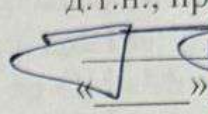


«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе и
инновациям Южно-Казахстанский
университет им. М. Ауэзова
д.т.н., профессор Сейсенбаев У.С.

«»



2025г.

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА №9

расширенного заседания кафедры «Технологии силикатов и металлургия»
Южно-Казахстанского университета им.М.Ауэзова

г.Шымкент

от «29» апреля 2025г.

Председатель заседания: Курбанбаев М.Е. – зав.кафедрой «Технологии силикатов и металлургия», к.т.н., доцент.

Секретарь заседания: Мельдеханова М.Е. – специалист ВУК, инженер кафедры «Технологии силикатов и металлургия»

Присутствовали -31 человек. Из них 20 человек (из 21) члены кафедры «Технологии силикатов и металлургия»: Айтурсев М.Ж., -д.т.н, доцент, декан Высшей школы «Химическая инженерия и биотехнология»; Курбанбаев М.Е., – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой; Шевко В.М.-д.т.н., профессор; Есимов Б.О.- д.г-м.н., профессор; Таймасов Б.Т. - д.т.н., профессор; Каратаева Г.Е., - к.т.н., ассоциированный профессор; Битанова Г.А., - к.т.н., доцент; Адырбаева Т.А., - к.т.н., доцент; Дубнина. Е.С- к.т.н., доцент; Айтулова Ж.А., - магистр, ст. преподаватель; Полатова К.М., -ст. преподаватель; Куандыкова А.А.Е., - преподаватель; Тулеев М.А., - преподаватель; Утеева Р.А., - ст.преподаватель; Абдуллин А.А., - преподаватель; Адырбаев Б.О., - магистр, преподаватель; Джумабаева Г.М., -зав. лабораторий; Мельдеханова М., -специалист ВУК, инженер; Карлыбай Н.Т, - специалист ВУК лаборант; Таукебаева Г.И., - специалист ВУК инженер; Шестова Н.В.-специалист ВУК лаборант.

2 - докторанта и 1- магистрант кафедры «Технологии силикатов и металлургия»:Амиралиев Б.А., -докторант; Куандыкова А.Е., -докторант; Адам.Т.И., -магистрант.

8-приглашенные: Кабылбекова Б.Н., - к.т.н. по специальности 05.16.03 «Металлургия цветных и редких металлов», профессор, кафедры ХиФИ; Тулекбаева А.А., -к.т.н. по специальности 05.16.03 «Металлургия цветных и редких металлов», доцент, зав. кафедрой «Стандартизация и сертификация»; Сейсенбаев А.Е., -к.т.н. по специальности 05.16.03 «Металлургия цветных и редких металлов», директор завода ТОО «Шымкент Сметлинг» по производству «Обработка цветных металлов и сплавов»; Махамбетов М.А -

к.т.н. по специальности 05.16.03 «Металлургия цветных и редких металлов», главный технолог завода ТОО «ModerntradeS» по производству «Обработка цветных металлов и сплавов»; Джункабаев К.К.,- главный технолог завода ТОО «SHYMKENT TEMIR» основной вид деятельности «Производство чугуна, стали и ферросплавов»; Кадирбаева А.А.,- к.т.н., по специальности 05.17.01 «Технология неорганических веществ», ассоциированный профессор ТННХП; Нурпеисова А.М., -магистр по ОП «Металлургия» университет им. Ж.А. Ташенова, начальник отдела профориентации; Миракев Н.М., - магистр, главный специалист института послевузовского образования ЮКУ имени М.Ауэзова.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

Председатель Курбанбаев М.Е:

Обсуждение диссертационной работы «Комплексная переработка природного оксидного и техногенного сульфидного цинксодержащего сырья Шалкия», представляемой на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия».

Научные консультанты:

Отечественный научный консультант - Шевко Виктор Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии силикатов и металлургия», ЮКУ имени М.Ауэзова, г. Шымкент, РК.

Зарубежный научный консультант - Лавров Борис Александрович – доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), г. Санкт-Петербург, Россия

Рецензенты:

- Битанова Г.А., -к.т.н. по специальности 05.16.02 «Металлургия черных, цветных и редких металлов», доцент кафедры «Технологии силикатов и металлургия» ЮКУ имени М.Ауэзова;

- Ичева Ю.Б., -к.т.н. по специальности 05.16.02 «Металлургия черных, цветных и редких металлов», доцент кафедры «Горное дело, металлургия и естествознание», проректор Жезказганского университета имени О.А. Байконурова, член-корреспондент Казахской национальной академии естественных наук по «Металлургии».

СЛУШАЛИ:

Председателя Курбанбаева М.Е.: Маханбетова Бактыгул Алимжановна обучалась в докторантуре ЮКУ им.М.Ауэзова по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия» в 2021-2024 гг.

В настоящее время она завершила диссертационную работу на тему «Комплексная переработка природного оксидного и техногенного сульфидного цинксодержащего сырья Шалкия».

К заседанию соискатель представила следующие документы:

-выписка из приказа № 113- ИПВО о зачислении Маханбетову Бактыгул Алимжановну на 1 курс с 01.09.2021г по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия» ЮКУ им.М.Ауэзова;

-выписка из приказа №1-ИПВО об утверждении темы докторской диссертации Маханбетовой Б.А;

-выписка из приказа №141-ИПВО об утверждении научных консультантов докторанта Маханбетовой Б.А;

-копии транскрипта об освоении профессиональной учебной программы докторантуры;

-выписка из приказа №99 –ИПВО в связи с освоением полного курса образовательной программы 8D07220 – «Металлургия» и истечением срока обучения с 1 июля 2024 года Маханбетову Бактыгул Алимжановну отчислить и направить на защиту;

-положительные отзывы отечественного и зарубежного научного консультанта;

-положительные отзывы рецензентов внутреннего и стороннего ВУЗа;

-справка о проверке диссертации в системе на наличие заимствований без ссылок (оригинальность-86,36%)

-диссертационная работа в твердом переплете и на электронном носителе;

-список научных трудов и их копии;

-копия удостоверения личности.

Маханбетова Б.А. в 2023 году прошла научную стажировку в Санкт-Петербургском государственном технологическом институте (технический университет), г. Санкт-Петербург, Россия.

В соответствии с положением информация о предстоящем расширенном заседании кафедры «Технологии силикатов и металлургия» по обсуждению диссертационной работы по теме «Комплексная переработка природного оксидного и техногенного сульфидного цинксодержащего сырья Шалкия» была помещена на сайте <https://xt.auezov.edu.kz> 21.04.2025г ВШ «Химическая инженерия и Биотехнология».

Есть ли замечания по документам соискателя Маханбетовой Б.А. Замечаний нет. Если нет вопросов по повестке дня, слово предоставляется соискателю Маханбетовой Бактыгул Алимжановне для доклада диссертационной работы по теме «Комплексная переработка природного оксидного и техногенного сульфидного цинксодержащего сырья Шалкия». Регламент 20 минут на презентацию доклада.

Слушали: Маханбетову Б.А., которая в докладе изложила суть диссертационной работы. Доклад был представлен в форме презентации. В ходе доклада были освещены следующие вопросы:

- Актуальность исследуемой проблемы
- Цель и задача диссертационного исследования.
- Научная новизна.
- Основные положения, выносимые на защиту.
- Практическая значимость диссертации.

- Методы исследования.
- Результаты исследования.
- Заключение и выводы.

Председатель Курбанбаев М.Е.: Уважаемые коллеги, переходим к обсуждению диссертационной работы. Пожалуйста, у кого есть вопросы по данной работе?

Таймасов Б.Т., - д.т.н., профессор кафедры «Технологии силикатов и металлургия»

Вопрос:

- 1) Какую долю в себестоимости занимает сырье и электроэнергия?
- 2) Какая себестоимость переработки 1 тонны руды?

Соискатель: 1) Доля электроэнергии составляет 40%, а сырье 30%, от себестоимости электроплавки 1 т руды.

- 3) Себестоимость электроплавки 1 т руды составляет 181053,0 тенге.

Махамбетова К. А., -к.т.н., доцент, главный технолог завода ТОО «ModerntradeS».

- 1) Как перерабатываются полученные возгоны и есть ли отличие от возгонов, полученных традиционным методом?
- 2) Уточните химический состав вашего шлака и вошла стоимость шлака при расчете прибыли?

Соискатель: 1) Диссертационная работа выполнялась в рамках программы «Разработка комплексной технологии переработки труднообогатимых полиметаллических руд месторождений Шалкия и Жайрем» по договору с «Национальным центром по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан». В НИЦКПМС с полученными возгонами ведутся исследования по двум направлениям электрохимическим и вакуумным дистилляционным. Исследования пока не завершены. Нами полученные возгоны, отличающиеся повышенным присутствием кремния в пределах 13-14%. Шлак состоит из оксидов: кальция - 33,0%, магния - 22,5%, алюминия - 12,4%, железа - 7,1, кремния - 13,8% и прочее.

2) При расчете прибыли стоимость шлака не учитывалась. Шлак может принести дополнительную прибыль. Так, например, 1т шлакового щебня тенге.

Джункабаев К.К – главный технолог завода ТОО «SHYMKENT TEMIR».

- 1) Какой магнетитовый концентрат вы использовали и какое содержание в нем магнетита?
- 2) Какова себестоимость продукции ферросплава марки FeSi45 1т полученный вами?

Соискатель: В работе использовали магнетитовый концентрат СКК ТОО «IronConcentrateCompany» полученный из хвостов Балхашской обогатительной фабрики с содержанием 85,9% магнетита (имеется Сертификат качества). Себестоимость получения 1 т ферросилиция марки FeSi45 составила 251 781,4 тенге.

Есимов Б.О. – д.т.н., профессор кафедры «Технологии силикатов и металлургия»

- 1) Дайте информацию о месторождении Шалкия и о хвостах обогащения?
- 2) Расскажите о минералогическом составе сырья и хвостов ее обогащения?

Соискатель: 1) Месторождение Шалкия с запасами 129,35 млн балансовые руды (4,28% Zn%, 1,18% Pb) и 119,56 млн забалансовые руды (2,73% Zn%, 0,61% Pb) занимает пятое место в мире. Отличительной особенностью является высокое содержание кремнезема в пределах 48-55%, а также присутствием в нем около 7% окисленных руд, которые не обогащаются и накапливаются в отвалах. Хвосты обогащения – находящиеся в Баялдырском хвостохранилище за период 2004-2008 гг. работы Кентауской обогатительной фабрики с годовой производительностью 350 тыс.т. руды содержат 2,14% цинка и 0,6% свинца.

2) Месторождение Шалкия имеет несколько зон: до глубины 60 м развиты выщелоченные лимонитизированные породы с малым содержанием карбоната свинца и цинка; от 60 до 70м – основные карбонатные цинка-свинцовые руды; глубже смешанные руды, а затем первичные сульфидные руды. Окисленные и смешанные руды поднимаются из шахты и складировются на открытой поверхности. Окисленная руда содержит минералы – смитсонит с содержанием ZnO-3,3%, церуссит с содержанием PbO-1,3%, кварцит -56,0%, доломит-33,4%, сидерит-9,0%, а хвосты обогащения – сфалерит-2,0%, галенит-1,0%, кварцит-56,0%, доломит-36,3%, пирит-4,7%.

Кабылбекова Б.Н., - к.т.н., профессор кафедры «ХиФИ»

- 1) Поясните, электроплавка проводилась в присутствии стальной стружки или только с магнетитовым концентратом?
- 2) С чем связано явление пенообразования в печи?

Соискатель: 1) Электроплавка проводилась с присутствием магнетитового концентрата и стальной стружкой и с частичной 40-60% заменой железа магнетитового концентрата на железо стальной стружки.

2) Электроплавка окисленной руды Шалкия, хвостов обогащения и их смесей в присутствии магнетита сопровождается явлением пенообразования расплава из-за насыщения расплава газообразными продуктами- CO, SO₂, Zn, Pb.

Айтурсев М.Ж., - к.т.н. доцент, декан высшей школы «Химическая инженерия и биотехнология»

- 1) Какова перспектива внедрения этой технологии?
- 2) Проводились ли опытно-промышленные испытания?

Соискатель: 1) Внедрение технологии возможно, так как основные преимущества технологии, следующие:

- возможность переработки окисленной руды Шалкия, хвостов обогащения сульфидной руды с высоким технико-экономическим показателем;

- повышенная степень комплексного использования сырья за счет более высокого извлечения цинка, свинца, а также получения из нерудной составляющей гостированной продукции – ферросилиция марок FeSi25, FeSi45.

- частичное снижение расхода дефицитной стальной стружки недефицитным и с меньшей стоимостью (по железу) магнетитовым концентратом.

- созданный способ переработки цинк-свинец-кремний содержащих руд может быть использован для переработки других подобных руд, например, руд месторождения Жайрем, содержащих 3-5% ΣZn и Pb и до 70 SiO_2 .

2) Я отмечало, что диссертационная работа выполнялась в рамках программы «Разработка комплексной технологии переработки труднообогатимых полиметаллических руд месторождений Шалкия и Жайрем» по договору с НЦКПМС сроком на 3 года, опытно-промышленные испытания технологии запланированы в 2025 году на 4-квартал. Только после этого можно будет рекомендовать технологию к внедрению.

Шевко В.М., -д.т.н., профессор кафедры «Технологии силикатов и металлургия»

1) Можно ли получить из руды Шалкия ферросилиций с высоким содержанием кремния?

2) Расскажите о температурном режиме установки?

3) Из какого материала был выполнен рукавный фильтр и какой ее верхний температурный предел?

Соискатель: 1) Месторождение Шалкия содержит 48-55% кремнезема. Для получения высоко кремнистого ферросилиция с высокой маркой содержание кремнезема в кварците должно быть $\geq 95\%$.

2) Температуру узлов установки замерили лазерным пирометром GM2200. Температура: при сливе она составила 1510-1630°C, колошника - 900-1100°C, инерционного пылеуловителя 230-250°C, кулера 155-80 °C, рукавного фильтра 60-80°C.

3) Материал, используемый в рукавных фильтрах - полиэстер выдерживает температуру до 150°C. Он отличается высокой износоустойчивостью и предназначен для улавливания средне и мелкодисперсной пыли.

Битанова Г.А., - к.т.н., доцент кафедры «Технологии силикатов и металлургия»

1) В чем заключается практическая значимость вашей работы?

Соискатель:

- На основании экспериментально полученных математических моделей определены оптимальные технологические параметры (количество кокса, стальной стружки, степень замены железа дефицитной стальной стружки на железо магнетитового концентрата) получения из окисленной руды Шалкия, хвостов обогащения руды и их смесей ферросилиция марок FeSi25, FeSi45 и возгонов, содержащих ΣZn и Pb 35,5-39,5%, при извлечении в сплав 75-85 % кремния и в возгоны 98-99% цинка и свинца;

- Проведены в непрерывном режиме со сливом шлака, ферросилиция и улавливанием возгонов укрупненно лабораторные испытания электротермической переработки хвостов в присутствии стальной стружки, кокса, магнетитового концентрата и сульфидной рудой с использованием печи мощностью 45 кВт·А ;

- Установлено, что при образовании ферросилиция марки FeSi45 максимальная степень извлечение кремния в сплав (83-86%) происходит при плавке хвостов обогащения с сульфидной рудой в присутствии магнетитовым концентратом. Независимо от состава шихт в возгоны, содержащие до 31 % Zn и до 10,1 Pb, извлекается не менее 99% цинка и 98% свинца;

- Рассчитаны экономические показатели разработанной технологии получения ферросилиция и возгонов, содержащих цинк и свинец из окисленной руды и хвостов обогащения совместно с сульфидной рудой Шалкия. Прибыль при переработке в год 200 000 т руды и хвостов обогащения составит -21,6 – 22,2 млн \$ США, срок окупаемости инвестиций – 3 года;

- Практическая значимость и технологическая новизна созданного способа переработки руды Шалкия подтверждена Патентом РК № 36683 на изобретение от 05.04.2024г.

Председатель Курбанбаев М.Е.: Уважаемые члены расширенного заседания и приглашенные, если у вас нет вопросов, давайте перейдем к следующему этапу. Слово предоставляется отечественному научному консультанту Шевко Виктору Михайловичу, д.т.н., профессор кафедры «Технологии силикатов и металлургия», ЮКУ им.М.Ауэзова, (положительный отзыв прилагается).

Отечественный научный консультант Шевко В.М.:

По запасам цинка месторождения Шалкия занимает пятое место в мире. Несмотря на это разработка месторождения проводится не интенсивно. Это связано с недостаточно высоким извлечением цинка в концентрат ($\leq 70\%$), образованием большого количества хвостов обогащения и присутствием окисленных, труднообогатимых руд. В связи с этим актуальным и своевременным является создание более эффективной технологии переработки рудного тела Шалкия и хвостов ее обогащения. Решению этой задачи посвящена диссертационная работа Маханбетовой Б.А.

Основой нового способа переработки цинкового сырья в диссертации является совместная электротермическая переработка окисленной руды Шалкия, хвостов обогащения и сульфидной руды с извлечением не только цинка и свинца, но и получением из нерудной составляющей – марочного ферросилиция.

Для достижения объявленной в работе цели диссертантом был выполнен комплекс компьютерно- термодинамического моделирования взаимодействия окисленной руды Шалкия, хвостов обогащения в смеси с коксом, стальной стружкой, магнетитовым концентратом и сульфидной рудой. Моделирование было выполнено современным программным комплексом HCS -6,0, основанным на принципе минимума энергии Гиббса. Совмещением этого способа с рототабельным методом планирования исследований второго

порядка были построены 3D и горизонтальные модели влияния температуры, углерода, железа, магнетита на извлечение Zn, Pb, Si из цинкового сырья найдены оптимальные равновесные условия максимального извлечения цинка, свинца в газовую фазу и получения ферросилиция марок FeSi25 и FeSi45.

Электроплавка окисленной руды Шалкия, хвостов обогащения и их смесей с сульфидной рудой была проведена в дуговой одноэлектродной печи в присутствии кокса, стальной стружки, магнетитового концентрата и сульфидной рудой. После получения математической модели, построения объемных и плоскостных изображений оптимизация процесса была проведена методом наложения нескольких картин на одну плоскость. Определено, что при электроплавке цинк и свинец не менее 98% переходят в возгоны, а кремний – в зависимости от состава шихт на 80-85% переходит в сплав с образованием марочного ферросилиция. В процессе проведения исследований диссертантом было установлено явление пенообразования при электроплавке руды в присутствии магнетитового концентрата (вместо стальной стружки). Дано объяснение этому явлению и найдена оптимальная степень замены железа магнетитового концентрата на железо стальной стружки (40-60%), при которой пена имеет неактивный характер.

Проведением укрупненно-лабораторных опытов была подтверждена возможность получения из руды хвостов обогащения Шалкия ферросилиция марки FeSi45 и возгонов, содержащих 23,5-31,0 % цинка и 9,5-10,0 % свинца (при извлечении 79-86 % кремния) в сплав и >98% цинка и свинца в возгоны).

Предлагаемая технология экономически целесообразна и характеризуется сроком окупаемости 3 года и годовой прибылью 21,6-22,2 млн \$США при переработке в год 200 000 т руды.

Новизна технологии подтверждена Патентом РК на изобретение № 36683. Основное содержание работы опубликовано в рецензируемых журналах, в том числе в БД Scopus от 52-74%.

Все поставленные перед диссертантом задачи выполнены.

Необходимо отметить, что при выполнении работы и полученных результатах Маханбетова Б.А. показала большую степень самостоятельности и целеустремленности. За три года обучения в докторантуре она приобрела навыки и компетенции, характерные для сложившегося ученого, способной успешно решать задачи в области теории и технологии металлургического производства. Диссертационная работа Маханбетовой Б.А. «Комплексная переработка природного оксидного и сульфидного техногенного цинксодержащего сырья месторождения Шалкия» соответствует требованиям Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК.

Рекомендую диссертацию Маханбетовой Б.А. «Комплексная переработка оксидного природного и сульфидного техногенного цинксодержащего сырья месторождения Шалкия» на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия» для заслушивания на расширенном заседании кафедры «Технологии силикатов и металлургия»

Председатель Курбанбаев М.Е.: По положению СМК ЮКУ П 7.37-2024 (пункт 6.4.11.5 при отсутствии научного консультанта, рецензента, их отзывы зачитывает председательствующий). Разрешите зачитать отзыв зарубежного консультанта Лаврова Б.А. и рецензента Ичевой Ю.Б. (положительные отзывы зарубежного консультанта Лаврова Б. А. и рецензента Ичевой Ю.Б. прилагаются).

Отзыв зарубежного консультанта Лаврова Б.А:

В настоящее время при переработке природного сырья не более 10% его переходят в продукты. В связи с этим при переработке не только природного, но и техногенного сырья необходимо создание принципиально новых технологий, основанных на новых научно-прикладных идеологиях, позволяющих значительно увеличить комплексное использования сырья.

Это проблема характерна для цинксодержащего месторождения Шалкия, содержащий около 7% окисленной, а также и для коренной руды, при обогащении которой образуются хвосты и накапливаются в отвалах. Отличительной особенностью месторождения является присутствие в рудах значительного (до 56%) содержания кремнезема.

Диссертационное исследование посвящена созданию нового способа переработки цинксодержащего и техногенного сырья с одновременно получением кремнистых ферросплавов и возгонов, содержащих цинк и свинец. Целесообразность одновременного получения ферросилиция с извлечением в возгоны цветных металлов была подтверждена электроплавкой в дуговой печи окисленной руды, хвостов обогащения, а также их смесей с коренной сульфидной рудой. Необходимость использования сульфидной руды Шалкия объясняется низкими показателями ее переработки.

Маханбетова Б.А. успешно применяет экспериментальные методы исследования, включая оптимизацию технологических параметров посредством сопряжения компьютерного термодинамического моделирования и рототабельного планирования второго порядка (Бокса -Хантара), что позволило установить условия для получения ферросилиция марок FeSi25 и FeSi45 и достижения высокой степени извлечения цинка (более 98%) и свинца (более 90%) в газовую фазу из окисленной руды месторождения Шалкия и хвостов обогащения и их смесей. Экспериментальные исследования в лабораторных условиях подтвердили адекватность разработанных моделей, что является свидетельством высокой научной состоятельности предложенных решений.

В результате укрупненных лабораторных экспериментов по электроплавке хвостов обогащения и их смесей с рудой Шалкия установлено, что степень перехода кремния в ферросилиций марки FeSi45 составила 79-86%, а в возгоны, содержащие цинка и свинца $\Sigma 41,11\%$ перешло 98,4-99,7% цинка и 98,5-99,0% свинца.

Экономическая эффективность разработанной Маханбетовой Б.А. технологии подтверждается расчетами, которые показывают, что инвестиции окупятся в течение 3 лет, а годовая прибыль при переработке 200 000 тонн руды и отходов составит 21,6-22,2 млн \$ США.

Следует подчеркнуть, что Маханбетова Б.А. продемонстрировала высокий уровень самостоятельности и целеустремленности в процессе выполнения диссертационного исследования, что позволяет заключить о её безусловной готовности к продолжению научной карьеры. Необходимо отметить, что часть работы Маханбетовой Б.А. была сделана в период ее стажировки в Санкт – Петербургском государственном технологическом институте (технический университет).

Представленная диссертация свидетельствует о том, что Маханбетова Б.А. в полной мере реализовала свой потенциал в научно-исследовательской деятельности и показала высокий уровень профессионализма как исследователь. Значимость результатов диссертационного исследования подтверждается 16 опубликованными работами, включая 4 статьи (52-74%) в рецензируемых журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science.

Как зарубежный научный консультант, рекомендую докторскую диссертацию Маханбетовой Б.А. на тему «Комплексная переработка оксидного природного и сульфидного техногенного цинксодержащего сырья месторождения Шалкия» на соискание степени доктора философии PhD по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия», для заслушивания на расширенном заседании кафедры «Технологии силикатов и металлургия» ЮКУ им.М.Ауэзова.

Отзыв рецензента Ичева Ю.Б:

В связи с уменьшением запасов кондиционных руд, снижением содержания металлов в рудах, увеличением объема хвостов обогащения и возрастанием доли труднообогатимых руд, в цветной металлургии приобретает особую значимость комплексное использование сырья. С учетом того, что при добыче извлекается не более 40% руды, при обогащении потери металлов составляют 15-40%, а в металлургическом переделе еще 10-20%, комплексная переработка сырья требует новых технологических подходов.

Диссертационная работа Маханбетовой Б.А. посвящена решению задачи комплексной переработки цинксодержащего сырья месторождения Шалкия. Целью работы является теоретическое и экспериментальное обоснование технологии переработки окисленных цинксодержащих руд и хвостов обогащения сульфидной руды с получением кремнистых ферросплавов и цинковых возгонов.

Решению проблемы комплексной переработки цинксодержащего сырья на примере руды месторождения Шалкия связана диссертационная работа Маханбетовой Б.А., в частности, целью работы является - теоретическое и экспериментальное обоснование создания технологии комплексной переработки окисленных цинксодержащих руд месторождения Шалкия и хвостов обогащения сульфидной руды с получением кремнистых ферросплавов и цинковых возгонов.

В аналитическом обзоре по переработке окисленных цинковых руд, хвостов обогащения цинковой руды и сульфидных руд показано, что несмотря на значительное количество исследований, предлагаемые технологии имеют низкий коэффициент использования сырья. Это объясняется тем, что

большинство методов направлены только на извлечение цветных металлов без получения из нерудной составляющей марочной продукции.

Существенная часть исследования выполнена с использованием компьютерного термодинамического моделирования в программном комплексе HSC-6.0 Chemistry. Установлено влияние (до 2000°C) углерода, железа и магнетита на получение марочного ферросилиция с извлечением цинка и свинца в возгоны. В равновесных условиях из окисленной руды в присутствии магнетита в ферросилиций извлекается 80,1% кремния, а цинк и свинец переходят в возгоны практически полностью.

Методом рототабельного планирования экспериментов второго порядка по электроплавке окисленной руды, хвостов обогащения в присутствии магнетитового концентрата, кокса, стальной стружки и сульфидной руды, получены математические модели, построены 3D и плоскостные изображения, найдены оптимальные условия максимального извлечения кремния в марочный ферросилиций и цветных металлов в возгоны. Установлено, что максимальная степень извлечения кремния в сплав в ферросилиций марки FeSi45, (со степенью извлечения кремния в сплав 85-90,9%) происходит при переработке окисленной руды в смеси с сульфидной рудой. При этом 98,7% цинка и 83,7% свинца извлекается в возгоны, в которых содержание цинка составило 28,4% и свинца 10,6%.

Необходимо отметить, что при плавке цинксодержащего сырья в присутствии магнетитового концентрата (вместо стальной стружки) автором установлено явление пенообразования расплава. Найдены условия, обеспечивающие минимизацию пенообразования, а также установлено, что извлечение кремния в сплав протекает в переходном режиме.

Укрупненно-лабораторные испытания электроплавки из хвостов обогащения с получением ферросплава и возгонов цветных металлов показали, что степень извлечения кремния в ферросилиций марки FeSi45 (содержащего 43,0% кремния) составила 83-86%. При этом в возгоны, содержащие в сумме 35,1% цинка и свинца, переходит до 98,4-99,7% цинка и 98,5-99,0% свинца.

Экономические расчеты подтверждают целесообразность применения данной технологии. При рентабельности производства 31,3-32,1% срок окупаемости составляет не более 3 лет. Годовая прибыль при переработке 200 000 т смеси хвостов обогащения и руды составляет 21,61 млн \$ США.

Результаты работы опубликованы в рецензируемых научных журналах, включая издания, входящие в БД Scopus (52-74 перцентиль).

Считаю, что по актуальности, научной и практической значимости полученных результатов и экономической целесообразности, диссертационная работа Маханбетовой Б.А. соответствует требованиям Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК.

Рекомендую диссертационную работу по теме «Комплексная переработка природного оксидного и сульфидного техногенного цинксодержащего сырья месторождения Шалкия» Маханбетовой Б.А. на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по образовательной

программе 8D07220 – «Металлургия» для заслушивания на расширенном заседании кафедры «Технологии силикатов и металлургия».

Председатель Курбанбаев М.Е:

Слово предоставляется рецензенту диссертационной работы Битановой Г.А., -к.т.н., доценту кафедры «Технологии силикатов и металлургия»

Битанова Г.А: Здравствуйте, уважаемые члены кафедры и гости! Ознакомившись с диссертацией Маханбетовой Бактыгул Алимжановны, пришла к следующему заключению:

Актуальность научной темы диссертационной работы не вызывает сомнений, т.к. в последнее время с переходом экономики на рыночное отношение возникает необходимость разработки эффективных технологий переработки цинксодержащих минералов, которые содержат как природные, так и техногенные компоненты. В условиях современного мирового рынка высока потребность в экологически чистых и экономически эффективных методах извлечения цинка из сложных сырьевых материалов. Особенно это актуально для таких месторождений, как Шалкия, где сырьё включает не только природные оксиды и сульфиды, но и вторичные техногенные отходы, требующие особого подхода в переработке. Сложность заключается в том, что традиционные методы переработки не всегда эффективно справляются с извлечением цинка из таких смесей, что приводит к высоким потерям металла и загрязнению окружающей среды. В связи с этим, необходимы новые, комплексные подходы, которые бы учитывали разнообразие состава сырья и позволяли бы оптимизировать процессы получения цинка, минимизируя при этом негативное воздействие на природу и улучшая экономическую эффективность переработки.

Для достижения поставленной цели автором Маханбетовой Б.А. проделан большой объем исследований:

1. проведено термодинамическое моделирование взаимодействия сульфидов цинка, свинца, железа (и их смесей) с углеродом в присутствии железа и магнетита;
2. проведено термодинамическое моделирование взаимодействия окисленных и сульфидных руд месторождения Шалкия, хвостов ее обогащения с углеродом в присутствии железа и магнетита;
3. изучена кинетика извлечения кремния в ферросплав из цинксодержащих руд Шалкия и хвостов ее обогащения;
4. изучены оптимальные условия электроплавки, обеспечивающие получение марочного ферросилиция и возгонов цинка, свинца;
5. проведены укрупнено-лабораторные испытания электроплавкой комплексной переработки хвостов обогащения руды Шалкия с получением марочного ферросилиция и Zn-Pb возгонов.

Диссертантом предложен новый способ совместной электротермической комплексной переработки окисленных и сульфидных руд, хвостов обогащения, что позволяет повысить извлечение не только цинка и свинца, но также получать ферросилиций марок FeSi25, FeSi45, FeSi50 из нерудных компонентов. Научная работа Маханбетовой Б.А. представляет собой

значимый вклад в область металлургии, так как решает ключевую задачу повышения эффективности комплексной переработки сложного техногенного цинксодержащего сырья.

Автор демонстрирует уверенное владение экспериментальными методами исследований, в особенности оптимизацией технологических параметров с использованием методов сопряжения компьютерного термодинамического моделирования и рототабельного планирования, при этом были найдены условия получения ферросилиция марок FeSi25, FeSi45 и извлечения >98% цинка, >90% свинца в газовую фазу из окисленной руды Шалкия, хвостов обогащения и их смесей. Полученные результаты моделирования подтверждаются лабораторными испытаниями, что свидетельствует о высокой научной обоснованности предложенных решений.

Эффективность предлагаемой технологии автором Маханбетовой Б.А. подтверждается экономическими показателями, демонстрирующими срок окупаемости инвестиций в 3 года и потенциальную годовую прибыль в диапазоне 21,6-22,2 млн. долларов США при переработке 200 000 тонн руды и хвостов в год.

Результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на отечественных и зарубежных международных конференциях и опубликованы в рецензируемых научных журналах (Scopus/Web of Science), для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени. Практическая ценность научной работы в том, что разработаны основы ресурсосберегающей технологии с одновременным получением кремнистых ферросплавов и цинковых возгонов из цинксодержащих руд Шалкия и хвостов ее обогащения, а также осуществлены укрупнено-лабораторные испытания по выплавке марочного ферросилиция и Zn-Pb возгонов.

Новизна разработанной технологии подтверждена Патентом РК на изобретение №36683, что свидетельствует о высокой технологической новизне работы.

Необходимо отметить, что диссертант Маханбетова Б.А. проявила высокую степень самостоятельности и целеустремленности, что позволяет с уверенностью говорить о её готовности к дальнейшей научной деятельности. Диссертационная работа по теме «Комплексная переработка оксидного природного и сульфидного техногенного цинксодержащего сырья месторождения Шалкия» полностью соответствует требованиям Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК, выполнена на высоком научно-исследовательском уровне, по своей актуальности, научной новизне, практической значимости, полученным научным результатам отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям.

Рекомендую докторскую диссертацию Маханбетовой Б.А. на тему «Комплексная переработка оксидного природного и сульфидного техногенного цинксодержащего сырья месторождения Шалкия» в рамках на соискание степени доктора философии PhD по образовательной программе

8D07220 – «Металлургия», для заслушивания на расширенном заседании кафедры «Технологии силикатов и металлургия» ЮКУ им.М.Ауэзова.

Председатель Курбанбаев М.Е: Спасибо Гульвира Аззатуллаевна! Приступаем к обсуждению диссертационной работы Маханбетовой Б.А.

Есимов Б.О - д.г-м.н., профессор: Все поставленные перед диссертантом задачи выполнены. Тема диссертации актуально. Задачи, поставленные в диссертации, решались методом термодинамического моделирования, оптимизация с использованием ЭВМ. Технология экономический оправдано за счет совмещения в одном агрегате получения ферросилиция и возгонов. Исходя из доклада уровню решения задач и анализов результатов исследований видно, что докторантура за три года подготовила ее как ученого, владеющего теорией и технологией металлургии для решения сложных задач. Диссертационная работа Маханбетовой Б.А «Комплексная переработка природного оксидного и сульфидного техногенного цинксодержащего сырья месторождения Шалкия» соответствует требованиям Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНиВО РК. Работу поддерживаю и рекомендую к защите диссертационный совет по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия». Но есть замечания по презентации - количество слайдов сократить, учитывая наличие повторяющихся изображений; больше внимания уделить характеристике сырья.

Таймасов Б.Т - д.т.н., профессор: Работа весьма актуальна и имеет большое практическое значение. Тот факт, что докторант ответил на все поставленные вопросы четко и с подтверждающими доказательствами, свидетельствует о том, она хорошо справилась с заданием. Все исследования, представленные докторантом, последовательны и отличаются высоким качеством. Необходимо при докладе более подробно остановиться по научной работе. Данную диссертационную работу поддерживаю и рекомендую к защите в диссертационный совет по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия».

Айтурсев М.Ж., - д.т.н., доцент: Диссертационная работа- это закаченное научное исследование с реальными теоретическими и прикладными показателями. Видно, что соискатель в процессе обучения в докторантуре освоил целый ряд современных методов исследований и приобрел необходимые компетенции исследователя поэтому я считаю, что работа соискателя должна быть положительно оценена. Я поддерживаю предложение о рекомендации к защите ее на диссертационном совете по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия». При этом соискателю необходимо отметить преимущества разработанной технологии в сравнении существующими. Желаю ей успешной защиты!

Председатель Курбанбаев М.Е.: У кого-нибудь есть вопросы? Вопросов нет. Работа объемная, она актуальна и может принести заметный вклад в развитие технологии цинка и свинца Казахстана. Ее можно предлагать зарубежным инвестором. Все участники расширенного заседания, принявшие участие в дискуссии, рекомендовали диссертационную работу Маханбетовой

Б.А. к защите в диссертационном совете по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия». На этом обсуждение можно считать завершённым. Мы должны проголосовать по диссертационной работе «Комплексная переработка природного оксидного и сульфидного техногенного цинксодержащего сырья месторождения Шалкия» и принять заключение в соответствии СМК ЮКУ П 7.37-2024. Голосование проводится по одному из трех вариантов:

1-диссертационная работа рекомендуется к защите.

2-диссертационная работа рекомендуется к защите в диссертационный совет при условии устранения докторантом сделанных в ходе обсуждения поправок и замечаний, не имеющих принципиального значения, без повторного обсуждения.

3-диссертационная работа не рекомендуется к защите, нуждается в доработке и повторном обсуждении.

Какие предложения по вариантам?

Есимов Б.О.: Предлагаю голосовать за первый вариант.

Председатель Курбанбаев М.Е.: Кто за это предложения? Предложения принято единогласно. Таким образом предлагается рекомендовать диссертационную работу Маханбетовой Б.А. по теме «Комплексная переработка природного оксидного и сульфидного техногенного цинксодържащего сырья месторождения Шалкия» на соискание степени доктора философии PhD к защите в диссертационный совет по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расширенное заседания кафедры «Технологии силикатов и металлургия» ЮКУ им.М.Ауэзова от 29 апреля 2025 года по обсуждению диссертационной работы Маханбетовой Бактыгул Алимжановны на тему «Комплексная переработка природного оксидного и сульфидного техногенного цинксодържащего сырья месторождения Шалкия», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия» рекомендована к защите в диссертационный совет.

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач работы, проведении экспериментальных исследований, обработке и анализе полученных результатов, формулировании выводов, написании статей, патент и тезисов докладов.

1. Актуальность темы исследования

В настоящее время большая часть цинка (80%) производится из сульфидных руд. Технология предусматривает: дробление → измельчение → обогащение → обжиг концентратов → выщелачивание цинка и электролиз. Недостаток метода заключается в его многостадийности и образования большого количество хвостов обогащения, а также недостаточно высокой

степени извлечения цинка в концентрат. Эти недостатки характерны и при переработке руды Шалкия. Так в селективный концентрат извлекается не более 70-75% Zn и 50% Pb. С хвостами теряется до 20% Zn и до 40% Pb. Кроме того, стоит проблема комплексной переработки окисленной руды этого месторождения, содержащей Σ Zn и Pb 3-3,8%, 40-50%SiO₂. Эти руды практически не перерабатываются и вывозятся в отвалы или перерабатываются совместно с сульфидной рудой, ухудшая тем самым показатели обогащения. Исходя из этого в настоящее время для комплексной переработки окисленной руды, хвостов обогащения руды Шалкия актуальным является создание новой технологии со значительным увеличением извлечения в целевой продукт не только основных металлов, но и нерудного компонента - кремнезема.

2. Научные результаты в рамках требований к диссертациям (пп.2,5,6 «Правил присуждения степеней» и паспортов соответствующих специальностей научных работников)

Научные положения диссертации соответствуют требованиям, предъявляемым к работам такого рода.

В работе последовательно решаются поставленные соискателем задачи. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников. В главах сделаны научно- значимые, логично аргументированные выводы. Основные полученные результаты сводятся к следующему:

В работе приведены результаты теоретических и прикладных исследований переработки окисленной руды Шалкия, хвостов ее обогащения и их смесей электроплавкой с одновременным получением марочного ферросилиция и возгонов, содержащих цинк и свинец. Установлено, что восстановление цинка и свинца из сульфидов в присутствии магнетита происходит при меньшей температуре, чем в его отсутствие. Полный термодинамический анализ, проведенный компьютерным моделированием показал, что восстановление сульфида цинка углеродом в присутствии Fe₃O₄ имеет ступенчатый характер с участием в восстановлении цинка элемента железа и FeO. Используя метод сопряжения термодинамического моделирования и рототабельного планирования исследований второго порядка найдены основные закономерности получения ферросилиция марок FeSi25, FeSi45(с извлечением кремния от 55 до 83%) и извлечения не менее 98% цинка, 90% свинца в газовую фазу из окисленной руды Шалкия, хвостов обогащения и их смесей:

Анализ экспериментально полученных 3D и плоскостных изображений степени извлечения кремния в сплав, содержание кремния в нем позволило установить оптимальные технологические параметры переработки руды и хвостов. Электроплавка окисленной руды Шалкия и хвостов обогащения в присутствии стальной стружки с и магнетитовым концентратом позволяет получать ферросилиций марки FeSi45 с низким содержанием серы. При этом

электроплавка сопровождается явлением пенообразования расплава. Замена железа магнетитового концентрата на железо стальной стружки сопровождается не активным пенообразованием и увеличением степени извлечения кремния в ферросилиций марки FeSi45 до 80-85%.

Найдены оптимальные параметры, позволяющие электроплавкой окисленной руды Шалкия, хвостов обогащения, сульфидной руды и их смесей с магнетитовым концентратом, стальной стружкой, кокса получать ферросилиций марок FeSi25, FeSi45 с извлечением в него от 75 до 91,0% кремния и возгоны с содержанием до 41,1% Zn и Pb с извлечением в них не менее 98-99% этих металлов.

Извлечение кремния в сплав при электроплавке окисленной руды Шалкия и хвостов ее обогащения в присутствии магнетитового концентрата протекает в переходном режиме; повышение скорости извлечения кремния из шихты, содержащей окисленную руду объясняется тем, что восстановление цинка из оксида цинка происходит более интенсивно, чем из сульфида цинка.

Проведенные укрупненно-лабораторные испытания показали, что при плавке хвостов обогащения совместно с коксом и стальной стружкой, магнетитовым концентратом, сульфидной рудой в ферросилиций марки FeSi45 извлекается до 86% кремния. Независимо от вида перерабатываемого цинксоодержащего сырья в возгоны, содержащие до 31% цинка и до 10% свинца извлекается почти полностью цинк и свинец.

3. Степень обоснованности и достоверности каждого научного результата (положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации

Полученные в ходе исследования результаты и выводы отражают содержание всех разделов в логичной последовательности и подтверждаются публикациями основных научных результатов в международных и отечественных научных журналах и докладами на международных конференциях.

4. Степень новизны каждого научного результата (положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации

Научные положения диссертации соответствуют требованиям, предъявляемым к работам такого рода. Научная новизна заключается:

- Установлено, что температура углестермического восстановления сульфида цинка значительно на 414°C снижается, если процесс проводить в присутствии магнетита; при этом ряд реакционной способности сульфидов изменяется в следующем образом $\text{PbS} > \text{ZnS} > \text{FeS}_2$;

- Найдено, что в равновесных условиях углестермическое восстановление ZnS в присутствии магнетита имеет стадийный характер: на первой стадии Fe_3O_4 восстанавливается до Fe и FeO. Затем происходит восстановление части (27,3%) ZnS железом. На последней стадии ($T > 1600^\circ\text{C}$) завершается образованием элементарного цинка вследствие взаимодействия ZnS с FeO;

- Созданы термодинамические модели взаимодействия окисленной руды Шалкия и хвостов ее обогащения и их смесей с углеродом, магнетитом, железом, использование которых установили температурные области существования Fe_3Si , Fe_5Si_3 , FeSi , FeSi_2 , $\text{FeSi}_{2.33}$, $\text{FeSi}_{2.43}$, Si , $\text{SiO}_{(g)}$, Zn , $\text{Zn}_{(g)}$, Pb , $\text{Pb}_{(g)}$, ферросилиция марок FeSi25 , FeSi45 и FeSi50 ;

-Используя созданные 3D изображения электроплавки окисленной руды Шалкия, хвостов ее обогащения и их смесей, установлена причина уменьшения степени извлечения кремния в сплав при избытке углерода-образование газообразного SiO и SiC , и позитивное влияние железа на процессе в связи с разрушениями им карбида кремния;

-Установлено, что электроплавка окисленной руды Шалкия, хвостов обогащения и сульфидной руды в присутствии магнетита сопровождается явлением пенообразования расплава, связанным с присутствием в расплаве газообразных продуктов - CO , SO_2 , Zn , Pb ;

-Извлечение кремния в сплав при электроплавке окисленной руды Шалкия и хвостов обогащения в присутствии магнетита протекает в переходном режиме; повышение скорости извлечения кремния из шихты, содержащей окисленную руду объясняется тем, что восстановление ZnO происходит более интенсивно, чем ZnS .

5. Оценка внутреннего единства полученных результатов

Диссертационное исследование представляет собой логический законченный научный труд, обладающий внутренним единством. Четко сформулированные цель и задачи исследования нашли последовательное теоретическое и методологическое решение в каждом разделе диссертации, сформированы в виде основных положений, выносимые на защиту. Все результаты, выводы и заключения внутренне взаимосвязаны, каждый следующий вывод связан с предыдущим, с соблюдением принципа от общего к частному.

6. Направленность полученных результатов на решение соответствующей актуальной проблемы, теоретической или прикладной задачи

Окисленные свинцово –цинковые руды относятся к труднообогатимым, поэтому они преимущественно переходят в отвал.

Сейчас в цинковой подотрасли отсутствует технология, комплексной переработки не только лежалых и текущих хвостов обогащения, но и труднообогатимых окисленных руд. Это, в частности, относится и к руде месторождения Шалкия, переработка которой сопровождается образованием хвостов, накоплением в отвалах окисленной руды и низкой степенью комплексного использования сырья. В связи с этим возникла объективная необходимость в проведении целенаправленных физико-химических и прикладных исследований, результаты которых позволяют создать новую технологию комплексной переработки окисленных цинковых руд, хвостов

обогащения руды Шалкия с одновременным получением в электропечи ферросилиция и возгонов, содержащих цинк и свинец с частичной заменой стальной стружки на магнетитовый концентрат.

Используя метод сопряжения компьютерного термодинамического моделирования и рототабельного планирования исследований второго порядка найдены условия получения ферросилиция марок FeSi25, FeSi45 и извлечения не менее 98% цинка, 90% свинца в газовую фазу из окисленной руды Шалкия, хвостов обогащения и их смесей.

На основании экспериментально полученных математических моделей определены оптимальные технологические параметры получения из окисленной руды Шалкия, хвостов обогащения руды и их смесей ферросилиция марок FeSi25, FeSi45 и возгонов, содержащих ΣZn и Pb 35,5-39,5%, при извлечении в сплав 75-85 % кремния и в возгоны 98-99% цинка и свинца.

Исследована кинетика извлечения кремния в ферросилиций при электроплавке окисленной руды Шалкия в смеси ее с хвостами обогащения, сульфидной рудой. Найдена лимитирующая стадия процесса в зависимости от состава шихты.

Углубленно - лабораторным испытаниям электротермической переработкой хвостов обогащения и сульфидной рудой в присутствии стальной стружки, кокса, магнетитового концентрата и сульфидной рудой установлено, что образование ферросилиция марки FeSi45, с извлечением в него 83-86% кремния, происходит при плавке хвостов с магнетитовым концентратом. Возгоны, содержащие до 31 % Zn и до 10,1 Pb, извлекается практический вес цинка и свинца.

Расчетные экономические показатели разработанной технологии получения ферросилиция и возгонов, содержащих цинк и свинец из смеси, окисленной и сульфидной руд, хвостов обогащения, показали, что прибыль при переработке 200 000 т руд и хвостов в год составит -21,6 – 22,2 млн \$ США, срок окупаемости инвестиций – 3 года, рентабельность -31,3-32,1%.

7. Подтверждение полноты опубликования основных положений результатов, выводов и заключения диссертации

Публикации

По результатам диссертационных исследований опубликовано 16 печатных работ, из них 6 статей в международных рецензируемых научных журналах, входящие в БД Scopus/Web of Science:

1. **Makhanbetova B.**, Shevko V., Aitkulov D. Producing A Ferroalloy And Zinc Concentrate From The Shalkiya Deposit Sulfide And Oxidized Ores' Mixture. Journal of Applied Science and Engineering (Taiwan). -2025. - №. 28(1). Journal of Applied Science and Engineering (Taiwan).2025. - №. 28(1). Vol.60 (**Procentile 69**)

2. Shevko V., **Makhanbetova B.**, Aitkulov D., Badikova A. Optimization of joint electric smelting of the Shalkiya sulfide ore and its beneficiation tailings with medium-silicon ferrosilicon production. Complex Use of Mineral Resources, 2025, 334(3), pp. 91–98 (**WoS, Q4**)

3. Shevko V., **Makhanbetova B.**, Aitkulov D., Badikova A., Amanov D. Thermodynamic and Experimental Substantiation of Comprehensive Processing of Zinc Sulfide Ore and Its Concentration Tailings to Extract Non-Ferrous Metals and Produce a Silicon Ferroalloy. Minerals. - 2024. - №. 14(8), 819. (**Procentile 74**)

4. Shevko V., **Makhanbetova B.**, Aitkulov D., Badikova A. Smelting a Zn – Pb Sulfide Ore with Magnetite and Carbon for the Production of a Silicon Alloy and Extraction of Zinc and Lead into Sublimates. PeriodicaPolytechnica Chemical Engineering. - 2024. - №. 68(1). (**Procentile 53**)

5. Shevko V., **Makhanbetova B.**, Aitkulov D. Theoretical and experimental substantiation of obtaining an alloy from flotation tailings of lead-zinc sulfide ore. Physicochemical Problems of Mineral Processing. - 2023. - №. 59 (1). (**Procentile 52**)

6. **Makhanbetova B.**, Shevko V., Aitkulov D., Lavrov B., Badikova A. Optimization of pyroprocessing of zinc sulfide ore to produce ferroalloy and zinc. E3S Web of Conferences 531, 010 (2024) (**Procentile 23**)

Патент:

1. Патент РК. Способ переработки высококремнистых сульфидных свинцово – цинковых руд. Патент на изобретение № 36683 KZ. Бюл.14. -опубл. 05.04.2024. (По заявке 2023/0004.1) Айткулов Д.К., Жарменов А.А., Абыкаев Н.А., Шевко В.М., Школьник В.С., Саткалиев С.О., Терликбаева А.Ж., Байсанов С.О., **Маханбетова Б.А.**, Искаков Б.О.

Научные труды в материалах отечественных и зарубежных международных конференций:

1. Shevko V., Aitkulov D., **Makhanbetova B.**, Badikova A. Creation of a mining and metallurgical complex in the Kyzylorda. Proceeding VII International Conference «Industrial Technologies and Engineering» ICITE – 2021, Volume I. 10-11.11.2021

2. **Makhanbetova B.A.**, Shevko V.M., Aitkulov D.K., Badikova A.D., Lavrov B.A. Oxidative firing of flotation tailings of the Shalkiya deposit enrichment. Science foundations of modern science and practice. Abstracts of X International Scientific and Practical Conference. Athens, Greece. -2021. - pp. 575-581.

3. Шевко В.М., **Маханбетова Б.А.**, Абжанова А.С., Тулеев М.А. Взаимодействие магнетита с сульфидами цинка и железа. Труды МНПК ««Ауэзовские чтения–20: наследие Мухтара Ауэзова - достояние нации». - Шымкент: ЮКГУ им. М. Ауэзова, 2022. -С224-228

4. **Маханбетова Б.А.**, Шевко В.М., Айткулов Д.К. Оптимизация извлечения кремния из руды Шалкия в присутствии углерода и железа. Материалы МНПК «Инновации и комплексная переработка минерального сырья-актуальные составляющие диверсификации экономики» (12-14 октября, Алматы). 2023.Т.1

5. **Makhanbetova B.**, Shevko V., Aitkulov D., Lavrov B. Thermodynamic influence of temperature on the quantitative distribution of sulfur in the Shalkiya sulfide ore -C-Fe system. Proceeding International Conference «Industrial Technologies and Engineering» ICITE – 2023, Shymkent. Pp.223-227

6. **Makhanbetova B., Shevko V., Aitkulov D.** Thermodynamic model of zinc, lead, and silicon extraction from the Shalkiya-C-Fe sulfide ore system. Proceeding International Conference «Industrial Technologies and Engineering» ICITE – 2023, Shymkent. Pp.216-222

7. **Маханбетова Б.А., Шевко В.М., Айткулов Д.К.** Поисковые исследования по влиянию углерода и железосодержащего материала при электроплавке руды Шалкия. Труды МНПК «Инновации и комплексная переработка минерального сырья – актуальные составляющие диверсификации экономики» (30 сентября – 1 октября 2024 г.) Алматы, 2024, Том 2, 152-155

8. Шевко В.М., Айткулов Д.К., **Маханбетова Б.А.** Кинетика извлечения кремния из цинксодержащих руд Шалкия и хвостов ее обогащения. Труды V Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в научных исследованиях» Москва: Международный центр «Новые научные исследования». -2025. -С.82-90

9. Шевко В.М., Айткулов Д.К., **Маханбетова Б.А.** Укрупненно-лабораторные испытания электроплавки хвостов обогащения руды месторождения Шалкия с получением ферросилиция и Zn-Pb возгонов. Международная научно-практическая конференция «Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований» Новосибирск. Сборник статей по материалу LXXXIV, №2 (75), 2025. -С.55-65

8. Наименование специальности, паспорту, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа докторанта Маханбетовой Бактыгул Алимжановны на тему «Комплексная переработка оксидного природного и сульфидного техногенного цинксодержащего месторождения Шалкия», выполнена в полном объеме и отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия»

9. Соответствие диссертации предъявляемым требованиям «Правил присуждения степеней» Комитета по контролю в сфере Науки и Высшего образования РК.

Диссертационная работа докторанта Маханбетовой Бактыгул Алимжановны на тему «Комплексная переработка оксидного природного и сульфидного техногенного цинксодержащего месторождения Шалкия», является самостоятельным законченным исследованием в области металлургии, направленным на комплексной переработке окисленных руд и хвостов обогащения цинксодержащих руд Шалкия. Принимая во внимание актуальность и новизну исследования, обоснованность выводов, имеющих теоретическую и практическую значимость, можно считать, что диссертационная работа отвечает всем требованиям «Правил присуждения степеней» Комитета по контролю в сфере Науки и Высшего образования РК.

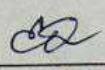
На основании выше изложенного, диссертационная работа Маханбетовой Бактыгул Алимжановны рекомендуется к защите на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия» в диссертационный совет.

ПОСТАНОВИЛИ:

1. Диссертационная работа Маханбетовой Бактыгул Алимжановны по теме «Комплексная переработка оксидного природного и сульфидного техногенного цинксодержащего месторождения Шалкия», выполнена в полном объеме и отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия». По итогам открытого голосования было принято следующее решение: «за» - единогласно, «против» - нет, «воздержавшихся» - нет.

2. Рекомендовать диссертационную работу Маханбетовой Бактыгул Алимжановны на тему «Комплексная переработка оксидного природного и сульфидного техногенного цинксодержащего месторождения Шалкия» к защите на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия» в диссертационный совет

**Председатель заседания,
к.т.н., доцент, зав. кафедрой
«Технологии силикатов
и металлургия»**

 **Курбанбаев М.Е.**

Секретарь заседания:

 **Мельдеханова М.Е.**

**Подтверждаю:
Директор ИПВО**

 **Елибаева Г.И.**