

«Утверждаю»

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



**ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 2**

Расширенного заседания кафедр  
«Металлургии и обогащения полезных ископаемых» и  
«Металлургические процессы, теплотехники и технологии специальных  
материалов»

Горно-металлургического института имени О.А. Байконурова

г. Алматы

«20» марта 2024 г.

**Председатель:** Барменшинова М.Б. – зав. кафедрой МиОПИ, к.т.н.

**Секретарь:** Тажиев Е.Б. - старший преподаватель кафедры МиОПИ, доктор  
PhD

Присутствовали (в соответствии с Положением о Диссертационном совете, не менее 2/3 членов кафедры): всего присутствовало 26 человек, из них 19 членов профессорско-преподавательского состава кафедр МиОПИ и МПТиТСМ, также сотрудники АО «Институт Metallургии и Обогащения» и АО «Казахстанско-Британский Технический Университет»:

- от кафедры «Металлургии и обогащения полезных ископаемых»  
Барменшинова М.Б. – зав.кафедрой, к.т.н.; Баимбетов 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; Бошкаева Л.Т. – к.т.н., старший преподаватель;  
Мамбеталиева А.Р., - доктор PhD, старший преподаватель; Джуманкулова С.К. -  
доктор PhD, старший преподаватель. Всего 17 членов кафедры, из них  
присутствовали 13 членов кафедры.

- от кафедры «Металлургические процессы, теплотехники и технологии  
специальных материалов» Байгенженов О.С. – доктор PhD, профессор; Усольцева  
Г.А. – к.т.н., ассоц. профессор; Юлусов С.Б. - доктор PhD, ассоциированный  
профессор; Алтмышбаева А.Ж. – старший преподаватель; Меркибаев Е.С. –  
ведущий инженер, преподаватель; Акбаров М.С. – инженер. Всего 10 членов  
кафедры, из них присутствовали 6 членов кафедры.

- от АО «Институт металлургии и обогащения» присутствовало 6 человек: Кенжалиев Б.К. – ген.директор, д.т.н., профессор; Квятковский С.А. - заведующий лабораторией пирометаллургии тяжелых цветных металлов; Беркинбаева А.Н. - заведующая химико-аналитической лабораторией, к.т.н.; Абдикерим Б.Е. – МНС, PhD докторант; Абиак Е. –МНС, PhD докторант; Смаилов К.М. – МНС.

- от АО «КБТУ» присутствовал 1 сотрудник - Шарипов Рустам Хасанович, PhD, руководитель Лаборатории перспективных материалов и технологии.

### **ПОВЕСТКА ДНЯ:**

Обсуждение диссертационной работы PhD докторанта кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Дюсебековой Марал Адельбековны на тему «Разработка технологии обеднения шлаков автогенной плавки медных сульфидных концентратов», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия».

#### **Научные консультанты:**

- Кенжалиев Багдаулет Кенжалиевич, доктор технических наук, профессор, ген.директор АО «ИМиО».

- Квятковский Сергей Аркадьевич, доктор технических наук, зав. лабораторией «Пирометаллургия тяжелых цветных металлов», АО «ИМиО».

- Дик Нурхадиянто, доктор PhD, Государственный Университет Джокьякарты, Индонезия.

#### **Рецензенты:**

- Баимбетов Б.С. - к.т.н., профессор кафедры «Металлургии и обогащения полезных ископаемых»;

- Досмухамедов Н.К., – к.т.н., профессор кафедры «Металлургии и обогащения полезных ископаемых».

### **СЛУШАЛИ:**

**Председатель Барменшинова М.Б.:** Дюсебекова Марал Адельбековна обучалась в докторантуре КазННТУ им. К.И. Сатпаева по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия» в НАО КазННТУ им. К.И.Сатпаева в 2019-2022 гг.

В настоящее время диссертационная работа на тему: «Разработка технологии обеднения шлаков автогенной плавки медных сульфидных концентратов», утвержденная на Ученом совете КазННТУ имени К.И.Сатпаева от 3 декабря 2019 г. (приказ № 434-д) была завершена полностью. Работа выполнялась в АО «Институт Металлургии и Обогащения». Научные консультанты: Кенжалиев Багдаулет Кенжалиевич и Квятковский Сергей Аркадьевич.

Для проведения экспертизы по диссертации Дюсебековой Марал Адельбековны были назначены рецензенты, компетентные в соответствующей отрасли, Баимбетов Б.С.- к.т.н., профессор кафедры «Металлургии и обогащения полезных ископаемых», Досмухамедов Н.К., – к.т.н., профессор кафедры «Металлургии и обогащения полезных ископаемых», которые подготовили рецензии по диссертации.

К защите представлена диссертационная работа докторанта специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия» Дюсебековой Марал Адельбековны на тему: «Разработка технологии обеднения шлаков автогенной плавки медных сульфидных концентратов».

Если нет вопросов по повестке дня, слово предоставляется докторанту Дюсебековой Марал. Регламент 20 минут на презентацию доклада.

**Дюсебекова Марал:** Здравствуйте, уважаемые присутствующие! Разрешите представить вашему вниманию свою диссертационную работу на тему: «Разработка технологии обеднения шлаков автогенной плавки медных сульфидных концентратов». В докладе отражены актуальность представленной темы, ее новизна, цель, задачи работы, основные положения, выносимые на защиту, основные результаты диссертационной работы и выводы по диссертации.

**Слушали:** Слушали Дюсебекову Марал, которая в своем докладе изложила 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 Барменшинова М.Б.:** Давайте теперь заслушаем научных консультантов. Слово предоставляется Кенжалиеву Б.К. – д.т.н., профессор, Ген.дир. АО «ИМиО» и Квятковскому С.А.- д.т.н., зав.лаб. «ПТЦМ».

**Кенжалиев Б.К. – д.т.н., профессор, Ген.дир. АО «ИМиО»:**

В процессе выполнения диссертационной работы Дюсебекова М.А. продемонстрировала выдающиеся качества самостоятельного и целеустремленного исследователя. Она значительно повысила свой теоретический и практический уровень, успешно освоив современные методологии исследований и проведя ряд значимых экспериментов в рамках своей диссертационной работы. Отличительной чертой Дюсебековой Марал является её аккуратность в выполнении поставленных задач, что обеспечило воспроизводимость полученных результатов.

Диссертационная работа является законченным исследованием, выполненным на высоком научном и теоретическом уровне. Работа имеет явное практическое значение и отвечает всем требованиям, предъявляемым к PhD диссертациям. Исследование Дюсебековой М.А. по своей актуальности, научному уровню, новизне, значимости результатов и объему проведенных исследований полностью соответствует критериям для PhD диссертаций и рекомендуется к защите в диссертационном совете по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия».

Диссертация характеризуется высокой степенью оригинальности и новизны. Разработанная технология обладает рядом преимуществ в условиях использования низкокачественного сырья и может быть рекомендована к внедрению на металлургических предприятиях, специализирующихся на производстве меди. Результаты работы уже нашли практическое применение, что подтверждается патентами и публикациями в ведущих научных журналах.

Представленная работа по научному уровню и практической значимости полностью отвечает требованиям Комитета по контролю в сфере образования и

науки МОН РК, а ее автор - Дюсебекова М.А. заслуживает присуждения степени доктора философии PhD по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия»

**Квятковский С.А., д.т.н., зав.лаб. «ПТЦМ»:** Спасибо всем, рецензентам, участникам заседания за вопросы и предложения по данной работе.

Представленная работа является результатом поиска путей совершенствования технологии плавки медных сульфидных концентратов по нескольким направлениям.

1. Предложено несколько вариантов решения проблемы недостаточной теплотворной способности шихты – путем дополнительного электроподогрева расплава на выходе из плавильной зоны печи, использование твердого топлива оптимального состава, совмещение зон подачи шихты, дополнительного топлива и флюсов.

2. Предложена конструкция двузонной печи с плавильной зоной и зоной дополнительной обработки шлака.

3. Сделаны предложения по оптимизации сжигания твердого топлива в печах ПВ без изменения конструкции печи.

В ходе работ по диссертации Дюсебекова М.А. освоила практически все виды анализа, используемые для изучения продуктов пирометаллургической переработки медных сульфидных концентратов как в лабораторном масштабе, так и в промышленности.

Дюсебекова М.А. принимала непосредственное участие в проведении всех экспериментальных работ, обработке полученных результатов и подготовке публикаций и патента по теме работы. Она имеет хорошую разностороннюю подготовку, включая теоретические дисциплины по химии, физической химии, металлургии цветных металлов, IT технологиям, свободно владеет английским языком, в том числе техническим.

Дюсебекова М.А. участвовала в проведении двух промышленных испытаний на действующей печи ПВ на Балхашском медеплавильном заводе, о чем имеются соответствующие акты и отчеты. Она детально ознакомилась с полной технологической цепью производства меди на БМЗ, начиная с шихтоподготовки и кончая медеэлектролитным цехом и сернокислотным производством. В течении испытаний выходила по сменам в качестве исследователя и контролировала изменения более 100 технологических показателей при различных режимах работы печи. Проводила соответствующий анализ и обработку полученных результатов, подготовку актов и отчетов по промышленным испытаниям. Ее участие в промышленных испытаниях было высоко оценено руководством медеплавильного цеха.

Дюсебекова М.А. является ответственным, пунктуальным исследователем, пользуется уважением коллег по работе и обладает значительным потенциалом для дальнейшего профессионального роста.

Представленная работа по научному уровню и практической значимости полностью отвечает требованиям Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК, а ее автор - Дюсебекова М.А. заслуживает присуждения степени доктора PhD по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия».

Положительный отзыв зарубежного консультанта Дидика Нурхадиянто прилагается.

**Председатель Барменшинова М.Б.:** Давайте теперь заслушаем отзывы рецензентов. Слово предоставляется рецензенту Баимбетову Б.С.- к.т.н., профессор кафедры «Металлургии и обогащения полезных ископаемых».

**Баимбетов Б.С.- к.т.н., профессор кафедры «МиОПИ»:** Актуальность темы исследования она у меня не вызывает сомнений. Потому что использование автогенного процесса плавки Ванюкова в условиях БМЗ, а это первый завод, на котором вообще была внедрена плавка в жидкой ванне и разработке этого процесса было посвящено много исследований. Тем не менее, действительно, в последние десятилетия качество исходного сырья у нас ухудшается. При этом повышается содержание тугоплавких компонентов. Ухудшается также качество флюсов. Если мы раньше использовали в качестве флюсов чисто кварцевые, даже золотосодержащие руды. То сейчас с целью повышения эффективности переработки различного природного сырья вовлекаются флюсовые материалы более низкого качества. Всё это приводит, естественно, к снижению показателя процесса, который был рассчитан на переработку другого, более качественного сырья по содержанию основных металлов и по низкому содержанию вредных компонентов. Конечно, необходимость переработки низкокачественного сырья и флюсов приводит к тому, что технико-экономические показатели, технические показатели основного процесса снижаются. Раньше мы говорили, что процесс Ванюкова на голову выше всех других автогенных процессов. Конечно, в настоящее время, когда содержание меди в шлаках достигает даже порядка одного процента, это понятно, что что-то в этой технологии не то. И исследование диссертанта показывает, что да, действительно изменяется состав сырья, изменяется качество флюсов, в том числе диссертант исследовал и флюсующую способность этих руд. Она на уровне около 50%, тогда как раньше использовались флюсы, флюсующая способность которых была 90 - 95%. И в нынешних условиях актуальностью является нахождение тех методов и тех способов, которые бы позволили даже в условиях ухудшения качества сырья использовать процесс плавки, но при этом постараться достичь минимальных потерь меди со шлаками. Минимальные потери меди со шлаками — это минимальные потери благородных металлов со шлаками, редких металлов со шлаками. То есть это работа, направленная на повышение комплексности использования того сырья, которое мы в настоящее время имеем. Поэтому 2 вопрос, обоснованность научных положений и выводов, а у меня также сомнений не вызывает.

- В работе выполнен хороший анализ научно-технической, патентной литературы и соответственно в работе разработаны и опробованы методики проведения лабораторных и укрупненно лабораторных экспериментов. В этой части я хотел бы дополнительно напомнить диссертанту, что я просил более четко показать личное участие автора в этих работах. В литературном обзоре дан краткий анализ автогенных процессов. Я бы этот анализ сократил бы и оставил бы анализ только плавки в жидкой ванне. Потому что это целевое направление ваших исследований. Именно анализ по изменениям в технологии в показателях за последние десятилетия даже по тому же БМЗ, как менялось сырье и как менялись показатели.

- В целом в работе выявлены закономерности, определяющее влияние потерь меди со шлаками. И получены новые данные по флюсовым рудам, содержащим глинозём, данные по поведению дополнительных источников тепла, то есть угля при плавке шихты в условиях БМЗ. При этом на 1 этапе были проведены исследования с подачей угля на поверхность шлакового расплава, и тем не менее есть результаты, которые показывают, что даже в таких условиях уголь оказывает определённое влияние на снижение содержание магнетита, а соответственно снижение содержания магнетита — это уменьшение потерь меди со шлаками.

- Диссертантом была предложена новая конструкция двухзонной печи Ванюкова, а в этой связи я хотел сказать, идея создания 2 зонных агрегатов в металлургии она, конечно, не новая, и поэтому просто надо привести примеры. В том числе есть и западная технология с 2 зонной печью, то есть и оттуда посмотреть, сравнить.

- Фразу разработана «усовершенствованная конструкция двухзонной печи Ванюкова с установкой графитовых электродов» эту фразу, мне кажется, надо переработать. Т.к. фраза относится к опытно-конструкторским работам и проектно-конструкторским работам. То есть в этих работах как раз разрабатывается конструкция, рассчитывается конструкция, а в вашей диссертации здесь, скорее всего разработана идея по усовершенствованию конструкции. Да и предложен схема как должна разрабатываться эта конструкция.

- Связь, диссертационная работы с работами по программно-целевому финансированию, которое выполнено были в институте металлургии 2019 - 2021 первых годах, т.е. более конкретно надо связь темы диссертации указать.

- Вызывают сомнения выводы относительно гидрометаллургии (стр.21 - Однако, существует и ряд недостатков гидрометаллургических способов переработки медных шлаков, основные из них: .....»).

- Еще замечание, вот вы планировали эксперименты по восстановлению, по плану 1 порядка. Но план 1 порядка применяется только для определения направления дальнейших исследований. Здесь надо было бы акцентировать внимание, что вы определили влияние факторов. А вот уже дальше у вас там идёт оптимизация процессов, однако в данном случае об оптимизации говорить еще нельзя.

- Термодинамический анализ и прочее лучше убрать, это описано в учебниках, а термодинамический анализ именно акцентировать на вашей системе шлак, штейн, руды, реакции, которая протекает именно в вашем процессе. И вообще в этом плане было бы правильно посчитать фазовые равновесия в системах.

- Я бы дополнил работу результатами исследований в печи ПЖВ на БМЗ по переработке клинкера процессов вельцевания цинковых кеков. Клинкер этих кеков содержал металлическое железо и углерод, и в г.Балхаш проводились промышленные испытания по переработке клинкера.

- Практические результаты они, безусловно, имеют ценность. И это подчеркивает значимость диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что указанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы Дюсебековой Марал Адельбековны на тему: «Разработка технологии обеднения шлаков автогенной плавки медных сульфидных концентратов», представленной на соискание степени доктора



философии (PhD) по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия», работа соответствует 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 Барменшинова М.Б.:** Спасибо за рецензию! Докторант, Вы согласны с замечаниями?

**Дюсебекова Марал:** Да, согласна. Спасибо!

**Председатель Барменшинова М.Б.:** Следующее слово предоставляется второму рецензенту **Досмухамедову Н.К., – к.т.н., профессор кафедры «МИОПИ».**

**Досмухамедов Н.К. – к.т.н., профессор кафедры «МИОПИ»:** Внимательно ознакомившись с диссертационной работой Дюсебековой Марал, хотел бы сказать, что диссертационная работа представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком современном научном и теоретическом уровне, имеет практическое значение, отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторской диссертации PhD. Тема работы актуальна и результаты исследований свидетельствуют о значительном вкладе в развитие изучаемой области.

Результаты всех исследований подтверждены использованием современных методов исследования и новых технических средств, в том числе приборов технического контроля, которые использовались в работе.

Когда вы проводите лабораторные исследования, вы сначала изучали процесс восстановления на синтетических шлаках, а потом брали и смотрели промышленные шлаки. И в промышленных шлаках основная задача ваша не только снизить содержание меди в шлаке. Формы нахождения меди - есть механические потери, есть растворённые. Когда вы снижаете содержание меди в шлаке, снижая механические потери вы автоматически влияете на распределение золота между продуктами. Поэтому у вас в лабораторной части, если вы приведёте данные по содержанию золота, у вас всё встанет на свои места, потому что в диссертации в промышленной части, когда вы делаете статистическую обработку, вы там даёте содержание золота. Если вы снизили содержание меди в шлаке, и вы снизите содержание золота, т.е. вы из шлака вывели золото вместе с медью и по этим данным можно посчитать экономическую часть.

В целом, очень хорошее впечатление, содержательная ёмкая работа, имеющая заключительный практический выход, хорошо сформулирована. Также предлагаю все новые результаты, которые получены в работе, использовать в учебном процессе. В связи с этим советую оформить акт внедрения в учебный процесс.

Исходя из вышеизложенного, хочу подчеркнуть, что диссертационная работа Дюсебековой М.А. представляет собой значимый вклад в развитие технологий обеднения шлаков и металлургии цветных металлов в целом. Работа отличается глубоким аналитическим подходом, оригинальностью исследований и практической направленностью. Поэтому я с уверенностью рекомендую диссертацию Дюсебековой М.А. к защите на соискание ученой степени доктора PhD.

**Председатель Барменшинова М.Б.:** Хорошо! Марал, Вы согласны с замечаниями?

**Дюсебекова Марал:** Благодарю за полезное замечание, я согласна.

### ОБСУЖДЕНИЕ:

**Председатель Барменшинова М.Б.:** Коллеги, у кого есть вопросы?

**Турсыбекова Г.С. – к.т.н., профессор «МИОПИ»:** Здравствуйте, коллеги, у меня есть вопрос. Вы сказали, что при плавке протекают экзотермические реакции, но почему-то вы добавляете ещё тепло. Вы мне объясните, с какой целью термодинамически, вы добавляете еще тепло?

**Дюсебекова Марал:** В процессе плавки экзотермическими реакциями являются реакции горения сульфида железа, да они идут с выделением тепла, а именно реакции восстановления оксидов металлов- они эндотермические, то есть идут с поглощением тепла и в связи с этим появляется необходимость подавать дополнительное топливо.

**Турсыбекова Г.С. – к.т.н., профессор «МИОПИ»:** Теперь скажите какие оптимальные условия, параметры проведения экспериментальных исследований: соотношение флюса, добавляемого к руде, температура? Насколько результаты лабораторных испытаний коррелируются с результатами полупромышленных испытаний? Можно ли результаты ваших исследований перенести на полупромышленные испытания.

**Дюсебекова Марал:** Касательно флюсов - добавляли 10% по отношению к шихте. По второму вопросу: мы в самом начале исследовали пробы шлаков и определили, что почти весь вот этот шлаковый состав плавится при температуре 1300°C, то есть это наша оптимальная температура, которую мы должны выдерживать, и получается все лабораторные испытания, которые мы проводили, мы проводили при этой температуре. А дальше, при промышленных опытах выяснили, что температура шлака в печи ПВ не доходит до 1300°C. Все это из-за того, что уголь не сгорает и не выполняет свою функцию как источник дополнительного тепла, а наоборот, начинает восстанавливать оксиды металлов. Сейчас, на БМЗ получают шлаки с высоким содержанием меди, а дефицит тепла они хотят устранить за счёт добавления угля. И это им не помогает, потому что уголь не горит в расплаве. Поэтому мы предлагаем усовершенствованную конструкцию, где чтобы избежать эту проблему, мы предлагаем подавать топливо через фурмы непосредственно в реакционную зону печи, где он будет полностью усваиваться, и, если нам необходимо будет добавлять его в качестве восстановителя, будем давать его просто либо в избытке, либо сверху в восстановительную зону.

**Баимбетов Б.С.- к.т.н., профессор кафедры «МиОПИ»:** Марал там, где вы приводите результаты лабораторных опытов по восстановлению шлаков. Вы пишете, что отбирали тигли после сплавления оксида железа с флюсующей рудой. И у меня возникли следующие вопросы:

1. Во-первых, формулировка неправильно FeO это оксид, а шавелевое железо — это металл.

2. Там у вас показаны, факторы температуры, составов, а где продолжительность? Сколько времени вообще выдерживали? Так, чтобы протекала реакция между 2 веществами. И при этом мы имеем в виду, достигается ли равновесие в системе. Или вообще это начальная стадия реакции, затем вы приводите результаты рентгенофазового анализа, а в итоге это рентгенофазовый анализ какого шлака? Шлака, который образовался буквально за минуты. Как вы там пишете 14 минут у вас максимально.



**Дюсебекова Марал:** По первому замечанию: я не стала приводить полную формулу щавелевого железа, но если это необходимо, то распишу полную формулу. Спасибо! По второму вопросу: тигли с пробами помещали в разогретую печь, затем после достижения расплава в тигле 1300 °С (примерно через 10-15 мин), выдерживали 5 мин и вынимали тигли с интервалом в одну минуту.

**Турысбекова Г.С. – к.т.н., профессор «МИОПИ»:** У меня еще вопрос - вы сказали экономически эффективность составит 40 миллион долларов. За счёт чего, так получилось? Потому что дальнейшее до-извлечение этих металлов тоже требует определённых операций, которые снижают стоимость.

**Дюсебекова Марал:** Да, согласна с Вами, сделаю перерасчет и добавлю все расходы.

**Досмухамедов Н.К., – к.т.н., профессор кафедры «МИОПИ»:** Скажите, пожалуйста, когда вы проводили статистическую обработку, почему вы не называете количество массива? Материал очень хороший, интересный, полезный. Вы, видимо, обрабатывали состав штейна и составы промышленных продуктов плавки. Расскажите, пожалуйста, количество массива какое, когда вы называете количество массива, которые подвергнуты были статистической обработке, все вопросы встанут на место.

**Дюсебекова Марал:** Обрабатывался 20-ти часовой массив, который был выбран именно в тот период, когда испытания проводились на одном штабеле, при одинаковом количестве расходов угля.

**Досмухамедов Н.К., – к.т.н., профессор кафедры «МИОПИ»:** Вы доводите до нашего сведения, что когда подаёте уголь в печь, он хотя и плавает, но тем не менее вступает во взаимодействие правильно, да? А если вступает во взаимодействие, и снижает содержание магнетита, также содержание меди в шлаке снижается, значит, основная ваша задача выполнена? А зачем тогда нужно Ваше устройство. Может, так и надо было оставить?

**Дюсебекова Марал:** Падает температура шлака, а как я уже говорила, нам нужно держать 1300°С для того, чтобы все процессы протекали, и чтобы разделение шлака штейна прошло удовлетворительно.

**Меркибаев Е.С. –преподаватель кафедры «МПТТСМ»:** Какие факторы влияют на процессы плавки?

**Дюсебекова Марал:** Температура плавления, состав шихты, вязкость, содержание магнетита.

**Баимбетов Б.С.- к.т.н., профессор кафедры «МиОПИ»:** Объясните более подробно с чем связано то, что БМЗ получает сейчас богатые отвальные шлаки?

**Дюсебекова Марал:** Я приводила таблицу, где показаны составы концентратов, поступающих на плавку. Цинка стало больше, из-за этого температура плавления тоже понижается, что негативно сказывается на вязкость шлака, на процессы разделения штейна и шлака и соответственно ведут к потерям меди со шлаками. А также сейчас используют флюсы с высоким содержанием оксида алюминия, что негативно влияет на весь технологический режим плавки. Они могли бы использовать флюсы, которые не содержат алюминия. Однако они этого не делают, потому что там есть золото в этих рудах, которые они попутно также извлекают.

**Председатель Барменшинова М.Б.:** У кого-нибудь еще есть вопросы? Вопросов нет. Работа обширная, и все выявленные недочеты могут быть исправлены. Все присутствующие на расширенном заседании, кто высказался в ходе обсуждения, единогласно поддержали рекомендацию диссертации Дюсебековой М.А. к представлению на защиту в диссертационном совете «Металлургия, материаловедение и наноматериалы».

На этом обсуждение диссертационного исследования PhD-докторанта Дюсебековой М.А. можно считать завершенным.

Предлагаю принять следующее заключение по обсуждению диссертационной работы Дюсебековой Марал Адельбековны на тему «Разработка технологии обеднения шлаков автогенной плавки медных сульфидных концентратов».

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Расширенного заседания научного семинара кафедр «Металлургии и обогащения полезных ископаемых» и «Металлургические процессы, теплотехники и технологии специальных материалов» КазННТУ им. Сатпаева от 20 марта 2024 года по диссертации докторанта (PhD) Дюсебековой Марал Адельбековны на тему «Разработка технологии обеднения шлаков автогенной плавки медных сульфидных концентратов», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия».

### **1. Актуальность темы исследования**

Шлаки медеплавильного производства являются твердыми отходами процессов пирометаллургии меди, содержащими около 30–40 % Fe и множество ценных и одновременно экологически опасных металлов, например, Cu, Co, Ni, Pb, Al, Ca, Zn, и As. Зачастую, из-за отсутствия эффективных подходов к переработке шлаков более 80% медеплавильных шлаков во многих странах просто складировуются, что не только сопряжено с огромными экологическими рисками, но и приводит к растрате большого количества ценных ресурсов. Следовательно, требуется поиск новых и эффективных методов обработки медеплавильных шлаков для снижения экологических рисков и увеличения экономической выгоды.

Эта проблема до сих пор остается нерешенной из-за недостатка теоретических знаний о процессах обеднения шлаков. Разработка и внедрение новых технологий переработки шлаков цветной металлургии требует проведения новых исследований с применением современного научного оборудования.

В условиях снижения содержания основных металлов в добываемом сырье, разработка эффективных технологий для обеднения медных шлаков является критически важной для цветной металлургии. Ведь шлаки, содержащие значительные количества цветных и благородных металлов, представляют собой не только потери ценного сырья, но и экологическую проблему. Так как, переработка этого сырья стандартными металлургическими способами не дает достичь удовлетворительных технологических показателей, особенно при извлечении меди. В связи с чем обеднение шлаков является актуальной задачей, позволяющей уменьшить потери металлов и минимизировать воздействие на окружающую среду. Разработка мероприятий по оптимизации комплексной переработки сырья на БМЗ с

использованием существующего оборудования и без капитальных затрат станет актуальным решением данных проблем.

## **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, семи глав, заключения, списка использованных источников. В главах сделаны научно значимые, логично аргументированные выводы. Основные полученные результаты сводятся к следующему:

Результатами рентгенофазового анализа и сканирующей электронной микроскопией (SEM) установлено, что во флюсовых рудах, применяемых на БМЗ высокое содержание  $Al_2O_3$ , который связывает кремнезем в различные алюмосиликаты и значительно снижает флюсующую способность этих руд. Так как содержание в них «свободного» кремнезема становится низким, что, в свою очередь, снижает скорость ошлакования оксида железа и увеличит содержание магнетита в шлаке.

По формуле:

$$FA = C_{SiO_2} + C_{CaO} - 0,54C_{Fe} - 0,46C_{Zr} - 0,145C_{Pb} - 1,73C'_{Al_2O_3} - 0,39C''_{Al_2O_3} - 0,75C_{MgO}$$

где:  $C_n$  - содержание компонентов руды, в % масс.;  $C'_{Al_2O_3}$  - количество глиноземной руды, используемой для образования муллита, и  $C''_{Al_2O_3}$  - количество глиноземной руды, используемой для образования анортита

была рассчитана флюсоспособность руд Жезказгана (3), Таскара (2) и Конырата (1) которая равна: 57,5 %, 47,21 %, 37,83 % соответственно.

Расчет теплового баланса и термодинамические данные, показали, что для практического осуществления и реализации процесса глубокого восстановления оксидов металлов, следует учитывать необходимость в подводе в зону протекания эндотермических восстановительных реакций значительного количества тепла.

В результате математического планирования экспериментов по восстановительному обеднению шлаков углем было получено уравнение регрессии:

$$Y = 0,769 + 0,058X_1 - 0,033X_2 - 0,158X_3 + 0,031X_1X_2X_3$$

Судя по которому, наиболее значимым фактором является температура.

Предложена усовершенствованная принципиальная конструкция печи Ванюкова, предусматривающая наличие двух основных зон: зоны плавления и зоны восстановления. Зона восстановления, в свою очередь, оборудована системой подачи восстановителей, через фурмы. Ключевым моментом является обеспечение низких значений  $P_{O_2}$  при которых протекает глубокое восстановление и контроль над температурным режимом, что позволит достигать высокой степени извлечения меди из шлака.

## **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:

- Впервые методами рентгенофазового анализа и сканирующей электронной микроскопией (SEM) установлено, что во флюсовых рудах, применяемых на БМЗ высокое содержание  $Al_2O_3$ , который связывает кремнезем в различные алюмосиликаты:  $Al_2SiO_5$ ;  $(K,Na)AlSi_3O_8$ ,  $Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$ ;  $KAl_2[Si_3AlO_{10}](OH)_2$ ; и значительно снижает флюсующую способность этих руд.

- Получены новые данные по поведению дополнительного источника теплоты (угля) при плавке на БМЗ.

- Получены новые данные по восстановлению шлака в глубоко-восстановительных условиях при  $P_{O_2} < 10^{-10}$  атм.

#### **5. Оценка внутреннего единства полученных результатов**

Диссертационное исследование представляет собой цельный научный труд с четкой внутренней логикой. Определенные в начале работы цели и задачи получили свое развернутое теоретическое и методологическое отражение в каждом из разделов, что нашло отражение в ключевых положениях, предложенных к защите. Все достигнутые результаты, сделанные выводы и обобщения тесно переплетены между собой, формируя последовательность от более общих к более специфичным выводам.

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

Обеднение шлаков является актуальной задачей, позволяющей уменьшить потери металлов и минимизировать воздействие на окружающую среду. Разработка стратегий для улучшения обработки сырья на БМЗ с применением имеющегося оборудования и без значительных финансовых вложений является важной задачей в решении этих вопросов.

Результаты исследования ориентированы на практическое решение значимой проблемы, обеспечивая тем самым теоретическую и прикладную ценность. Предложенная конструкция интегрирует все предложенные решения в единую систему, обладая при этом высокой эффективностью восстановления металлов, таких как медь, из шлака.

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

##### **Публикации**

*По материалам диссертационной работы опубликовано 8 печатных работ, из них 3 статьи в международных рецензируемых научных журналах, входящие в БД Scopus/Web of Science:*

1. M.Dyussebekova, B. Kenzhaliyev, S. Kvyatkovskiy, E. Sit'ko, D.Nurkhadianto. The main reasons for increased copper losses with slags from Vanyukov Furnace. *Metalurgija*. Vol 60. 2021. P. 309-312, Procentile 35%, Q3.

2. Dyussebekova, M.; Kenzhaliyev, B.; Kvyatkovskiy, S.; Kozhakhmetov, S.; Semenova, A.; Sukurov, B. Study of the Effect of Fluxing Ability of Flux Ores on Minimizing of Copper Losses with Slags during Copper Concentrate Smelting. *Metals* 2022, 12, 1240. <https://doi.org/10.3390/met12081240>, Procentile 75%, Q1.

3. Ye. A. Ospanov, S. A. Kvyatkovskiy, S. M. Kozhakhmetov, L. V. Sokolovskaya, A. S. Semenova, M. Dyussebekova & A. A. Shakhlov. Slag heterogeneity of autogenous copper concentrates smelting. *Canadian Metallurgical Quarterly* 2022, DOI: 10.1080/00084433.2022.2119495, Procentile 47%, Q 3.

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

1. Kenzhaliyev B.K., Kvyatkovskiy S.A., Dyussebekova M.A., Semenova A.S., Nurhadiyanto D. Analysis of Existing Technologies for Depletion of Dump Slags of Autogenous Melting. *Complex Use of Mineral Resources* 2022, 4, 323. DOI: 10.31643/2022/6445.36

*Труды международных научно-практических конференций:*

1. M.Dyussebekova «Processing of Various Copper Sulfide Concentrates by Vanyukov Smelting». *Proceedings of the International Conference on Engineering, Technology and Vocational Education (ICETVE 2020)*, Malaysia, 7-th November 2020. P.70-71

2. Dyussebekova M.A., Kvyatkovskiy S.A., Kenzhaliyev B.K. & Didik Nurhadiyanto. «Dependence of the increased content of copper and magnetite in the slags on the composition of the smelting products». *Proceedings of the International Innovation Arsvot Malaysia (IAM2021)*, 10-th of April 2021.P. 387

3. M.A. Dyussebekova, S.A. Kvyatkovskiy, L.V. Sokolovskaya, A.S. Semenova. «Effective methods of depletion of liquid slags of autogenous smelting of copper sulfide concentrates». *Proceedings of the international scientific and practical conference "Satpayev Readings - 2022. Trends in modern scientific research"* April 12, 2022, pp. 1325-1329, ISBN 978-601-323-291-1.

4. M.A. Dyussebekova «The process of Depletion of Copper Smelting Slag in a Two-zone PV Furnace». *Presentation Materials of VI International Practical Conference "Challenges of Science"* 15-16 November, 2023, pp. 532-541, ISBN 978-601-323-356-7.

*Патенты*

Дюсебекова М.А., Кенжалиев Б.К., Кожаметов С.М., Квятковский С.А., Ситько Е.А., Семенова А.С. Печь для непрерывной плавки сульфидных материалов в жидкой ванне. № 8335 от 05.05.2023.

Суммарное личное участие автора составило 100%.

## **9. Наименование специальности, паспорту которой соответствует диссертация**

Диссертационная работа докторанта Дюсебековой Марал Адельбековны на тему «Разработка технологии обеднения шлаков автогенной плавки медных сульфидных концентратов», выполнена в полном объеме и отвечает всем

требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия».

**10. Соответствие диссертации предъявляемым требованиям «Правил присуждения степеней» Комитета по контролю в сфере Науки и Высшего образования РК** Диссертационная работа докторанта Дюсебековой Марал Адельбековны на тему «Разработка технологии обеднения шлаков автогенной плавки медных сульфидных концентратов», представляет собой самостоятельное и законченное исследование в сфере металлургии, целью которого является разработка новых решений. Учитывая новизну и актуальность исследования, а также обоснованность выводов, имеющих важность как в теоретическом, так и в прикладном аспектах, диссертационная работа отвечает всем требованиям «Правил присуждения степеней» Комитета по контролю в сфере Науки и Высшего образования РК.

На основании вышеизложенного, диссертационная работа Дюсебековой Марал Адельбековны рекомендуется к защите на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия» в диссертационном совете «Металлургия, материаловедение и наноматериалы».


### **ПОСТАНОВИЛИ:**

1. Диссертационная работа докторанта Дюсебековой Марал Адельбековны на тему «Разработка технологии обеднения шлаков автогенной плавки медных сульфидных концентратов», выполнена в полном объеме и отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия» в диссертационном совете «Металлургия, материаловедение и наноматериалы».

2. Рекомендовать диссертационную работу докторанта Дюсебековой Марал Адельбековны на тему «Разработка технологии обеднения шлаков автогенной плавки медных сульфидных концентратов» к защите на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07204 – «Металлургическая инженерия» в диссертационном совете «Металлургия, материаловедение и наноматериалы».

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

**Председатель, к.т.н.,  
Зав.кафедрой МиОПИ**

  
(подпись)

**Барменшинова М.Б.**

**Секретарь:**

  
(подпись)

**Тажиев Е.Б.**