

## ОТЗЫВ

зарубежного научного консультанта на диссертационную работу  
Маханбетовой Бактыгул Алимжановны на тему  
«Комплексная переработка оксидного природного и сульфидного  
техногенного цинкосодержащего сырья месторождения Шалкия»,  
представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по  
образовательной программе 8D07220 – «Металлургия»

Одной из основных тенденций в горно-металлургическом комплексе Казахстана является расширение использования в качестве сырья месторождений с низким содержанием цветных металлов, техногенных образований и труднообогатимых руд, особенно окисленных. Эти руды отличаются высоким уровнем окисления и вторичных изменений, мелким размером включений ценных минералов и сложными технологическими свойствами, что определяет специфику их переработки. Месторождение цинкосодержащих руд Шалкия, занимающее пятое место в мире по величине запасов цинка, характеризуется наличием в нем около 7% окисленных руд, которые не обогащаются и накапливаются в отвалах, как и хвосты обогащения коренной сульфидной руды. В этой связи создание новой комплексной технологии переработки окисленных цинкосодержащих руд и хвостов обогащения сульфидных руд месторождения Шалкия, содержащих цинк, свинец и значительное ( $\approx 50\%$ ) содержание кремнезема, представляет актуальную научную задачу, решению которой посвящена диссертационная работа Маханбетовой Б.А.

Диссертационное исследование посвящено созданию нового способа переработки цинкосодержащего природного и техногенного сырья, предусматривающего электротермическую переработку окисленной руды Шалкия и хвостов обогащения сульфидной руды, отличительной особенностью которого является не только высокое извлечение цинка и свинца, но и получение из нерудной составляющей сырья марочного продукта с высокой добавленной стоимостью – ферросилиция.

Представленная диссертационная работа содержит все необходимые составляющие диссертации: литературный обзор, термодинамический анализ, кинетику, прикладную и экономическую части.

Маханбетовой Б.А. были поставлены и реализованы следующие задачи:

- Провести термодинамическое моделирование взаимодействия сульфидов цинка, свинца и железа с углеродом и магнетитом с определением закономерностей восстановления цветных металлов и железа;

- Термодинамическим моделированием определить оптимальные и технологические параметры (температура, количество углерода, железа, магнетита) равновесной степени извлечения кремния в сплав, цинка и свинца в возгоны, из окисленной руды Шалкия, хвостов обогащения и их смесей, а также концентрацию элементов в продуктах;

- Определить оптимальное количество кокса и стальной стружки, степень замены железа магнетитового концентрата на железо стальной стружки при

электроплавке окисленной руды и хвостов обогащения; исследовать кинетику извлечения кремния в ферросилиций при электроплавке окисленной руды и хвостов обогащения;

-Провести укрупненно-лабораторные испытания электроплавки хвостов обогащения руды в смеси с коксом, стальной стружкой, магнетитовым концентратом и сульфидной рудой;

-Выполнить предварительное технико-экономическое обоснование созданной технологии комплексной переработки окисленной руды Шалкия и хвостов обогащения с одновременным получением марочного ферросилиция и возгонов, содержащих цинк и свинец.

С целью достижения заявленной в работе цели диссертантом было выполнено компьютерное термодинамическое моделирование взаимодействия сложной шихты, включающей окисленную руду Шалкия и хвосты обогащения. Использование программного комплекса HCS-6.0 и последующее рототабельное планирование второго порядка позволили построить объемные и плоскостные изображения, отражающие влияние ключевых параметров на извлечение цинка, свинца и кремния, а также определить оптимальные условия для получения ферросилиция марок FeSi25 и FeSi45 с максимальным выходом целевых металлов в газовую фазу.

Эксперименты по электроплавке окисленной руды Шалкия, хвостов обогащения и их смесей с сульфидной рудой проводились в дуговой одноэлектродной печи с добавлением кокса, стальной стружки, магнетитового концентрата и сульфидной руды. На основе математической модели и визуализации результатов была выполнена оптимизация процесса методом наложения. Установлено, что электроплавка обеспечивает высокую степень перехода цинка и свинца в возгоны (не менее 98%) и значительный переход кремния в ферросилиций (80-85%). В процессе исследований было обнаружено явление пенообразования при использовании магнетита, предложено его объяснение и определено оптимальное соотношение магнетита и стальной стружки (40-60%) для подавления этого эффекта и максимального увеличения извлечения кремния в сплав.

Укрупненные лабораторные испытания подтвердили возможность получения из руды и хвостов обогащения Шалкия ферросилиция марки FeSi45 и возгонов, содержащих до 31,0 % цинка и 10,1 % свинца, при этом извлечение кремния в сплав составило 79-86 %, а цинка и свинца в возгоны – более 98 %.

Расчеты экономической эффективности предлагаемой технологии свидетельствуют о ее целесообразности: прогнозируемый срок окупаемости составляет 3 года, а годовая прибыль при объеме переработки 200 000 тонн руды и хвостов обогащения в год составляет 21,6-22,2 млн долларов США.

Следует отметить, что соискатель в период стажировки в Санкт-Петербургском государственном технологическом институте проделала большую аналитическую работу по методам переработки хвостов обогащения и руд на основании фондов фундаментальной библиотеки СПбГТИ (ТУ) и Российской Национальной библиотеки, а также

исследования по получению математических равновесных и экспериментальных моделей образования кремнистых сплавов.

В процессе обучения в докторантуре Маханбетова Б.А. овладела алгоритмами планирования исследований, их выполнения, и самое главное, анализа полученных результатов, представления материалов диссертации в научных журналах и конференциях. Она является ученым, подготовленным самостоятельно решать задачи в области теории и технологии цветной и черной металлургии.

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.

Результативность диссертационного исследования подтверждается 16 опубликованными работами, включая 4 статьи (52-74%) в высокорейтинговых международных рецензируемых научных журналах.

Как зарубежный научный консультант, считаю, что диссертационная работа по теме «Комплексная переработка оксидного природного и сульфидного техногенного цинксодержащего сырья месторождения Шалкия» является законченным научным исследованием, а ее автор – Маханбетова Б.А. заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07220 – «Металлургия».

Зарубежный научный консультант,  
д.т.н., профессор Санкт –Петербургского  
государственного технологического  
института (технического университета)



Лавров Б.А.

