрия, осуществляемую в оптимальных условиях: концентрация NaHCO_3 – 60 г/дм³, отношение Ж:Т=4:1, температура – 120 °С, продолжительность – 60 минут, что обеспечивает фазовую трансформацию минерального состава. 2. Установлена возможность извлечения благородных металлов из пиритных огарков методом электрохлоринации пульпы при плотности тока 1000 А/м³, продолжительности 7 часов и концентрации NaCl – 150 г/дм³. 3. Установлена возможность эффективного извлечения благородных металлов из пиритных огарков методом тиосульфатного выщелачивания с применением комплексного реагента следующего состава (г/дм³): Na_2SO_3 – 100, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ – 50, CuSO_4 – 2,5. 4. С использованием методологии поверхности отклика построена математическая модель сернокислотно-тиомочевинного выщелачивания, выявлено положительное влияние концентрации тиомочевины и продолжительности выщелачивания на скорость извлечения золота и серебра. 5. Разработан способ переработки пиритных огарков, включающий выщелачивание пульпы в сернокислом

			растворе тиомочевины (концентрация 3 г/дм ³) в присутствии солей трёхвалентного железа при pH = 1,8, температуре 25 °С и отношении Ж:Т = 8:1.
		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%)	Выводы диссертации являются новыми, поскольку в работе определены оптимальные условия проведения предварительной химической активации пиритных огарков с модификацией фазового состава. Установлены закономерности влияния плотности тока, продолжительности, концентрации хлорида натрия на процесс при электрохлоринации благородных металлов, подобран состав комплексного реагента при тиосульфатном выщелачивании благородных металлов из активированных пиритных огарков. Разработан способ сернокислотно-тиомочевинного выщелачивания благородных металлов из пиритных огарков с оптимизацией параметров процесса. Предложена технология комплексной переработки пиритных огарков, которая была подтверждена укрупненно-лабораторными испытаниями на пилотной установке. Эти результаты обоснованно выделяют оригинальность исследования.
		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%)	Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми. Предложенная технология обладает значительным потенциалом для коммерциализации и внедрения в промышленное производство, что позволит повысить конкурентоспособность отечественных предприятий.
6.	Обоснованность основных выводов:	Все основные выводы <u>основаны</u> /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы	Результаты экспериментальной работы выглядят достоверными, поскольку основаны на комплексном анализе полученных данных с применением современных методов исследования. Выводы аргументированы и логично вытекают из представленных результатов, что подтверждает их научную значимость и практическую ценность.

7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: Положение 1: <u>определены оптимальные условия проведения предварительной химической активации пиритных огарков, при которых происходит фазовая трансформация -концентрация NaHCO_3 - 60 г/дм³, отношение Ж:Т=4:1, продолжительность 60 минут и температура 120 °С</u> 7.1 Доказано ли положение? <u>1) доказано</u> 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; <u>2) нет</u> 7.3 Является ли новыми? <u>1) да;</u> 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; <u>3) широкий</u> 7.3 Доказано ли в статье? <u>1) да;</u> 2) нет Положение 2: <u>при электрохлоринации с плотностью</u>	Положение 1: Данное положение можно считать доказанным, новым и нетривиальным. Диссертантом представлены рентгенограммы изменений фазового состава пиритных огарков при химической активации в зависимости от температуры, Ж:Т, от концентрации гидрокарбоната натрия, что безусловно свидетельствует о большом объеме проделанной работы. Соискатель представила убедительные анализы минералогического, термического, электронно-микроскопического анализа и результаты ИКС, мессбауэровской спектроскопии пробы пиритных огарков до и после химической активации, которые указывают на разрушение трудновскрываемой минеральной структуры после активации. Уровень для применения – широкий, так как данные были подтверждены в укрупненно-лабораторных испытаниях. Для подтверждения доказательности из списка публикаций можно привести статьи: – Abikak, E.B.; Kenzhaliyev, B.K. Development of an integrated technology intended to process pyrite cinders using chemical pre-activation. NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan series of geology and technical sciences. 2022, 3, 32–51 https://doi.org/10.32014/2022.2518-170X.178 . Q3. Положение 2 Данное положение является новым и нетривиальным. Положение диссертации, утверждающее, что при электрохлоринации с плотностью тока 1000 А/м³ в растворе NaCl (концентрация — 150 г/дм³) в течение 7 часов степень извлечения золота и серебра из пиритных огарков в раствор составляет 89,7 % и 41,1 % соответственно, находит убедительное подтверждение в представленных данных. В таблице 20 приведены конкретные цифры, свидетельствующие о степени извлечения золота и серебра в раствор с учетом стандартного отклонения. Приведенные графики показывают зависимость извлечения от
----	---	--	---

		<u>тока 1000 А/м³ в растворе NaCl (концентрация — 150 г/дм³) в течение 7 часов степень извлечения золота и серебра из пиритных огарков в раствор составляет 89,7 % и 41,1 % соответственно</u> 7.1 Доказано ли положение? <u>1) доказано</u> 2) скорее доказано 3) скорее не доказано 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; <u>2) нет</u> 7.3 Является ли новыми? <u>1) да;</u> 2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; <u>3) широкий</u> 7.3 Доказано ли в статье? <u>1) да;</u> 2) нет <u>Положение 3: при тиосульфатном выщелачивании благородных металлов из пиритных огарков с применением комплексного реагента следующего состава (г/дм³): Na₂SO₃ – 100, Na₂S₂O₃ – 50, CuSO₄ – 2,5, степень извлечения золота составляет 87,2 %, серебра – 75,1 %.</u>	продолжительности электрохлоринации, плотности тока. Диссертант обосновывает новизну исследования, указывая на то что процесс электрохлоринации для извлечения золота и серебра из активированных пиритных огарков ранее не применялся. Для подтверждения доказательности из списка публикаций можно привести статьи: – Kenzhaliyev, B., Surkova, T., Yessimova, D., Baltabekova, Z.; Abikak, Y., Abdikerim, B., Dosymbayeva, Z. Extraction of noble metals from pyrite cinders. ChemEngineering, 2023,7(1), 14. https://doi.org/10.3390/chemengineering7010014 ; Q2. Положение 3 Положение диссертационной работы, утверждающее, что при тиосульфатном выщелачивании благородных металлов из пиритных огарков с применением комплексного реагента следующего состава (г/дм³): Na₂SO₃ – 100, Na₂S₂O₃ – 50, CuSO₄ – 2,5, степень извлечения золота составляет 87,2 %, серебра – 75,1 %, является хорошо обоснованным и доказанным. Диссертант провел серию экспериментов, изучая разный состав комплексного реагента на основе серы, что позволяет сделать вывод о надежности полученных результатов. Указание на хорошую воспроизводимость метода говорит о том, что полученные результаты не являются случайными и могут быть воспроизведены в других условиях. Для подтверждения доказательности из списка публикаций можно привести статью: – Kenzhaliyev, B.; Surkova, T.; Yessimova, D.; Abikak, Y.; Mukhanova, A.; Fischer, D. On the question of the complex processing of pyrite cinders // Inorganics, 2023. 11(4),171. Q2, percentile 54. https://doi.org/10.3390/inorganics11040171. Положение 4 Положение диссертационной работы, утверждающее, что наибольшую эффективность обеспечивает способ сернокисотно-тиомочевинного выщелачивания благородных металлов из пиритных огарков в присутствии окислителя Fe₂(SO₄)₃, с оптимизацией параметров методом поверхности отклика с извлечением в раствор золота —
--	--	--	---

		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: <u>наибольшую эффективность обеспечивает способ сернокислотно-тиомочевинного выщелачивания благородных металлов из пиритных огарков в присутствии окислителя Fe₂(SO₄)₃, с оптимизацией параметров методом поверхности отклика с извлечением в раствор золота - 98,31 %, серебра - 88,57 %.</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;	98,31 %, серебра — 88,57 % является хорошо обоснованным и доказанным. На рисунках 45 и 46 приведены графики дисперсии адекватности модели выщелачивания золота и серебра с использованием метода поверхности отклика, которые подтверждают надежность и точность предложенной квадратичной модели в прогнозировании параметров процесса. Новые данные по сернокислотно-тиомочевинному выщелачиванию благородных металлов из пиритных огарков в присутствии окислителя Fe₂(SO₄)₃, доказаны экспериментальными данными и получением патента на изобретение. Для подтверждения доказательности из списка публикаций можно привести статью: – Abikak Y., Kenzhaliev B., Akcil A., Dembele S., Koizhanova A., Bakhytuly N., Kassymova G. Optimization of Thiourea-Promoted Gold and Silver Leaching from Pyrite Cinders Using Response Surface Methodology (RSM)//Processes 2025, 13,1277. Q2. https://doi.org/10.3390/pr13051277 Использованные методы исследования позволили в полном объеме решить все поставленные задачи и достичь цели. Элементы тривиальности в диссертационной работе отсутствуют. Все найденные результаты получены с помощью современных методов исследования, на поверенных установках, анализы выполнены в аккредитованных лабораториях. Основные положения, выносимые на защиту, являются новыми. Ранее подобные положения и результаты исследований по теме диссертации не были кем-либо описаны в литературе. Все положения, выносимые на защиту, доказаны публикациями. На основании полученных экспериментальных данных диссертантом опубликованы: в базе данных WoS и Scopus – 4 статьи, в журналах, рекомендованных КОКШВО МННВО РК – 1 статья. Имеется патент на изобретение по теме PhD диссертации: Патент на полезную модель №8178. Способ
--	--	---	--

		2) нет 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; <u>3) широкий</u> 7.3 Доказано ли в статье? <u>1) да;</u> 2) нет	переработки пиритных огарков / Абикак Е.Б., Кенжалиев Б.К., Гладышев С.В.; опубл. 16.06.2023 г.
8.	Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана: <u>1) да</u> 2) нет	Выбор методологии в целом обоснован и соответствует задачам исследования. Результаты работы получены с использованием современных методов, включая XRF, XRD, термический анализ, ИК-спектроскопию, мёсбауэровскую спектроскопию и РЭМ. Каждый метод был подробно описан в соответствующем разделе экспериментальной части, что подтверждает корректность и научную обоснованность подхода для достижения поставленных целей.
		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	Диссертант провел глубокое исследование, используя надежные и хорошо зарекомендовавшие себя методы. Подробное описание методики экспериментов, особенно в подразделах 2.4, 2.5 позволяет воспроизвести проведенные исследования и оценить их достоверность. Применение проверенных методов исследования придает работе дополнительную весомость и позволяет с уверенностью говорить о научной обоснованности полученных результатов. Вместе с тем, для повышения научной значимости работы, уделялось больше внимания сравнительному анализу методов, оценке погрешности и более глубокому анализу полученных результатов.
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на	Все теоретические выводы, установленные связи и тенденции, а также любые интерпретации были сделаны или выдвинуты гипотезы на основе проверенных и подтвержденных экспериментальных данных

		основе педагогического эксперимента): <u>1) да</u> 2) нет	
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u>/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Информация, представленная в диссертации, не являющаяся результатом экспериментальных работ, подтверждена ссылками на актуальную и достоверную научную литературу. Полученные результаты анализируются в сравнении с известными данными, которые опубликованы международных научных изданиях, индексируемых в наукометрических системах Web of Science Core Collection и Scopus
		8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны</u>/не достаточны для литературного обзора.	В работе приведены список литературы из 127 наименований. Приведенные источники более чем достаточны для формирования литературного обзора диссертационной работы.
9.	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение 1) да <u>2) нет</u>	Диссертация обладает теоретическим значением, так как вносит существенный вклад в развитие комплексной переработки пиритных огарков. Работа создает теоретическую основу для дальнейших исследований в области переработки пиритных огарков, предоставляя подробные описания технологических процессов и аргументированный выбор используемых методов.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике <u>1) да</u> 2) нет	Соискатель обоснованно утверждает, что разработанная технология переработки пиритных огарков с извлечением ценных компонентов обладает значительным потенциалом для промышленного применения. Результаты диссертационной работы убедительно демонстрируют высокую практическую значимость. Можно выделить следующие ключевые аргументы: 1. Универсальность метода. Предложенные методы могут быть адаптированы для получения подобных материалов со схожими свойствами, что свидетельствует о широком спектре потенциальных применений.

			2. Возможность расчетов с заданными параметрами. Способность моделировать процесс и рассчитывать параметры процесса позволяет оптимизировать технологию. Однако, для более полной оценки практической значимости диссертации, рекомендуется провести экономический анализ. и оценить масштабируемость технологии.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Предложенные в работе подходы к разработке технологии получения цветных и благородных металлов при комплексной переработке техногенных отходов – пиритных огарков являются полностью новыми.
10.	10. Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне. Язык изложения ясный и лаконичный, способствует глубокому пониманию представленных материалов. Формулировки точны и соответствуют научному стилю. Логическая структура работы выстроена последовательно, что облегчает восприятие материала .Незначительное количество опечаток не снижает качество диссертационной работы.
11.	Замечания к диссертации	1. Страница 14, Таблица 1 – Страны – крупные производители золота нужно указать за какой год. 2.Страница 59. Следует конкретизировать температурный интервал, в пределах которого проводился анализ, чтобы результаты можно было сопоставить с практическими условиями проведения реакции. 3. На странице 67 нет ссылки на график. Высказанные комментарии и замечания носят уточняющий характер и не влияют на общее качество диссертационной работы.	
12.	Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в	Представленные публикации докторанта отличаются высоким научным уровнем и опубликованы в рецензируемых международных научных журналах, входящих в базы данных Scopus и Web of Science. В частности, статья, опубликованная в журнале ChemEngineering, на текущий момент (июнь 2025 года) имеет 8 цитирований, а статья в журнале Inorganics — 5 цитирований, что	

	случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)	свидетельствует о востребованности и научной значимости результатов исследования в профессиональном сообществе. Уровень публикационной активности соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора PhD, и подтверждает научную зрелость автора.
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения	Диссертационная работа Абиқақ Еркежан Баймұратқызы на тему «Разработка технологии получения цветных и благородных металлов при комплексной переработке техногенных отходов – пиритных огарков», выполнена в полном объеме и соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертационным работам PhD, имеет новизну, актуальность и заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D05302 – «Химия».

Ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук
лаборатории Гидроэлектрометаллургии
РГП «Национальный центр по
комплексной переработки минерального сырья
Республики Казахстан»



Ш. Акильбекова

Акильбекова Ш.К.

