

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы «Дәулет Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті»

Некоммерческое акционерное общество «Восточно-Казахстанский технический университет имени Даулета Серикбаева»

УТВЕРЖДАЮ

Член Правления – Проректор по научно-исследовательской деятельности и цифровизации ВКТУ им. Д. Серикбаева  
Денисова Н.Ф.



2023 г.

ХАТТАМА

ПРОТОКОЛ

№ 9 от «6» марта 2023 г.

Өскемен қаласы

г. Усть-Каменогорск

Расширенного заседания Школы металлургии и обогащения полезных ископаемых Восточно-Казахстанского технического университета им. Д. Серикбаева

Председатель: Реутова Галина Александровна – к.т.н., ассоциированный профессор ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева

Секретарь: Жакупова Гульмира Бакытбековна – старший преподаватель ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева

#### ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Председатель НС, к.т.н., ассоциированный профессор ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева, Реутова Г.А.; доктор PhD, декан ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева, Оналбаева Ж.С.; заместитель декана ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева, Еркешева М.С.; доктор PhD, ассоциированный профессор, руководитель ОП «Металлургия» ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева, Абдулина С.А.; доктор PhD, ассоциированный профессор, руководитель ОП «Обогащение полезных ископаемых» ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева, Әділқанова М.Ә.; д.т.н., ведущий научный сотрудник по направлению материаловедение и металлообработка ВКТУ им. Д. Серикбаева, Сырнев Б.В.; к.т.н., ассоциированный профессор ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева, Даумова Г.К.; к.м.н., ассоциированный профессор ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева, Букунова А.Ш.; к.х.н., начальник центра «Postgraduate», старший преподаватель ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева, Иващенко Е.Н.; к.т.н., ассоциированный профессор, старший научный сотрудник центра компетенций в области экологии и безопасности жизнедеятельности ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева, Идришева Ж.К.; к.х.н., ассоциированный профессор ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева, Серая Н.В.; доктор PhD, ассоциированный профессор, старший научный сотрудник ЦП «Veritas» ВКТУ им. Д. Серикбаева, Асанов Д.А.; старший преподаватель ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева, Жакупова Г.Б.; к.х.н. преподаватель ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева, Ағзамова П.А.; докторант 22-DMT-3 группы Акатаев А.А.; докторант Рамазанова Р.А. Дистанционно присутствовал - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Россия) Мамяченков С.В.

## ПОВЕСТКА ДНЯ:

1) Обсуждение диссертационной работы на соискание степени доктора философии (PhD) докторанта PhD Школы металлургии и обогащения полезных ископаемых Восточно-Казахстанского технического университета им. Д.Серикбаева (г. Усть-Каменогорск) по специальности 6D070900 – «Металлургия» Рамазановой Райгуль Амангельдиновны на тему «Физико-химические исследования и разработка гидрометаллургической технологии переработки труднообогатимых окисленных цинковых руд» на расширенном заседании школы по месту выполнения диссертации.

### СЛУШАЛИ:

**Председателя заседания, к.т.н., ассоциированного профессора ШМиОПИ ВКТУ им. Д.Серикбаева Реутову Г.А.:**

На повестке дня – предварительная защита диссертации докторанта PhD Рамазановой Райгуль Амангельдиновны на тему «Физико-химические исследования и разработка гидрометаллургической технологии переработки труднообогатимых окисленных цинковых руд». Отечественным научным консультантом является к.х.н., ассоциированный профессор ШМиОПИ ВКТУ им. Д.Серикбаева Серая Н.В., зарубежный научный консультант – д.т.н., профессор, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой Уральского Федерального университета им. первого президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ, г. Екатеринбург, Россия) Мамяченков С.В. Тема диссертационной работы и научные консультанты утверждены приказами университета №999-С от 30 октября 2013 года, № 162-С от 11 февраля 2014 года, а также приказом о корректировке темы №1152-С от 30 декабря 2022 года.

Исследовательская практика за второй курс обучения пройдена в центре превосходства «VERITAS» ВКТУ им. Д.Серикбаева в период с 22.09.2014-18.10.2014 гг.; исследовательская практика за третий курс обучения пройдена в центре превосходства «VERITAS» ВКТУ им. Д.Серикбаева в период с 21.09.2015 – 14.11.2015 гг; зарубежная практика пройдена в лаборатории гидрометаллургии Института «Материаловедения и металлургии» Уральского Федерального университета им. первого президента России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург, Россия) в период с 06.12.2015 г. по 15.12.2015 г.

Слово для оглашения основных положений диссертационной работы предоставляется докторанту PhD Рамазановой Р.А.

**Докторант PhD Рамазанова Р.А.:** Предлагаю Вашему вниманию доклад по диссертационной работе на тему «Физико-химические исследования и разработка гидрометаллургической технологии переработки труднообогатимых окисленных цинковых руд». В докладе представлены основные результаты диссертационного исследования и выводы в форме презентации на 29 слайдах. Показаны цель, задачи, научная новизна диссертационной работы, ее практическая ценность, основные положения, выносимые на защиту.

### ВОПРОСЫ:

**Реутова Г.А. к.т.н., ассоциированный профессор ШМиОПИ ВКТУ им. Д.Серикбаева:** Вы исследовали кинетику выщелачивания цинка из окисленных цинковых минералов и определили величину «кажущейся» энергии активации, которая свидетельствует о диффузионном характере взаимодействия. Как осуществляете обновление реакционной поверхности минералов в процессе выщелачивания из него цинка?

**Докторант PhD Рамазанова Р.А.:** Повышение степени извлечения цинка из представленных минералов осуществляется за счёт интенсивного удаления с реакционной поверхности продуктов реакции. Для обновления реакционной поверхности минералов

процесс выщелачивания цинка выполнялось в несколько стадий (дробное выщелачивание) свободными от сульфата цинка сернокислыми растворами. При постадийном выщелачивании освобождается поверхность минералов и при подаче свежего сернокислотного раствора процесс идет быстрее и таким образом увеличивается извлечение цинка.

**Сырнев Б.В. д.т.н., ведущий научный сотрудник ЦОР «VERITAS» ВКТУ им. Д.Серикбаева:** Вы в своей диссертации какую проблему решаете и преимущества предлагаемой технологии?

**Докторант PhD Рамазанова Р.А.:** Предлагаемая технология нацелена на расширение сырьевой базы гидрометаллургии цинка за счёт вовлечения в переработку окисленных цинковых минералов. Преимуществами предлагаемой технологии являются: высокая степень сквозного извлечения цинка из руды в сульфатный раствор по сравнению с классической переработкой сульфидных цинковых руд; не требуется проведение дорогостоящих процессов обогащения руды с получением цинкового концентрата и окислительного обжига такого концентрата.

**Реутова Г.А. к.т.н., ассоциированный профессор ШМиОПИ ВКТУ им. Д.Серикбаева:** Как вы определяли термодинамические характеристики окисленных цинковых минералов, то есть как были рассчитаны стандартные энергии Гиббса ( $\Delta_f G^\circ$ ) и средние атомные энергии Гиббса ( $\Delta_f \bar{G}^\circ$ ) образования окисленных соединений цинка?

**Докторант PhD Рамазанова Р.А.:** Для расчета термодинамических характеристик была использована методика, предложенная Х.К. Оспановым. Необходимо подчеркнуть, что Х.К. Оспановым использовался приближённый метод расчёта стандартных энергий Гиббса  $\Delta_f G^\circ_{(298)}$  в виду отсутствия для многих минералов кристаллохимических данных. Соответственно, расчёты осуществлялись путём суммирования данных по термодинамическим характеристикам с учётом их стехиометрических коэффициентов в минерале. По этой же методике были рассчитаны значения средней атомной энергии Гиббса образования для всех указанных минералов и на основе сравнения этой величины была определена реакционная способность данных минералов.

**Абдулина С.А. доктор PhD, ассоциированный профессор, руководитель ОП «Металлургия» ШМиОПИ ВКТУ им. Д.Серикбаева:** С какой целью были построены диаграммы Пурбэ?

**Докторант PhD Рамазанова Р.А.:** Диаграммы Пурбэ позволяют качественно оценить области существования исходных веществ и продуктов предполагаемых реакций в зависимости от рН раствора и окислительного потенциала системы при различных температурах. На основании анализа была прогнозирована вероятность образования пассивирующих плёнок на поверхности частиц цинковой руды, их фазовый состав и устойчивость. Например, для системы Zn-Si-S-H<sub>2</sub>O определено, что смещение рН в область рН 4-8 приводит к формированию золь кремневой кислоты. Адсорбция их на поверхности минерала приведет к образованию малопроницаемой пленки, то есть к внутридиффузионному торможению выщелачивания.

**Сырнев Б.В. д.т.н., ведущий научный сотрудник ЦОР «VERITAS» ВКТУ им. Д.Серикбаева:** Вы из четырехстадийного прямоточного выщелачивания руды переходите на четырехстадийное противоточное выщелачивание. Что это дает?

**Докторант PhD Рамазанова Р.А.:** При прямоточном выщелачивании руды был получен раствор с содержанием цинка 42,50 г/дм<sup>3</sup> при извлечении 94,65 %. Для увеличения

содержания цинка в указанном растворе применяли четырехстадийное противоточное выщелачивание и получили раствор с концентрацией цинка 61,55 г/дм<sup>3</sup> при извлечении ~95,00 %. Эти результаты показывают эффективность используемого способа четырехстадийного противоточного выщелачивания.

**Реутова Г.А. к.т.н., ассоциированный профессор ШМиОПИ ВКТУ им. Д.Серикбаева:** Вы говорили, что причиной торможения выщелачивания объясняется образованием пленок на поверхности частиц каламина. Какую плотность имеют образующиеся пленки?

**Докторант PhD Рамазанова Р.А.:** Плотность оболочки продукта определили по критерию Пиллинга-Бедвордса, по величине отношения объемов продукта реакции и исходного вещества. По расчетам величина критерия Пиллинга-Бедвордса составила  $K_{П-Б} = 0,39$  ( $K_{П-Б} < 1$ ), это означает что образующаяся пленка является рыхлой, проницаемой, в этом случае она не будет препятствовать диффузии.

**Абдулина С.А. доктор PhD, ассоциированный профессор, руководитель ОП ШМиОПИ ВКТУ им. Д.Серикбаева:** У вас при четырехстадийном выщелачивании на каждую стадию подаются разные концентрации серной кислоты, исходя из чего выбиралась такие параметры?

**Докторант PhD Рамазанова Р.А.:** В четырехстадийном противоточном режиме для первой, второй, третьей и четвертой стадий селективного растворения руды в качестве её растворителей применяли соответственно серноокислые растворы с массовой концентрацией серной кислоты 98 г/дм<sup>3</sup>, 28 г/дм<sup>3</sup>, 14 г/дм<sup>3</sup> и воду. Эти параметры выбирались в предварительных экспериментальных опытах и считаются оптимальными для максимального извлечения цинка. Разные концентрации объясняются тем, что в первой стадии цинк извлекается максимально и на это требуется более высокая концентрация серной кислоты, а на вторую стадию требуется меньшая концентрация, чем в первой стадии, так как кек беднее по сравнению с первой стадией и так далее.

**Сырнев Б.В. д.т.н., ведущий научный сотрудник ЦОР «VERITAS» ВКТУ им. Д.Серикбаева:** Не пробовали ли вы выщелачивать более 4-х стадий, например, 5-6 стадий и что это даст?

**Докторант PhD Рамазанова Р.А.:** Выбор оптимального количества стадий для выщелачивания выполнялся в пределах 6 стадий. Но это хорошего результата не дало, потому что для максимального извлечения цинка оказалось достаточным проведение 4 стадий по полученным экспериментальным данным. С другой стороны увеличение количества стадий требует более высоких энергозатрат и считается экономически не выгодным.

**Әділқанова М.Ә. доктор PhD, ассоциированный профессор, руководитель ОП ШМиОПИ ВКТУ им. Д.Серикбаева:** На 22 слайде вы приводите сравнительные характеристики процессов переработки окисленной цинковой руды. Думаю стоит показать на слайде схему известного способа, с которым проводите сравнение.

**Докторант PhD Рамазанова Р.А.:** Спасибо! Ваше предложение будет учтено.

**Реутова Г.А. к.т.н., ассоциированный профессор ШМиОПИ ВКТУ им. Д.Серикбаева:** Как Вы понимаете энергию активации реакции?

**Докторант PhD Рамазанова Р.А.:** Энергетический барьер – это такое количество энергии, которое необходимо преодолеть молекулам, чтобы вступить в химическое взаимодействие.

**Әділқанова М.Ә. доктор PhD, ассоциированный профессор, руководитель ОП ШМиОПИ ВКТУ им. Д.Серикбаева:** За счет чего идет экономическая эффективность?

**Докторант PhD Рамазанова Р.А.:** Экономическая эффективность предлагаемой технологии достигается за счет исключения из технологической схемы дорогостоящих процессов обогащения руды с получением цинкового концентрата и окислительного обжига такого концентрата.

**Букунова А.Ш. к.м.н., ассоциированный профессор ШМиОПИ ВКТУ им. Д.Серикбаева:** На 4 слайде у вас приведены 6 задач исследования. Не много ли это? Может быть стоит сократить число задач и привести их в соответствие с научными положениями выносимыми на защиту?

**Докторант PhD Рамазанова Р.А.:** С вашим замечанием согласна, будет учтено при обработке диссертации.

**СЛУШАЛИ:** отечественного научного консультанта, к.х.н., ассоциированного профессора ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева Серая Н.В.

Диссертационная работа Рамазановой Р.А. посвящена актуальной теме и является практически значимой для создания эффективной технологии переработки окисленных цинковых руд гидрометаллургическим методом.

Диссертация и полученные в ней результаты характеризуются внутренним единством: четко сформулированы цели и задачи исследования, и показано, что каждый результат получен при выполнении конкретной задачи и служит достижению поставленной цели исследования. Все результаты логически взаимосвязаны между собой, то есть достигаются последовательно и являются необходимыми. Четко прослеживается логика, отражающая единство теоретических построений диссертанта и практических результатов работы. Положения, выносимые на защиту доказаны в полной мере.

В диссертационной работе исследована эффективность переработки окисленных цинковых руд с промышленными запасами цинка. Для обеспечения высокого показателя извлечения цинка при выщелачивании впервые предложен способ четырехстадийного противоточного сернокислотного выщелачивания, который обеспечивает извлечение цинка из руды в сульфатный раствор ~95,00 %. Подобраны оптимальные параметры сернокислотного выщелачивания исследуемой руды, исследованы термодинамические и кинетические закономерности процесса сернокислотного выщелачивания цинка из окисленных цинковых минералов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации, подтверждается их соответствием известным тенденциям развития гидрометаллургии. Доказывается с позиций современной теории гидрометаллургических процессов и существующей практики применения сернокислотного выщелачивания, обеспечена большим объемом экспериментальных исследований, применением высокотехнологичных методов физико-химического анализа и обработки теоретических и экспериментальных данных.

Личный вклад автора включает определение целей и задач исследования, выбор и обоснование направления исследований по материалам анализа научно-технической и патентной литературы, теоретическую и методическую проработку выбранного направления работ, выполнение экспериментальных исследований, обработку и анализ результатов

лабораторных исследований, разработку технических решений по переработке окисленной цинковой руды, апробацию полученных результатов и их подготовку к публикации. Рамазанова Р.А. проявила себя как состоявшийся целеустремленный молодой ученый, способный ставить научные цели, собирать, обобщать и анализировать теоретический и эмпирический материал, делать свои выводы.

По результатам диссертационных исследований Рамазановой Р.А. опубликовано 12 работ, из них: 5 статей в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science (показатель процентиля по CiteScore более 35%); 2 статьи в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК и 3 работы в сборниках Международных и Республиканских научно-практических конференций. Также опубликованы 2 патента – 1 патент на изобретение Российской Федерации и 1 патент Республики Казахстан на полезную модель.

Наукометрический показатель (Индекс Хирша) Рамазановой Р.А. составляет 3 и характеризует продуктивность молодого ученого и ее научную значимость.

Диссертационная работа Рамазановой Р.А. представляет собой самостоятельную законченную научно-квалификационную работу, которая полностью соответствует требованиям Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (МНиВО РК), а ее автор заслуживает присуждения ему искомой степени доктора PhD – по специальности 6D070900-Металлургия.

**СЛУШАЛИ:** зарубежного научного консультанта, д.т.н., профессора, заведующего кафедрой УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Россия) Мамяченкова С.В.

Диссертационная работа Рамазановой Р.А. посвящена актуальной теме – разработке гидрометаллургической технологии переработки окисленной цинковой руды и расширения сырьевой базы гидрометаллургии цинка.

Предложены современные подходы к решению данной проблемы, которые опираются на изучение физико-химических свойств руды, результаты термодинамических расчетов и кинетических исследований, которые и определяют новизну диссертационной работы.

Проведенный в работе анализ современного состояния и перспектив развития гидрометаллургии цинка показал перспективность гидрометаллургической переработки месторождений богатых окисленных цинковых руд Казахстана с промышленными запасами цинка.

Показаны преимущества противоточного сернокислотного выщелачивания окисленной цинковой руды по сравнению с другими разрабатываемыми в настоящее время методами (например, сульфидирование обжигом с последующим флотационным обогащением, вельцевание с гидрометаллургической переработкой возгонов и др.).

Соискателем выполнен большой объем экспериментальных исследований, позволивших установить оптимальные параметры выщелачивания цинка (концентрации кислоты, температуры, продолжительности), аргументированно предложен четырехстадийный способ противоточного выщелачивания, проведен технико-экономический анализ технологии.

Результаты, полученные в ходе выполнения диссертационных исследований, имеют большой практический и научный интерес и могут быть использованы при промышленной реализации переработки окисленных цинковых руд и техногенных образований.

Достоверность полученных результатов подтверждается публикациями в журналах, включенных в перечень КОКСОН МОН РК и входящих в базы данных Scopus и Web of Science. Кроме того, по результатам работ полученные патенты доказывают новизну предложенных технических решений.

В ходе работы над диссертацией автор проявила настойчивость и целеустремленность в решении поставленных задач, и показала себя как самостоятельный и сформировавшийся исследователь.

Диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на

соискание степени PhD, носит завершённый характер. Соискатель проявила высокие профессиональные качества и навыки, умение самостоятельно решать сложные технологические и научные задачи, использовать новейшие методы расчетов и экспериментальных исследований.

Автор диссертационной работы, Рамазанова Райгуль Амангельдиновна достойна присуждения ученой степени доктора PhD по специальности 6D070900 - «Металлургия».

**СЛУШАЛИ:** рецензента, доктора PhD, ассоциированного профессора СНС ЦП «Veritas» ВКТУ им. Д.Серикбаева, Асанова Д.А.

В диссертационной работе Рамазановой Р.А. во введении обоснована актуальность выполняемой работы, ее цель, сформулированы основные задачи, определены объекты исследования, методы анализа, отражены научная новизна и практическая значимость исследований.

Первый раздел работы посвящен анализу современного состояния и перспективы развития гидрометаллургии цинка. Представлен аналитический обзор современных способов переработки труднообогатимых окисленных цинковых руд, и выбор направления исследований. На основании проведенного анализа литературных источников сделан вывод о возможности рассмотрения переработки окисленных цинковых руд исключая из схемы следующие процессы: проведение обогащения руды и вельц-процесс переработки кеков для доизвлечения цинка.

Второй раздел диссертации посвящен изучению физико-химических характеристик окисленной цинковой руды. Физико-химические свойства изучаемых материалов выполнены на современном аналитическом оборудовании ВКТУ им. Д. Серикбаева и в лаборатории Института «Материаловедения и металлургии» Уральского Федерального университета им. первого президента России Б.Н.Ельцина (г. Екатеринбург, Россия).

В третьем и в четвертом разделах диссертации представлены результаты исследований термодинамических характеристик окисленных минералов цинка и термодинамической оценки процесса сернокислотного выщелачивания исследуемой руды.

Пятый раздел посвящен исследованию кинетики сернокислотного выщелачивания цинка из окисленных цинковых минералов и расчетам кажущихся энергий активации реакций каламина и смитсонита с серной кислотой.

В шестом разделе диссертации приведены результаты экспериментальной разработки технологии сернокислотного выщелачивания окисленной цинковой руды и технико-экономические показатели предлагаемой технологии. Автором заявлена себестоимость предлагаемой технологии в 1,7 раза ниже себестоимости базовой.

Диссертационная работа содержит следующие элементы новизны:

- определены основные термодинамические характеристики окисленных минералов цинка и ряды возрастания их реакционной способности для обоснованного вовлечения этих минералов в гидрометаллургическую переработку;

- установлены кинетические зависимости сернокислотного выщелачивания цинка из каламина и смитсонита для расчета величины «кажущейся» энергии активации реакции этих минералов с серной кислотой и выявления лимитирующей стадии указанных реакций;

- разработан экономически эффективный способ переработки окисленных цинковых руд путём расширения сырьевой базы цинковых гидрометаллургических производств, повышения их экономической эффективности и экологической безопасности.

Считаю, что диссертационная работа «Физико-химические исследования и разработка гидрометаллургической технологии переработки труднообогатимых окисленных цинковых руд» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) в области металлургии, Рамазанова Р.А. может быть допущена к защите диссертации в одном из действующих диссертационных советов Казахстана.

**СЛУШАЛИ:** рецензента, доктора PhD, декана ШМиОПИ ВКТУ им. Д. Серикбаева Оналбаеву Ж.С.

В диссертационной работе Рамазановой Р.А. проведен анализ современного состояния и перспектив развития гидрометаллургии цинка и установлено, что в Казахстане и других странах мира открыт целый ряд месторождений богатых окисленных цинковых руд с промышленными запасами цинка.

При проведении исследования установлен вещественный состав исследуемой руды с содержанием цинка 21,07 % масс. По результатам рентгенофазового анализа и растровой электронной микроскопии исследуемой руды подтверждено наличие в данной руде силиката цинка – каламина. В работе Рамазановой Р.А. приведены расчеты значения средней атомной энергии Гиббса образования для большего числа окисленных цинковых минералов, также определены энергии Гиббса  $\Delta_r G^\circ_T$  химической реакции сфалерита (ZnS), смитсонита (ZnCO<sub>3</sub>) и каламина (Zn<sub>4</sub>(Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)(OH)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O) с серной кислотой. По диаграммам Пурбэ выявлено существование новых малорастворимых фаз - продуктов реакций, которые способны экранировать поверхность растворяющихся частиц, вызывая внутридиффузионные затруднения.

Докторантом впервые были проведены исследования кинетики сернокислотного выщелачивания цинка из каламина и смитсонита и рассчитаны значения Екаж, которые подтверждают, что реакции растворения каламина и смитсонита в серной кислоте протекают в диффузионной области. В рецензируемой работе показано, что способ сернокислотного четырехстадийного проточного выщелачивания богатой окисленной цинковой руды по сравнению с классической переработкой сульфидных цинковых руд позволяет повысить сквозное извлечение цинка из руды в сульфатный раствор с ~75,00 до 94,65 %. Автором разработана технологическая схема 4-х стадийного противоточного выщелачивания окисленной цинковой руды, которая позволяет извлекать цинк из руды в сульфатный раствор ~95,00 %.

Считаю, что диссертационная работа Рамазановой Р.А. является законченным научным исследованием и полностью соответствует требованиям Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНиВО РК, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070900 – «Металлургия». Основываясь на вышесказанном, диссертационная работа Рамазановой Р.А. рекомендуется к защите в диссертационном совете по специальности 6D070900 – «Металлургия» для присуждения искомой степени PhD.

**Ответы докторанта PhD Рамазановой Р.А. на замечания рецензентов и выводы по их пожеланиям и рекомендациям:**

Благодарю за высказанные замечания, пожелания и рекомендации своих рецензентов, а также всех присутствующих за принятое активное участие в обсуждении. Все замечания, пожелания и рекомендации будут учтены.

**Председатель заседания, к.т.н., ассоциированный профессор ШМиОПИ ВКТУ им. Д.Серикбаева Реутова Г.А.:** Представленное диссертационное исследование докторанта PhD Рамазановой Р.А. является законченным и ценным научным исследованием и может быть рекомендовано к защите на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070900 – «Металлургия». Предлагаю утвердить следующее заключение по диссертационной работе.

**СЛУШАЛИ:** секретаря заседания, старшего преподавателя ШМиОПИ ВКТУ им. Д.Серикбаева Жакупову Г.Б.

**1. Актуальность темы исследования**

В настоящее время основным источником получения цинка являются сульфидные цинковые руды. Однако, быстрое истощение сульфидных цинковых руд и нехватка запасов в месторождениях является мировой экономической проблемой.

Растущие потребности в цинке различных его потребителей заставляют вовлекать в производство всё более сложные и труднообогащаемые руды, в том числе окисленные. В большинстве случаев извлечение окисленных минералов цинка из рудного сырья является технологической проблемой. Между тем они представляют собой крупный сырьевой источник для получения цинка, свинца, меди и др. цветных металлов.

Принимая во внимание проблему истощения сульфидных руд цинка вовлечение в переработку окисленного цинкового сырья является актуальной задачей.

В диссертационной работе предлагается решение проблемы за счет вовлечения в переработку окисленных цинковых руд и разработки перспективной технологии переработки окисленных цинковых руд путём расширения сырьевой базы цинковых гидromеталлургических производств, повышения их экономической эффективности и экологической безопасности.

## **2. Научные результаты, их обоснованность и новизна**

Новизна темы заключается в разработке технологии переработки окисленных цинковых руд путём расширения сырьевой базы цинковых гидromеталлургических производств, повышения их экономической эффективности и экологической безопасности.

Были получены новые научные результаты:

- определены основные термодинамические характеристики окисленных минералов цинка и ряды возрастания их реакционной способности для обоснованного вовлечения этих минералов в гидromеталлургическую переработку;

- установлены кинетические зависимости сернокислотного выщелачивания цинка из каламина и смитсонита для расчета величины «кажущейся» энергии активации реакции этих минералов с серной кислотой и выявления лимитирующей стадии указанных реакций;

- разработана технология гидromеталлургической переработки окисленной цинковой руды с использованием сернокислотного четырехстадийного противоточного выщелачивания.

## **3. Практическая и теоретическая значимость научных результатов, степень их достоверности**

Результаты исследований могут быть использованы на предприятиях, специализирующихся на выпуске цинка, и имеющих проблему с запасами перерабатываемого сырья. При непосредственном вовлечении цинксодержащей окисленной руды в гидromеталлургическую переработку можно рассматривать ее как сырьё для переработки, минуя обогащение на стадиях сернокислотного выщелачивания огарка, полученного из сульфидного цинкового концентрата, и/или вельц-окси. Использование указанного сырья не требует затрат на его обогащение, а также на окислительный обжиг и проведение вельц-процесса доизвлечения цинка из кеков сернокислотного выщелачивания огарка в гидromеталлургии цинка.

## **4. Личное участие докторанта в получении научных результатов**

Научно-теоретическое обоснование, подготовка и непосредственное участие в проведении исследований, анализе и при обработке полученных результатов, в подготовке научных публикаций.

## **5. Доказанность выносимых на защиту положений**

Положения, выносимые Рамазановой Р.А. на защиту доказаны в полной мере.

## **6. Полнота опубликования материалов диссертации в печати**

В подтверждении достоверности основных положений, результатов, выводов и заключения диссертации – по теме диссертации опубликовано 12 печатных работ, в том числе:

- **5 статей** в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science (показатель процентиля по CiteScore более 35%) в журналах «Metalurgija», «Chemical Engineering Transactions» и «Metallurgist»;

– **2 статьи** в изданиях, рекомендованных КОКСОН МНВО РК: 1) статья в журнале «Вестник Национальной инженерной академии РК», 2) статья в журнале «Труды университета»;

– **3 тезиса** докладов на международных отечественных и зарубежных научных конференциях: 1) «Способы сернокислотного выщелачивания окисленных цинковых руд различных месторождений» Materials of the XIII International scientific and practical Conference Scientific horizons – 2018. SHEFFIELD. Science and Education LTD, 2018; 2) «Современное состояние технологий производства цинка из минерального сырья и пути их развития» Материалы XV Международной научно-практической конференции «Advances in Science and Technology». Moscow, 2018; 3) «Проблема переработки низкосортных окисленных и смешанных цинковых руд» Материалы Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии и проекты в горно-металлургическом комплексе, их научное и кадровое сопровождение» г. Алматы, КазНТУ, 2014.

– **2 патента**: 1) патент на изобретение Российской Федерации; 2) патент Республики Казахстан на полезную модель.

#### **7. Замечания и предложения**

По результатам заслушивания докторанта есть ряд замечаний и предложений членов комиссии и рецензентов, указанные выше по тексту, которые, однако, не снижают значимости представленной диссертационной работы.

**Основываясь на вышесказанном, диссертационная работа Рамазановой Р.А. рекомендуется к защите в диссертационном совете по специальности 6D070900 – «Металлургия» для присуждения искомой степени PhD.**

#### **ПОСТАНОВИЛИ:**

Рекомендовать диссертационную работу Рамазановой Райгуль Амангельдиновны «Физико-химические исследования и разработка гидрометаллургической технологии переработки труднообогатимых окисленных цинковых руд», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) специальности 6D070900 – «Металлургия» к защите в Диссертационном совете по специальности 6D070900 – «Металлургия» при Казахском национальном исследовательском техническом университете имени К.И. Сатпаева.

**ГОЛОСОВАЛИ:** за – единогласно, против – нет, воздержавшихся – нет.

**Председатель заседания**  
к.т.н., ассоциированный профессор  
ШМиОПИ ВКТУ им. Д.Серикбаева



**Реутова Г.А.**

**Секретарь, старший преподаватель**  
ШМиОПИ ВКТУ им. Д.Серикбаева



**Жакупова Г.Б.**