

«Утверждаю»

Член Правления — Проректор по
науке и корпоративному развитию
КазНТУ им. К.И. Сатпаева
Кульдеев Е.И.



ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 1

Расширенного заседания кафедр

«Металлургические процессы, теплотехники и технологии специальных
материалов» и «Металлургии и обогащения полезных ископаемых»
Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

г. Алматы

«19» февраля 2024 г.

Председатель: Чепуштанова Т.А. – зав.кафедрой МПТиТСМ, доктор PhD,
к.т.н.

Секретарь: Мамырбаева К.К. - доктор PhD, ассоц.профессор кафедры
МПТиТСМ.

Присутствовали (в соответствии с Положением о Диссертационном совете, не менее 2/3 членов кафедры): всего присутствовало 30 членов профессорско-преподавательского состава кафедр МПТиТСМ и МиОПИ, а также сотрудники сторонних организаций от «Института металлургии и обогащения полезных ископаемых», от Южно-Казахстанского университета им. М. Ауезова:

– от кафедры «Металлургические процессы, теплотехники и технологии специальных материалов» Чепуштанова Т.А., – зав.кафедрой, доктор PhD, к.т.н., профессор; Байконурова А.О.– д.т.н., профессор; Байгенженов О.С. – доктор PhD, профессор; Мамырбаева К.К. – доктор PhD, ассоц. профессор; Усольцева Г.А. – к.т.н., ассоц. профессор; Кобыратбекова С.С. – к.т.н., старший преподаватель; Алтымышбаева А.Ж. – старший преподаватель; Юлусов С.Б. – доктор PhD, ассоциированный профессор; Сарсембеков Т.К. – старший преподаватель; Акбаров М.С. – инженер. Всего 10 членов кафедры, из них присутствовали 10 членов кафедры.

– от кафедры «Металлургии и обогащения полезных ископаемых» Барменшинова М.Б., – зав.кафедрой, к.т.н., Байымбетов Б.С.,- к.т.н., профессор; Досмухамедов Н.К., – к.т.н., профессор, Турысбекова Г.С., – к.т.н., профессор, Койшина Г.М. – доктор PhD, ассоц. профессор, Молдабаева Г.Ж.,– к.т.н., ассоц. профессор, Мотовилов И.Ю., – доктор PhD, ассоц. профессор, Нурманова А.Н., – ассистент, Тажиев Е.Б., - доктор PhD, старший преподаватель, Акказина Н.Т., - старший преподаватель, Мамбеталиева А.Р., - доктор PhD, старший преподаватель, Джуманкулова С.К., доктор PhD, старший преподаватель. Всего 17 членов кафедры, из них присутствовали 12 членов кафедры.

– от АО «Института металлургии и обогащения» Квятковский С.А.
- заведующий лабораторией пирометаллургии тяжелых цветных металлов, д.т.н.,
Абдулвалиев Р.А. - заведующий лабораторией глинозема и алюминия, к.т.н.,
Койжанова А.К. - заведующий лабораторией спецметодов гидрометаллургии имени
Б.Б. Бейсембаева, к.т.н., Мамаева А.А. – к.ф-м.н., Есенгазиев А.М. - заведующий
лабораторией лаборатории титана и редких тугоплавких металлов, доктор PhD,
Бахытулы Н.- доктор PhD, заведующий лабораторией физических методов анализа,
Кенжегулов А.К.- доктор PhD, заведующий лабораторией металловедения. Из 7
приглашенных сотрудников ИМиО присутствовало 7 сотрудников.

– от Южно-Казахстанского университета им. М. Ауезова в качестве
приглашенного профессора присутствовал 1 сотрудник - Шевко В.М. – д.т.н.,
профессор.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

Обсуждение диссертационной работы PhD докторанта кафедры
«Металлургические процессы, теплотехники и технологии специальных
материалов» Меркибаева Ерика Сериковича на тему «Переработка бедных
труднообогатимых комплексных свинцово-цинковых руд и промпродуктов
обогащения», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по
специальности 6D070900 – «Металлургия».

Научные консультанты:

- [Луганов Владимир Алексеевич], доктор технических наук, профессор,
кафедры МПТиТСМ, Сатпаев Университет.
- Чепуштанова Татьяна Александровна, доктор PhD, к.т.н., зав.кафедрой
МПТиТСМ, Сатпаев Университет.
- Панайотова Маринелла, профессор, доктор PhD, Горно-геологический
университет имени Святого Ивана Рилского София, Болгария;

Рецензенты:

- Байымбетов Б.С.,- к.т.н., профессор кафедры «Металлургии и обогащения
полезных ископаемых»
- Байгенженов О.С. – доктор PhD, профессор кафедры Металлургические
процессы, теплотехники и технологии специальных материалов».

СЛУШАЛИ:

Председатель Чепуштанова Т.А.: Меркибаев Ерик Серикович обучался в
докторантуре КазННТУ им. К.И. Сатпаева по специальности 6D070900 –
«Металлургия» в НАО КазННТУ им. К.И.Сатпаева в 2015-2018 гг.

В настоящее время он завершил диссертационную работу на тему:
«Переработка бедных труднообогатимых комплексных свинцово-цинковых руд и
промпродуктов обогащения», которая была утверждена на Ученом совете КазННТУ
имени К.И.Сатпаева от 20 декабрь 2021 г. (приказ № 1989-д). Для проведения
экспертизы по диссертации Меркибаева Ерика Сериковича были назначены
рецензенты, компетентные в соответствующей отрасли, Байымбетов Б.С.,- к.т.н.,
профессор кафедры «Металлургии и обогащения полезных ископаемых»,
Байгенженов О.С. – доктор PhD, профессор кафедры Металлургические процессы,

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К.И.САТПАЕВА»
теплотехники и технологии специальных материалов», которые подготовили рецензии по диссертации.

К предзащите представлена диссертационная работа докторанта специальности 6D070900 – «Металлургия» Меркибаева Ерика Сериковича на тему: «Переработка бедных труднообогатимых комплексных свинцово-цинковых руд и промпродуктов обогащения».

Научные стажировки: Меркибаева Е.С. в 2018 прошел научную стажировку в Горно-геологическом университете имени Святого Ивана Рилского София, Болгария.

Если нет вопросов по повестке дня, слово предоставляется докторанту Меркибаева Ерика для доклада. Регламент 20 минут на презентацию доклада.

Меркибаев Ерик.: Уважаемый председатель и уважаемые присутствующие! Разрешите представить вашему вниманию основные результаты диссертационной работы на тему: «Переработка бедных труднообогатимых комплексных свинцово-цинковых руд и промпродуктов обогащения». В докладе отражены актуальность, цель, задачи работы, содержание, основные положения, выносимые на защиту, научные результаты и выводы диссертации.

Слушали: Слушали Меркибаева Е.С., который в своем докладе изложил суть диссертационной работы. Доклад был представлен в форме презентации. В ходе доклада были освещены следующие вопросы:

1. Актуальность исследуемой проблемы.
2. Цель и задачи диссертационного исследования.
3. Научная новизна.
4. Основные положения, выносимые на защиту.
5. Практическая значимость диссертации.
6. Методы исследования.
7. Результаты исследования.
8. Заключение и выводы.

Председатель Чепуштанова Т.А.: Слово предоставляется отечественному научному консультанту Чепуштанову Татьяну Александровну, доктор PhD, к.т.н., зав.кафедрой МПТиТСМ, Сатпаев Университет, (положительный отзыв прилагается).

Чепуштанова Т.А.:

Во время выполнения диссертационной работы Меркибаев Е.С. проявил себя как самостоятельный, целеустремленный исследователь. Он повысил свой теоретический и практический уровень, осваивая современную методологию исследований и выполняя эксперименты по диссертационной работе. Очень аккуратно выполнял все задания. Полученные результаты воспроизводятся. Сама работа актуальна. Получены хорошие результаты в ходе исследований.

В целом диссертационная работа Меркибаева Е.С. представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком современном научном и теоретическом уровне, имеет практическое значение, отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторской диссертации PhD.

Диссертационная работа Меркибаева Е.С. по актуальности, научному уровню, новизне, значимости результатов и общему объему исследований соответствует

всем критериям, предъявляемым к PhD диссертациям, и может быть рекомендована к защите в диссертационном совете по специальности 6D070900 – «Металлургия» в диссертационном совете «Металлургия, материаловедение и наноматериалы».

Положительный отзыв зарубежного консультанта Панайотва Маринелла прилагается.

Председатель Чепуштанова Т.А.: Слово предоставляется рецензенту диссертационной работы Байымбетову Б.С.,- к.т.н., профессору кафедры «Металлургии и обогащения полезных ископаемых».

Байымбетов Б.С.,- к.т.н., профессор кафедры «Металлургии и обогащения полезных ископаемых»: Здравствуйте, уважаемые члены кафедры! Ознакомившись с диссертацией Меркибаева Ерика Сериковича, пришел к следующему заключению:

Ознакомившись с диссертацией Меркибаева Ерика Сериковича, пришел к следующему заключению:

В диссертационной работе разработаны пути совершенствования технологии предварительной активации руды посредством сульфидирующего обжига бедной труднообогатимой цинк-олигонитовой руды и промпродуктов обогащения с целью повышения качества концентрата до кондиционных продуктов, а также повышения извлечения свинца и цинка во флотационный концентрат и улучшение качества свинцового и цинкового концентратов. Установлены механизмы сульфидирования окисленных соединений свинца и цинка, получены новые данные о структуре пирротинов.

Отмечая положительные стороны диссертационной работы, необходимо указать следующие недочеты по содержанию и оформлению диссертации:

1. Демонстрация области применения полученных пирротинов повысило бы практическую ценность проведенных исследований.
2. В тексте диссертации встречаются стилистические и орфографические ошибки.

Работа очень объемная, задействовано много экспериментальных методов. Указанные выше замечания носят непринципиальный характер, не искажают сути и не снижают научно-практической ценности работы.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Меркибаева Ерика Сериковича на тему: «Переработка бедных труднообогатимых комплексных свинцово-цинковых руд и промпродуктов обогащения», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D070900 – «Металлургия» соответствует требованиям «Правил присуждения ученых степеней» КОКСОН МНВО РК, предъявляемым к работам PhD, как по содержанию, так и по объему, а соискатель заслуживает присуждения искомой степени.

Председатель Чепуштанова Т.А.: Хорошо! Хотел бы спросить, Ерик, Вы согласны с замечаниями?

Ответ: Благодарю за полезное замечание, я согласен.

Председатель Чепуштанова Т.А.: Далее слово предоставляется второму рецензенту диссертационной работы Байгенженову О.С. - доктору PhD, профессору кафедры Металлургические процессы, теплотехники и технологии специальных материалов».

Ознакомившись с диссертацией Меркибаева Ерика Сериковича, пришел к следующему заключению:

Диссертационная работа посвящена совершенствованию способа термической активации цинк-олигонитовой руды, включающей высокотемпературный, сульфидирующий обжиг в присутствии высокосернистого сульфидизатора в виде пиритного концентрата с получением максимально магнитных пирротинов, а также разработке технологической схемы активирующего сульфидирующего обжига цинксодержащих и свинецсодержащих промышленных продуктов обогащения в неподвижном слое, содержащих пирит в собственном составе не менее 50-54 %, использующегося в качестве сульфидизатора.

В диссертационной работе использовался комплекс физико-химических методов анализа: рентгеноструктурный анализ, оптическая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, спектрометрия электронного парамагнитного резонанса, ядерный магнитный резонанс, сорбтометрия. Результаты исследований опубликованы в высокорейтинговых научных журналах баз SCOPUS и WoS, что свидетельствует об актуальности, обоснованности и достоверности исследований.

Отмечая положительные стороны диссертационной работы, необходимо указать Тем не менее диссертация имеет следующие недочеты по содержанию и оформлению диссертации:

1. В разделе 4.2.1 отмечается, что содержание кислорода в отходящих газах не превышает 0,2-0,4%, однако не уточнено, является ли это содержание свободным кислородом или связанным кислородом.

2. Все таблицы, изучающие термодинамическое поведение реакций при обжиге, охватывают температурный диапазон от 600 до 900 градусов Цельсия. Однако, при использовании программы термодинамических расчетов Thermocalc, используется температурный диапазон от 800 до 1500 градусов Цельсия. Для получения сравнимых и информативных данных рекомендуется проводить термодинамические расчеты в одинаковых температурных диапазонах.

3. В тексте диссертации необходимо более детально разъяснить определение кинетических режимов представленных реакций.

Работа очень объемная, задействовано много экспериментальных методов. Указанные выше замечания носят непринципиальный характер, не искажают сути и не снижают научно-практической ценности работы.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Меркибаева Ерика Сериковича на тему: «Переработка бедных труднообогатимых комплексных свинцово-цинковых руд и промпродуктов обогащения», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D070900 – «Металлургия» соответствуют требованиям «Правил присуждения ученых степеней» КОКСОН МНВО РК, предъявляемым к диссертационным работам PhD, как по содержанию, так и по объему, а соискатель заслуживает присуждения искомой степени.

Председатель Чепуштанова Т.А.: Благодарю за рецензию! Вы согласны с замечаниями?

Ответ: Да согласен.

ОБСУЖДЕНИЕ

Председатель Чепуштанова Т.А.: Уважаемые коллеги, переходим к обсуждению диссертационной работы. Пожалуйста, уважаемые коллеги у кого есть какие вопросы по данной работе?

Турысбекова Г.С., – к.т.н., профессор «МИОПИ»: Добрый день! Мы прослушали доклад Меркибаева Е.С., у меня такой вопрос. Практическое применение, на каком производстве вы проводили эксперименты и сможете пояснить новизну?

Соискатель: Благодарю Вас за вопрос. Исследования по обжигу в печи КС проводили в ТОО КазЦинк .

Новизна темы заключается в разработке технологии интенсификации процесса переработки бедных труднообогатимых комплексных свинцово-цинковых руд и промпродуктов обогащения за счет предварительной термической активации сульфидирующем обжигом.

Новые научные результаты заключается в следующем:

- Результатами термического анализа TG/DSC и (SEM) и (EDS) спектроскопией установлен механизм сульфидирования окисленных соединений цинка пиритом: 1 стадия - первичное образование ZnS при температуре от 450 °С; 2 стадия - при максимальной степени сульфидизации при 700-750 °С происходит образование стабильной пленки ZnS с образованием при этом пирроотинов состава $Fe_{1-x}S$, которые растворяются в ZnS с образованием соединения (Zn, Fe)S в форме $Fe_2Zn_3S_5$ при температуре 750 °С; 3 – стадия при температуре обжига выше 750 °С с образованием минерала ZnS, который не только агрегирует с $Fe_{1-x}S$ с получением соединения (Zn, Fe)S в форме $Fe_2Zn_3S_5$, но и с агрегацией с элементами пустой породы, что отрицательно влияет на эффективность флотации.

- Впервые методами ЯМР и ЭПР установлена зависимость намагниченности пирроотинов $Fe_{0.855}S$, $Fe_{0.862}S$, $Fe_{0.877}S$, $Fe_{0.901}S$, $Fe_{0.911}S$ от температуры обжига, установлено, что намагниченность увеличивается с 4,5 Гс·см³/г при 600 °С обжига до 12,5 Гс·см³/г при 800 °С с дальнейшим уменьшением до 3,0 Гс·см³/г и значений 0 Гс·см³/г при температурах выше 1000 °С за счет уменьшения числа вакансий в четных базисных плоскостях структуры пирроотинов.

Досмухамедов Н.К., – к.т.н., профессор кафедры «МИОПИ»: Вы проводили опыты в окислительной среде, без доступа воздуха, с добавками углерода, без добавки углерода, теперь вопрос как влияет углерод на данный процесс сульфидирующего обжига?

Соискатель: Углерод оказывает положительное влияние, тормозит образование SO_2 , за счет снижения волатильности серы.

Абдулвалиев Р.А. - заведующий лабораторией глинозема и алюминия, к.т.н.: У вас была опубликована статья в базе SCOPUS совместно с зарубежным научным консультантом в 2018 году, уже более 6 лет прошло, эта статья считается для вашей защиты? Были ли еще совместные труды?

Соискатель: Да, статья имеет процентиль 32 и засчитывается для результатов защиты, справка о наличии трудов от НЦГНТЭ имеется. Совместно с М. Панайотовой у нас еще опубликовано 2 статьи, не представили на слайд. Внесём.

Бахытулы Н.- доктор PhD, заведующий лабораторией физических методов анализа: На сегодняшний день сколько процентов Zn и Pb необходимо, чтобы руда была полноценным сырьевым источником?

Соискатель: Оксидная Pb – Zn руда, содержащая до 3 % Pb и до 2 % Zn и промпродукт, содержащий до 1 % Pb и Zn на сегодняшний день становятся полноценными сырьевыми источниками.

Шевко В.М. – д.т.н., профессор: По научной новизне: Первые два и последний абзацы-это технологическая новизна.

Соискатель: Согласен, но так как нет утвержденного пункта технологической новизны и разделения на новый технический результат, допускается указать техноогическую новизну в пункте новизны, тем более, что по научной новизне проходят два пункта по механизму сульфидирования окисленных соединений цинка пиритом и структурным свойствам пирротинов.

Шевко В.М. – д.т.н., профессор: По задачам работы: Это не задачи работы, а их результаты.

Соискатель: Полностью согласен, написал, как выполненные задачи и указал результаты. Исправил полностью на поставленные задачи.

Шевко В.М. – д.т.н., профессор: отсутствует информация о переработке цинк-олигонитовых руд Жайремского месторождения хлоридовозгонным методом во вращающихся печах с получением гостированного керамзита и оксидного цинкового концентрата, содержащего 51% Zn [См. Монографию Шевко В.М., Худайбергенов Т.Е., Мельник М.А., Хлоридная и хлорная переработка некондиционных руд и промпродуктов цветной металлургии. Алматы: Познание, 1995. 139 с.; Мельник М.А. Физико-химические основы и комплексная хлоридная технология переработки цинк-олигонитовых руд Жайремского месторождения. Диссертационная работа на соискание степени кандидата технических наук, Шымкент, 1992. 215с.

Кроме этого в обзоре нет информации об электротермической переработке цинк-олигонитовой Жайремской руды с получением ферросилиция марки ФС45 (42-46% Si) с извлечением в цинковые возгоны почти всего цинка. [См. Шевко В.М., Капсалямов Б.А., и др. Физико-химические основы и технология электротермической переработки небогатимых цинксодержащих руд. Монография. Шымкент, 2009. 229с.; Капсалямов Б.А. Разработка теоретических основ и технологии получения ферросплавов из труднообогатимых руд и техногенного сырья с извлечением цветных металлов. Дисс. ...докт.техн.наук. Алматы:ИМиО, 2010]

Соискатель: Возможность использования процесса хлоридовозгонки проверена на труднообогатимых рудах Жайремского месторождения приведена в разделе 1.4.1.2. Хлорирующий обжиг, обзор методов приведен как зарубежных, так и Казахстанских. Все источники приняты, ссылки поставлены.

Шевко В.М. – д.т.н., профессор: Относительно диаграмм парциальных давлений систем Zn-O-S, Pb-O-S, Fe-S-O, Zn-Fe-S-O. Эти диаграммы довольно подробно уже были построены и описаны [См. Пашинкин А.С., Спивак М.А., Малкова А.С.. Применение диаграмм парциальных давлений. Монография. М.: Металлургия, 1984. 160 с]

Соискатель: Согласны, ссылку привели. Однако для обоснования термодинамических условиях, считаем, что нужно провести расчеты термодинамических показателей и определить условия существования устойчивых фаз при сульфидировании.

Шевко В.М. – д.т.н., профессор: Относительно оптимизации процесса. В приложении Г приводится уравнение регрессии влияния отношения $NMeO/NFeS_2$, времени и температуры на степень сульфидирования цинка. Однако оптимальные параметры полученные на основе уравнения не показаны. Для этого при использовании полного факторного эксперимента необходимо использовать метод крутого восхождения [См. например. Ахназарова А.С., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. М.: Высшая школа, 1978. 319с].

Соискатель: В работе был взят метод полного факторного эксперимента с учетом сравнения с критерием Фишера. Оптимальные параметры, полученные на основе уравнения, представлены на рисунке – ПГ1.

Председатель Чепуштанова Т.А.: У кого-нибудь еще есть вопросы? Вопросов нет. Работа объемная, а выявленные замечания легко исправимы. Все участники расширенного научного семинара, выступившие в дискуссии, единогласно рекомендовали диссертационную работу Меркибаева Е.С. к защите в диссертационном совете «Металлургия, материаловедение и наноматериалы».

На этом обсуждение диссертационного исследования PhD-докторанта Меркибаева Е.С. можно считать завершенным.

Предлагаю принять следующее заключение по обсуждению диссертационной работы Меркибаева Ерика Сериковича на тему «Переработка бедных труднообогатимых комплексных свинцово-цинковых руд и промпродуктов обогащения».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расширенного заседания научного семинара кафедр «Металлургические процессы, теплотехники и технологии специальных материалов» и «Металлургии и обогащения полезных ископаемых» КазННТУ им. Сатпаева от 19 февраля 2024 года по диссертационной работе докторанта (PhD) Меркибаева Ерика Сериковича на тему «Переработка бедных труднообогатимых комплексных свинцово-цинковых руд и промпродуктов обогащения», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070900 – «Металлургия».

Актуальность темы исследования

Развитие свинцово-цинковой промышленности требует расширения сырьевой базы современной цветной металлургии. Одним из критически важных резервов в этом направлении является вовлечение в эксплуатацию труднообогатимых руд, в частности окисленных и смешанных, а также ликвидных хвостов обогащения. Значительная часть полиметаллических, свинцово-цинковых руд на сегодняшний момент содержит менее 3 % цинка и менее 1 % свинца, характеризуются также труднообогатимостью вследствие тонкой вкрапленности и тесного взаимного прорастания рудных и нерудных минералов, а также значительной окисленностью

приповерхностной части рудных тел. В мировой практике при переработке руд подобного состава имеется тенденция к применению комбинированных методов, включающих операции гидро- или пирометаллургии в сочетании с флотационным или гравитационным обогащением в зависимости от особенностей вещественного состава руд. Одним из эффективных активирующих способов подготовки окисленных минералов к флотации является сульфидирующий обжиг. Предлагается сульфидирующий обжиг в печи «кипящего слоя» с использованием в качестве сульфидизатора и топлива пиритного концентрата, который обеспечивает перевод минералов из окисленной формы в легкообогатимые сульфидную, со значительным снижением потери металла, чем при использовании других схем активации, с последующим магнитным и флотационным обогащением продуктов обжига. Особую актуальность данная технология приобретает в условиях стремительного снижения содержания свинца и цинка в рудах.

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:

Результатами экспериментальной термодинамики и сканирующей электронной микроскопией (SEM) в сочетании с энергодисперсионной спектроскопией (EDS) установлено, что элементная сера и пирит могут использоваться в качестве сульфидирующих реагентов для превращения ZnO в ZnS , с образованием промежуточных соединений при $800\text{ }^{\circ}C$ в виде франклинита ($ZnFe_2O_4$) и цинкозита ($ZnSO_4$), по следующему механизму превращений: $ZnO \rightarrow ZnFe_2O_4 \rightarrow ZnSO_4 \rightarrow ZnS$, определены энергии Гиббса ΔG° химических реакций, установлено, что сульфидирование элементной серой значительно уступает сульфидированию пиритом и достигает менее 30 % при тех же молярных отношениях ZnO к сульфидирующему реагенту.

Результатами термического анализа TG/DSC совместно с (SEM) и (EDS) спектроскопией и кинетики исследований установлено, что сульфидирование окисленных соединений цинка пиритом, в качестве сульфидизатора, происходит по следующему механизму: первичное образование ZnS происходит при температуре от $450^{\circ}C$, затем при максимальной сульфидизации при $700-750\text{ }^{\circ}C$ происходит образование стабильной пленки ZnS , образованные при этом пирротины $Fe_{1-x}S$ растворяются в ZnS с образованием соединения $(Zn, Fe)S$ в форме $Fe_2Zn_3S_5$ при температуре $750\text{ }^{\circ}C$; разработаны рекомендации по сульфидированию окисленных-карбонатных и силикатных цинковых руд. Установлено, термическое разложение смеси пирита и руды 2:1 происходит в кинетическом режиме, протекающим ступенчато с поверхности раздела фаз с образованием магнитных пирротин, значения энергии активации равны от 370 до 900 кДж/моль.

Разработан способ термической активации цинк-олигонитовой руды в печи КС, установлено, что после сульфидирующей обработки руды и отделения

магнитной фракции в огарке содержание цинка повышается до 3,5-4,0 %. Извлечение цинка в немагнитную фракцию составило свыше 88 - 90 %, извлечение свинца -100 %. Флотация немагнитной фракции без специального подбора флотореагентов в открытом цикле позволяет повысить извлечение цинка в 2,5-3 раза, а содержание цинка в пенном продукте в 4-7 раз. Экономическая эффективность технологии достигается за счет дополнительного извлечения цинка и свинца.

Разработан способ термической активации хвостов обогащения. Установлено, что предварительная сульфидизация окисленных минералов свинца и цинка хвостов обогащения пирометаллургическим способом способствует повышению эффективности процесса флотационного обогащения, извлечение Zn в коллективный концентрат повышается в среднем на 17,23 % с 72,36 до 89,59 %, а Pb на 10,07 % с 47,60 до 57,67 %. Установлена экономическая эффективность технологии. Экономическая эффективность технологии достигается за счет дополнительного извлечения цинка и свинца.

Установлены новые структурные свойства получаемых пирротинов методами ЯМР, ЭПР и сорбтометрии:

- методом ЯМР установлена зависимость намагниченности пирротинов состава $Fe_{0.855}S$, $Fe_{0.862}S$, $Fe_{0.877}S$, $Fe_{0.901}S$, $Fe_{0.911}S$ от температуры получения от 400 до 1000 °С;
- методом ЭПР установлено, что в высокотемпературной области у сульфидов железа могут проявляться изменения свойств от парамагнетизма до ферромагнетизма с достижением максимального спектра ферромагнитных свойств в области температур получения от 800-875 °С;
- методом сорбтометрии установлена морфология образцов пирротинов.

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 и форумах.

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 в том:

- Результатами термического анализа TG/DSC и (SEM) и (EDS) спектроскопией установлен механизм сульфидирования окисленных соединений цинка пиритом: 1 стадия - первичное образование ZnS при температуре от 450 °С; 2 стадия - при максимальной степени сульфидизации при 700-750 °С происходит образование стабильной пленки ZnS с образованием при этом пирротинов состава $Fe_{1-x}S$, которые растворяются в ZnS с образованием соединения $(Zn, Fe)S$ в форме $Fe_2Zn_3S_5$ при температуре 750 °С; 3 – стадия при температуре обжига выше 750 °С с образованием минерала ZnS, который не только агрегирует с $Fe_{1-x}S$ с получением

соединения (Zn, Fe)S в форме $Fe_2Zn_3S_5$, но и с агрегацией с элементами пустой породы, что отрицательно влияет на эффективность флотации.

- Впервые методами ЯМР и ЭПР установлена зависимость намагниченности пирротинов $Fe_{0.855}S$, $Fe_{0.862}S$, $Fe_{0.877}S$, $Fe_{0.901}S$, $Fe_{0.911}S$ от температуры обжига, установлено, что намагниченность увеличивается с 4,5 Гс·см³/г при 600 °С обжига до 12,5 Гс·см³/г при 800 °С с дальнейшим уменьшением до 3,0 Гс·см³/г и значений 0 Гс·см³/г при температурах выше 1000 °С за счет уменьшения числа вакансий в четных базисных плоскостях структуры пирротинов.

5. Оценка внутреннего единства полученных результатов

Диссертационное исследование представляет собой логически завершенный 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, выносимых на защиту. Все результаты, выводы и заключение 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

Развитие свинцово-цинковой промышленности требует расширения сырьевой базы современной цветной металлургии. Одним из критически важных резервов в этом направлении является вовлечение в эксплуатацию труднообогатимых руд, в частности окисленных и смешанных, а также ликвидных хвостов обогащения. Значительная часть полиметаллических, свинцово-цинковых руд на сегодняшний момент содержит менее 3 % цинка и менее 1 % свинца, характеризуются также труднообогатимостью вследствие тонкой вкрапленности и тесного взаимного прорастания рудных и нерудных минералов, а также значительной окисленностью приповерхностной части рудных тел. В мировой практике при переработке руд подобного состава имеется тенденция к применению комбинированных методов, включающих операции гидро- или пирометаллургии в сочетании с флотационным или гравитационным обогащением в зависимости от особенностей вещественного состава руд. Одним из эффективных активирующих способов подготовки окисленных минералов к флотации является сульфидирующий обжиг. Предлагается сульфидирующий обжиг в печи «кипящего слоя» с использованием в качестве сульфидизатора и топлива пиритного концентрата, который обеспечивает перевод минералов из окисленной формы в легкообогатимые сульфидную, со значительным снижением потери металла, чем при использовании других схем активации, с последующим магнитным и флотационным обогащением продуктов обжига. Особую актуальность данная технология приобретает в условиях стремительного снижения содержания свинца и цинка в рудах.

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

Публикации

По материалам диссертационной работы опубликовано 16 печатных работ, из них 4 статьи в международных рецензируемых научных журналах, входящие в БД Scopus/Web of Science:

1. **Y. Merkibayev**, M Panayotova, Luganov V., Panayotov V.A., Chepushtanova T.A. Sulphidation roasting as means to recover zinc from oxidised ores (article) Comptes rendus de l'Acad'emie bulgare des Sciences. Tome 71, No 8, 2018, P. 1116-1123., ISSN 13101331, Procentile 32, Q3

2. T.Chepushtanova, **Y. Merkibayev**, I. Motovilov, K. Polyakov, S.Gostu, Flotation studies of the middling product of lead-zinc ores with preliminary sulfidizing roasting of oxidized lead and zinc compounds (article). Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra, 323(4), 2022, P. 77–83, ISSN-L2616-6445, ESCI, JCT (Q3)

3. T.A. Chepushtanova, **Y. S. Merkibayev**, B. Mishra, I.E Kuldeyev. Processing of the Zinc-Lead-Bearing Flotation Middlings by Sulfidizing Roasting with Pyrrhotites Production by Predicted Properties (article). Non-ferrous Metals, 2, 2022, P. 15–24. 2022, DOI10.17580/nfm.2022.02.03. <https://rudmet.ru/journal/2173/article/36106/>, procentile 53.

4. T.A.Chepushtanova, **Y. S. Merkibayev**, O. S. Baigenzhenov, B. Mishra. Technology of high-temperature sulfidizing roasting of oxidized lead-zinc ore in a fluidized bed furnace (article). Non-ferrous Metals, 2, 2023, P. 3-10. DOI: 10.17580/nfm.2023.01.01..

<https://www.rudmet.ru/journal/2217/article/36738/>, procentile 53

Статьи в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК:

1. **Е.С. Меркибаев**, В.А. Луганов, Т.А.Чепуштанова, Г.Д.Гусейнова, Б.Мишра Термодинамическое обоснование высокотемпературного сульфидирования оксида цинка (статья). Вестник КазННТУ, №2, 2020 г, С. 761-765. ISSN 1680-9211

2. В.А. Луганов, Т.А.Чепуштанова, Г.Д.Гусейнова, И.Ю.Мотовилов, **Е.С. Меркибаев**. Установление термодинамических условий процесса обжига пиритно-кобальтового концентрата (статья). Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан», № 1, 2020 г. С. 82-88. ISSN 1606–416X

3. В.А. Луганов, Т.А.Чепуштанова, Г.Д. Гусейнова, **Е.С. Меркибаев**, И.Ю.Мотовилов . Исследование влияния углерода на показатели сульфидирования золотомышьякового концентрата в условиях «кипящего слоя» (статья) Вестник КазННТУ 6(136)/2019, с. 888-893, ISSN 1680-9211

4. Т.А.Чепуштанова, **Е.С. Меркибаев**, И.Ю.Мотовилов, К.В. Поляков, Разработка гибридной технологии сульфидирующего обжига цинк, свинецсодержащих промпродуктов обогащения (статья)«Горный журнал Казахстана» № 10 - 2021 г. С. 28-35. ISSN 0017-2278

Статьи, опубликованные в других научных журналах и изданиях

1.Т.А.Чепуштанова, I.Y. Motovilov, **Y. S. Merkibayev**, M.S.Sarsenova, G. Sumedh.Technology of sulfidizing-pyrrhotizing roasting of lead flotation tailings (article). Journal Mining and geological science. Volume 63. P. 31-37. ISSN 2683-0027

Труды международных научно-практических конференций:

1. **Е.С. Меркибаев, И.Ю. Мотовилов, В.А.Луганов, Ж.И.Ескен** Термодинамическое обоснование технологии переработки окисленных полиметаллических руд (доклад). Труды Международных Сатпаевских чтений «Научное наследие Шахмардана Есенова» –Алматы. 2017. С. 174-179 ISSN:978-601-323-034-4

2. **Т.А.Чепуштанова, Е.С. Меркибаев, К.В. Поляков.** Технология переработка хвостов обогащения свинцово-цинковых руд методом активирующего, сульфидирующего обжига (доклад) 25^{-ая}Международная научно-практическая конференция «ИННОВАЦИЯ-2021». Г.Ташкент, Узбекистан. 26-27 октября 2021 года. ISSN 1561-6940

3. **Т.А.Чепуштанова, Е.С. Меркибаев, И.Ю.Мотовилов В.А.Луганов, С.Г.Темірхан.** Термическое сульфидирование поверхности окисленных цинковых и свинцовых минералов пиритом в присутствии восстановителя в трубчатой печи (доклад) ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2022. ТРЕНДЫ СОВРЕМЕННЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ» 12 апреля 2022 г, стр. 139-144, ISBN 978-601-323-291-1

4. **Т.А.Чепуштанова, Е.С. Меркибаев, М. С. Сарсенова, С.Г.Темірхан.** Переработка сложных полиметаллических руд месторождения Жайрем с использованием процесса сульфидирования (доклад) «Перспективы развития науки и образования в условиях новой реальности» Сборник материалов Международных XXI Байконуровских чтений, стр. 317-322, ISBN 978-601-7971-70-8

Патенты

Т.А.Чепуштанова, Е.С. Меркибаев, В.А.Луганов. Способ переработки окисленной свинцово-цинковой руды . № 36282 от 30.06.2023

Монография, учебное пособие, книги

Т.А.Чепуштанова, Е.С. Меркибаев. Переработка окисленных, труднообогатимых цинк, свинецсодержащих руд и промпродуктов обогащения. Монография. – Алматы: 2022. – 100 с. ISBN 978-601-269-133-7.С 100.

Суммарное личное участие автора составило 100%.

9. Наименование специальности, паспорту которой соответствует диссертация

Диссертационная работа докторанта Меркибаева Ерика Сериковича на тему «Переработка бедных труднообогатимых комплексных свинцово-цинковых руд и промпродуктов обогащения», выполнена в полном объеме и отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070900 – «Металлургия».

10. Соответствие диссертации предъявляемым требованиям «Правил присуждения степеней» Комитета по контролю в сфере Науки и Высшего образования РК. Диссертационная работа докторанта Меркибаева Ерика Сериковича на тему «Переработка бедных труднообогатимых комплексных свинцово-цинковых руд и промпродуктов обогащения», является самостоятельным, законченным исследованием в области металлургии, направленным на разработку способа термической активации методом сульфидирования. 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 вышеизложенного, диссертационная работа Меркибаева Ерика Сериковича рекомендуется к защите на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070900 – «Металлургия» в диссертационном совете «Металлургия, материаловедение и наноматериалы».

ПОСТАНОВИЛИ:

1. Диссертационная работа докторанта Меркибаева Ерика Сериковича на тему «Переработка бедных труднообогатимых комплексных свинцово-цинковых руд и промпродуктов обогащения», выполнена в полном объеме и отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070900 – «Металлургия».

2. Рекомендовать диссертационную работу докторанта Меркибаева Ерика Сериковича на тему «Переработка бедных труднообогатимых комплексных свинцово-цинковых руд и промпродуктов обогащения» к защите на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070900 – «Металлургия» в диссертационном совете «Металлургия, материаловедение и наноматериалы».

Результаты голосования: «за» - единогласно, «против» - нет, «воздержавшихся» - нет.

**Председатель, доктор PhD,
к.т.н., зав.кафедрой
МПТиТСМ**


(подпись)

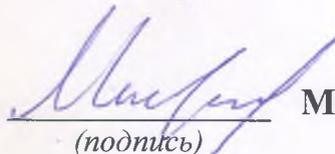
Чепуштанова Т.А.

Зав.кафедрой МиОПИ



Барменшинова М.Б.

Секретарь:


(подпись)

Мамырбаева К.К.