

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.324.06,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «МАГНИТОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Г.И. НОСОВА», МИНИСТЕРСТВА  
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационного дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 27.12.2023 № 8

О присуждении Глаголевой Ирине Викторовне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование технологии комплексной переработки клинкера вельцевания цинковых кеков» по специальности 2.8.9. Обогащение полезных ископаемых принята к защите 23 октября 2023 года, протокол №5, диссертационным советом 24.2.324.06, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, приказ № 833/нк от 20 апреля 2023 г.

Соискатель Глаголева Ирина Викторовна, 29 сентября 1983 года рождения, в 2021 году окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» по направлению подготовки 21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых, направленность (профиль) «Обогащение полезных ископаемых».

Диссертация выполнена на кафедре геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых в ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Министерства науки и

высшего образования Российской Федерации.

Работает в должности старшего преподавателя кафедры прикладной математики и информатики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доцент, доктор технических наук Орехова Наталья Николаевна, профессор кафедры геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

Официальные оппоненты:

1. Игнаткина Владислава Анатольевна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва;

2. Ключников Антон Михайлович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидрометаллургии АО «Уралмеханобр», г. Екатеринбург дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», г. Чита, в своем положительном отзыве, подписанном Щегловой Светланой Александровной – кандидатом технических наук по специальности обогащение полезных ископаемых, доцентом, и. о. заведующего кафедрой обогащения полезных ископаемых и вторичного сырья, и утвержденном и. о. ректора ФГБОУ ВО «ЗабГУ» Мартыненко Оксаной Олеговной, указала, что диссертация «Совершенствование технологии комплексной переработки клинкера вельцевания цинковых кеков» «...является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно. В ра-

боте изложены новые научно-обоснованные технологические решения, позволяющие усовершенствовать технологию переработки клинкера вельцевания, повысить комплексность использования сырья за счёт дополнительного получения трёх продуктов (углерод-, железо- и медьсодержащих), что имеет существенное значение для развития страны», соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор – Глаголева Ирина Викторовна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9. Обогащение полезных ископаемых».

Соискатель имеет 16 опубликованных работ по теме диссертации, из них 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ; 2 – в изданиях, индексируемых в базе цитирования Scopus; 10 – в прочих печатных изданиях, а также зарегистрирована 1 программа для ЭВМ. Сведения об опубликованных работах достоверны. Авторский вклад соискателя составляет 3,19 п. л. в опубликованных работах общим объемом 8 п. л., и заключается в постановке цели и задач исследования; анализе состояния и опыта переработки клинкера вельцевания цинковых кеков; в систематизации существующих и обосновании новых технологических решений; в адаптации методики анализа возможности гравитационного разделения с использованием показателя гравитационного разделения Мейстера; в проведении и обработке результатов: микроскопических исследований структурно-фазовых особенностей; потенциометрической диагностики процессов во флотационной пульпе; в постановке и проведении лабораторных экспериментов, в обработке и интерпретации экспериментальных данных; в разработке программы для ЭВМ, которая позволяет рассчитать контрастность минерального сырья в куске любой крупности; в разработке новых технологических решений при обогащении клинкера вельцевания, а также в анализе и обобщении полученных результатов и обосновании выводов, в подготовке публикаций по теме исследований.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Орехова, Н.Н. Совершенствование технологии переработки лежалого

медистого клинкера / Н.Н. Орехова, И.В. Глаголева // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 6. – С. 104-112.

2. Минералогические и текстурно-структурные особенности лежалого вельц-клинкера / Н.Н. Орехова, И.В. Глаголева, Ю.Ю. Ефимова, О.Е. Горлова // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2022. – Т. 28, № 4. – С. 35-49.

3. Глаголева, И.В. Изучение структурно-фазовых особенностей лежалого медистого клинкера / И. В. Глаголева // Актуальные проблемы горного дела. – 2021. – № 2. – С. 21-27.

4. Orehkova, N.N. Study of the separation of mineral phases of Waelz clinker for its disposal / N.N. Orehkova, O.E. Gorlova, I.V. Glagoleva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety, ICCATS 2020, Sochi, 06–12 сентября 2020 г. Vol. 962, 4. – Sochi: IOP Publishing Ltd, 2020. – P. 042030.

В приведенных работах достаточно полно изложены основные результаты исследования, положения и выводы, которые автор использовал в своей диссертационной работе.

На диссертацию и автореферат поступило 12 отзывов, все положительные:

1. **Власова В.В., к.т.н.**, доцент кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова, ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск. Замечания: 1. В автореферате не представлен полный химический анализ продуктов обогащения клинкера, полученных при его переработке по предлагаемой схеме, что затрудняет анализ возможности их дальнейшего использования. 2. На странице 16 автореферата написано, что ксантогенат сможет закрепляться на поверхности медьсодержащих частиц после очистки её от гидроксидов железа с образованием соединения  $CuKx2$ . Более корректно писать  $CuKx$  или  $-CuKx$ , так как образующееся соединение является поверхностным.

2. **Синянская О.М., к.т.н.**, специалист по техническим направлениям компании Solvay, Республика Казахстан, г. Караганда. Замечания: 1. Из текста автореферата диссертации не ясно, проводилось ли сравнение текстурно-структурных особенностей лежалого вельц-клинкера Челябинского цинкового завода с лежалыми вельц-клинкерами других предприятий? 2. В качестве причин завышенного расхода ксантогената по базовому режиму флотации клинкера вельцевания следовало указать еще и значительное содержание тонкодисперсного кокса в питании флотации (на уровне 9%), что видно из табл. 4 на стр.13.

3. **Гаркави М.С., д.т.н.**, профессор, Заслуженный работник высшей школы РФ, инженер-технолог по науке и инновациям ЗАО «Урал-Омега», г. Магнитогорск. Замечания: 1. В таблице 3 приведены результаты опытов по схемам обогащения представленным на рисунке 5. За рациональную принята схема переработки 3 (рис. 5 в) хотя по схеме 1 (рис. 5 а) достигнуты лучшие показатели (таблица 3). 2. Не раскрыта сущность использованной электрохимической модели. В частности, не приведены протекающие электродные реакции.

4. **Миненко В.Г., к.т.н.**, зав. лабораторией 4.1 ИПКОН РАН, **Матвеева Т.Н., д.т.н.**, зам. директора ИПКОН РАН, г. Москва. Замечания: 1. В автореферате не приведены методы определения элементного состава исследуемых минеральных продуктов. 2. Согласно качественно-количественной схеме обогащения клинкера ЧЦЗ (рисунок 10) «хвосты перечистки медьсодержащего продукта» заворачиваются в «голову» процесса, что, вероятнее всего, приведет к постоянному увеличению его объема при реализации схемы. Возможно, указанный продукт следует направить в более ранние операции (например, в «измельчение до 80% класса -0,071 мм» или «медная флотация»).

5. **Мальцев Г.И., д.т.н.**, старший научный сотрудник лаборатории пирометаллургии цветных металлов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института металлургии Уральского отделения РАН (ИМЕТ

УрО РАН), г. Екатеринбург. Замечания: 1. В автореферат указано, что теоретически обосновано образование пирротина и троилита при разложении пирита в процессе вельцевания под действием высокой температуры. Для наглядности следовало привести схему фазовых процессов. 2. Микротвердость коксов изменяется в соответствии с размерами и строением структурных элементов, зависит от температуры термообработки и различна для коксов сферолитовой и мозаичной структуры. В автореферате на стр. 11 более правильным было бы указание интервалов микротвердостей кокса, а не конкретное значение.

**6. Размахнин К.К., д.т.н.,** доцент, заведующий Читинским филиалом Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, г. Чита. Замечания: 1. Не приведено обоснование выбора крупности клинкера вельцевания для изучения контрастности по меди, и железу для решения вопроса о целесообразности предобогащения (стр. 8) и для проведения флотационных опытов при проведении потенциометрических исследований (стр. 15). 2. Не представлены результаты оптимизации параметров обогащения клинкера на концентрационном столе. Была ли проведена оптимизация? 3. На стр. 13 указано, что анализ эффективности разделения магнитной сепарацией показал, что для клинкера крупностью -3 мм за рациональный параметр принята напряженность магнитного поля 102 Ка/м. В каком диапазоне значений напряженности магнитного поля проводилось изучение?

**7. Котельников А.Е., к.г.-м.н.,** директор департамента недропользования и нефтегазового дела ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», **Чекушина Т.В., к.т.н.,** доцент департамента недропользования и нефтегазового дела ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва. Замечания: 1. В автореферате не представлено анализа вероятности образования комплексных соединений ионов железа разной валентности с ксантогенатом  $\text{Fe}(\text{OH})\text{Kx}_2$  и  $\text{Fe}(\text{OH})\text{Kx}$ . 2. Во втором научном положении формулировка «...в расходах, оп-

ределенных потенциометрической диагностикой по уменьшению отклонения потенциала от линии электрохимической модели...» требует пояснения.

**8. Кондратьев С.А., д.т.н.,** зав. лабораторией обогащения полезных ископаемых и технологической экологии, главный научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук», г. Новосибирск. Замечания: 1. В качестве собирателя медьсодержащих фаз в операциях флотации использован бутиловый ксантогенат. Проводились ли исследования с другими собирателями российского производства, предназначенные для обогащения медных руд, и более избирательно извлекающие сульфидные минералы? 2. На стр. 16 указано, что наилучшие результаты в предварительных флотационных опытах с использованием трех альтернативных реагентных режимов сульфидной флотации, предложенных по результатам потенциометрической диагностики, получены при рН 8. Почему в итоге рекомендуется рН 10? 3. В автореферате следовало пояснить, какие гидроксокомплексы ксантогената с железом,  $\text{Fe}(\text{OH})\text{K}_x$  или  $\text{Fe}(\text{OH})\text{K}_x2$ , преимущественно образуются в жидкой фазе пульпы при реализации базового режима флотации, рН их образования. 4. Известно, что соединения первых гидроксидов с собирателем (гидроксокомплексы ксантогената) являются активаторами флотации. В каких случаях гидроксокомплексы ксантогената с железом активируют флотацию, а в каких они являются её депрессорами?

**9. Ульрих Д.В., д.т.н.,** доцент, профессор кафедры водопользования и экологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург. Замечаний нет.

**10. Целевин А.Е., д.т.н.,** доцент, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», **Бекчурина Е.А., к.т.н.,** доцент кафедры обогащения полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург. Замечания: 1. В таблице 2 на стр. 12 автореферата в качестве единицы

измерения плотности сростка «мелилит-халькопирит» указаны проценты, для плотности сростка «кокс-халькопирит» единица измерений не указана. 2. С чем связано существенное отличие химического состава объединенного продукта магнитно-гравитационного обогащения в таблицах 3 и 4 автореферата? Так, массовая доля углерода в объединенном продукте, полученном по схеме 3 (принятой к реализации), составляет 3,49% (таблица 3), а в исходном продукте флотации (который является тем же объединенным продуктом) – 9,18% (таблица 4). 3. В тексте автореферата вместо «значения потенциалов электродов» местами используется «значения электродов» (с. 14, 15 автореферата). 4. Вероятно, в схеме на рисунке 10 хвосты медной перерешетки должны возвращаться в операцию медной флотации.

11. **Мастюгин С.А., д.т.н.**, главный технолог Технического отдела АО «Уралэлектромедь», г. Верхняя Пышма. Замечания: 1. Каким образом и в какой части технологической цепочки может быть организована потенциометрическая диагностика для регулирования процесса флотации? 2. Поскольку при доказательстве первого научного положения речь идет о различии в магнитных свойствах минералов пирит-пирротинового ряда, было бы уместным привести в автореферате значения их магнитной восприимчивости.

12. **Тимофеев К.Л., д.т.н.**, начальник отдела инженерно-производственного управления АО «Уралэлектромедь», г. Верхняя Пышма. Замечания: 1. В автореферате уделено внимание распределению целевых компонентов – меди, железа и углерода – по продуктам предложенной схемы обогащения, но отсутствует информация о распределении сопутствующих веществ, в частности, диоксида кремния. Если железосодержащий продукт, получаемый по предложенной технологической схеме, рассматриваемый как сырье для черной металлургии, то содержание в нем SiO<sub>2</sub> является одним из определяющих параметров. 2. Каким образом в расчете экономической эффективности учитывается железосодержащий продукт – отход или металлургическое сырье? Если сырье, то какова его учетная стоимость и как она рассчитана?



Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их значительным научно-практическим опытом, высокой квалификацией, известностью научными и практическими достижениями в области обогащения руд цветных, редких, благородных металлов; техногенного сырья; теории и технологии флотации; физико-химических и гидрометаллургических процессов в технологиях переработки природного и техногенного сырья, активной научной позицией, наличием публикаций в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Это подтверждает их способность квалифицированно определить и оценить научную и практическую новизну исследований.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработан** новый методический прием для прогноза обогатимости твердого минерального сырья на основе взаимосвязи сросткового состава и физических свойств: плотности сростков (гравитационное обогащение) и наведенного излучения (радиометрическая предконцентрация) как критерия разделения;

**предложен** нетрадиционный подход к обоснованию возможности гравитационного разделения вельц-клинкера на основании определения показателя гравитационного разделения бедных, богатых и рядовых сростков медьсодержащих минералов и основных фаз клинкера вельцевания; способ повышения контрастности технологических свойств сульфидов меди на основе установленного механизма действия фторсиликата натрия по отношению к гидроксидным пленкам железа на поверхности частиц клинкера, заключающегося в их растворении с образованием устойчивых комплексных соединений железа с фтором;

**доказана** перспективность использования метода потенциометрической диагностики для обоснования реагентных режимов флотации техногенного сырья и совершенствования технологии обогащения клинкера вельцевания;

**введена** дополнительная трактовка понятия *«медьсодержащие фазы*

клинкера», как фаз, находящихся в частицах клинкера, включающих в себя реликты минералов, а также вновь образованные техногенные минералы и твердые растворы, в составе которых есть медь.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказано** положение, что распределение медных техногенных минералов между сростками с магнитными фазами клинкера (пирротином и магнетитом) и более 25% с немагнитными фазами (мелиллитом, пиритом и троилитом), плотность рядовых и богатых сростков минералов меди с основными немагнитными фазами клинкера, обеспечивающая коэффициент гравитационного разделения их с коксом более 1,75, и наличие ферритных медьсодержащих твердых растворов обуславливает необходимость комбинации магнитных и гравитационных методов разделения для концентрирования медьсодержащих фаз клинкера в питании флотации;

**применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс методов: анализ и обобщение научно-технической информации, аналитические исследования, эксперименты в лабораторных условиях, включающие гранулометрический, микроскопический (анализатор изображения Минерал С-7), электронно-микроскопический (JEOL JSM-6460 LV) анализы, рН-метрию, лабораторные эксперименты на гравитационных, флотационных установках, статистическая обработка экспериментальных данных методами математической статистики с использованием Microsoft Excel, потенциометрическая диагностика;

**изложены:** доказательства того, что основной причиной низкого извлечения меди в процессе флотации является высокое содержание в пульпе ионов железа и образование комплексных соединений железа с ксантогенатом в жидкой фазе пульпы; факты одновременного присутствия в клинкере вельцевания магнитных и немагнитных сульфидов пирит-пирротинового ряда;

**раскрыто** противоречие между базовым технологическим подходом извлечения меди флотацией из магнитной фракции магнитной сепарацией клин-

кера вельцевания и наличием в сростковом составе сепарируемого клинкера сростков медьсодержащих фаз с немагнитными железосодержащими фазами, что приводит к потерям меди с немагнитным продуктом (углеродсодержащим концентратом);

**изучены:** причинно-следственная связь между низкой контрастностью разделяемых фаз клинкера и превышением концентрации железа в жидкой фазе флотационной пульпы по сравнению с теоретически возможной при фактическом значении рН; факторы, влияющие на селективность и полноту извлечения меди из клинкера вельцевания цинковых кеков с определением их оптимальных параметров;

**проведена модернизация** методики обработки результатов экспериментального определения контрастности крупнокускового материала, реализованной в виде программы для ЭВМ.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработана и внедрена в учебный процесс** программа ЭВМ «RmS Calculator» (radiometric separation calculator – калькулятор радиометрической сепарации, свидетельство о регистрации № 2022619332 от 20 мая 2022 г.);

**разработана и апробирована** в укрупненных лабораторных испытаниях усовершенствованная схема переработки клинкера вельцевания, позволяющая сконцентрировать 92% меди в промежуточный продукт перед флотацией, повысить извлечение меди в концентрат и получить угольный и железный товарные продукты;

**определены** основные рациональные параметры гравитационного (крупность материала -0,5 мм, угол наклона концентрационного стола 10°), магнитного (крупность материала -3 мм в голове процесса, напряженность магнитного поля 102 кА/м) и флотационного обогащения клинкера (содержание класса крупности -0,071 мм 80% с подачей в мельницу Na<sub>2</sub>S с расходом 400 г/т; реактивный режим: угольная флотация, г/т: керосин 280; ΣТ-92-240; сульфидная

флотация, г/т:  $\Sigma$ БКК-300;  $\Sigma$ T-92-240,  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ -800,  $\text{CuSO}_4$ -62,  $\text{pH}=10$ ), позволяющие увеличить извлечение меди во флотационный концентрат на 9%;

**созданы:** математическая модель влияния расходов реагентов модификаторов и  $\text{pH}$  на извлечение меди в концентрат при флотации клинкера; методика теоретического анализа обогащения на концентрационном столе с определением расчета показателя гравитационного разделения между бедными, богатыми и рядовыми сростками медьсодержащих минералов и основных фаз клинкера вельцевания;

**представлены** рекомендации по реагентному режиму медной флотации, позволяющие снизить в два раза расход реагента-собирателя бутилового ксантогената калия при увеличении извлечения меди в концентрат; технологические решения по совершенствованию технологии разделения клинкера вельцевания с получением в качестве хвостов железного продукта, пригодного для металлургической переработки, углеродсодержащего продукта с массовой долей  $\text{Cu} - 0,92\%$ ,  $\text{Fe} - 6,26\%$ ,  $\text{C} - 40\%$ , при извлечении  $\text{Cu} - 9,2\%$ ,  $\text{Fe} - 7,52\%$ ,  $\text{C} - 95,46\%$ ; грубого медного концентрата с массовой долей  $\text{Cu} - 14,52\%$ ,  $\text{Fe} - 9,21\%$ ,  $\text{C} - 1,35\%$ , при извлечении  $\text{Cu} - 81,29\%$ ,  $\text{Fe} - 6,19\%$ ,  $\text{C} - 1,8\%$ , что позволяет повысить комплексность использования этого отхода цинкового производства.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** результаты получены с использованием достоверных исходных данных, апробированных методов исследования, методик аналитических расчетов и сертифицированного оборудования, сопоставлением с результатами натуральных экспериментов;

**теория** обеспечивается представительностью и надежностью исходных данных для анализа и расчета, корректностью постановки задач исследований и согласуется с опубликованными теоретическими и практическими исследованиями других авторов;

**идея базируется** на анализе структурно-текстурных особенностей клинкера вельцевания, обобщении передового российского и зарубежного опыта и направлений развития технологий переработке сложноструктурного техногенного сырья, использовании потенциометрического метода диагностики процессов в пульпе;

**использованы** данные, согласующиеся с данными, полученными другими авторами в ходе практических и теоретических исследований особенностей сросткового состава клинкера вельцевания и зависимостей разделения клинкеробразующих фаз в физико-химических процессах обогащения;

**установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

**использованы** результаты анализа априорной информации о переработке клинкера вельцевания с получением металлосодержащих концентратов, результаты лабораторных исследований процессов магнитного, гравитационного и флотационного обогащения, современные методики сбора и обработки информации при корректном применении статистических методов, комплексирование методов изучения вещественного состава, потенциометрическая диагностика химических процессов в пульпе.

**Личный вклад автора состоит в:** постановке цели и задач исследования; анализе состояния и опыта переработки клинкера вельцевания цинковых кеков; в систематизации существующих и обоснование новых технологических решений; в адаптации методики анализа возможности гравитационного разделения с использованием показателя гравитационного разделения Мейстера; в проведении и обработке результатов: микроскопических исследований структурно-фазовых особенностей; потенциометрической диагностики процессов во флотационной пульпе; в постановке и проведении лабораторных экспериментов, в обработке и интерпретации экспериментальных данных; в анализе и обобщении полученных результатов и обосновании выводов, в подготовке публикаций

по теме исследований; в разработке программы для ЭВМ и новых технологических решений при обогащении клинкера вельцевания.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания.

**В отзыве ведущей организации:**

1. Требуется пояснение часто употребляемому в диссертации термину «медьсодержащие фазы клинкера». Есть ли нижний предел содержания меди в фазе, которую можно считать медьсодержащей?

2. По данным табл.1.1. в клинкере содержится серебро в количестве 345 г/т. Изучалось ли распределение серебра по продуктам обогащения?

3. В диссертации в пятой главе не приведена схема цепей аппаратов технологического процесса, хотя при расчете экономических показателей переработки клинкера (приложение Е, глава 5) указаны выбранные аппараты.

4. Полученный в конце технологической схемы железосодержащий продукт не соответствует по массовой доле железа кондициям на железорудный концентрат. Каким образом предполагается его дальнейшее использование?

5. В диссертации не обоснован выбор метода центробежной концентрации в качестве альтернативного разделению клинкера на концентрационном столе. На чем основывался этот выбор? При определении режимов гравитационного разделения (глава 3) было бы более правильным провести оптимизацию параметров концентрации на столе с использованием полного факторного эксперимента и получением регрессионной модели, как это сделано в работе для флотационного обогащения.

**В отзыве официального оппонента В.А. Игнаткиной:**

1. «Химический анализ пробы клинкера выполнен на рентгенофлуоресцентном анализаторе (РФА) 8000-DX компании Shimadzu.» с.39. Какова сходимость результатов данного метода по меди, цинку и др. компонентам с результатами химического аналитического анализа?

2. Согласно приведенным в таблице 2.1 данным, суммарное содержание элементов составляет 70,2%. Чем представлены оставшиеся 29,2%?

3. Более корректно назвать лабораторную мельницу в исследованиях – рольганг (роликовая мельница), чтобы не было путаницы с барабанной лабораторной мельницей с поворотной осью. Будут ли результаты обогащения иными, если применить барабанную лабораторную мельницу с поворотной осью при сохранении указанных условий измельчения (Т: Ж: Ш)?

4. Учтен ли фактор равнопадаемости зерен при исследовании комбинированной гравитационно-магнитной схемы обогащения с доизмельчением?

5. Керосин какой марки использован? Чрезвычайно большие расходы во флотацию коксика.

6. Увеличение расхода бутилового ксантогена до 700 г/т приводит к росту извлечения за счет значительного прироста извлечения железа и углерода. Растет извлечение бедных сростков. Изучались ли селективные сульфидрильные собиратели на минералы меди?

7. Перечислить какие ионоселективные электроды применены в потенциометрических исследованиях.

8. Отмечалось ли замедление кинетики флотации сульфидов меди при расходе сернистого натрия в измельчении 400 г/т.

**В отзыве официального оппонента А.М. Ключникова:**

1. Следовало бы привести фазовый состав исходного клинкера и конечных продуктов его обогащения по рекомендуемой схеме (по аналогии с таблицей 1.3 на стр.21). Это сделало бы интерпретацию полученных результатов обогащения более наглядной.

2. Изучали ли, как распределяются драгоценные металлы в продуктах обогащения клинкера согласно рекомендуемой схеме?

3. Можно ли применять разработанную технологию при переработке лежалого клинкера других предприятий? В частности, как изменятся показатели

обогащения при переработке согласно разработанной технологии лежалого клинкера завода «Электроцинк»?

4. Каков фазовый состав железа в полученном железосодержащем продукте (концентрате)?

5. Чем обосновано принятие величины коэффициента цены  $K_c = 0,5$  при расчёте стоимости продукции в рамках технико-экономического обоснования предложенной технологии?

**В ходе заседания диссертационного совета:**

1. Какие средства (методы, методика) на ваш взгляд являются наиболее надежными, информативными для прогнозирования обогатимости техногенного минерального сырья?

2. Чем пирит «техногенный» отличается от пирита природного, например, в колчеданных рудах. Что приводит к образованию комплексов и переходу к образованию  $Fe(OH)_3$  и потери медьсодержащих фаз?

3. Все ли из используемых классических методов для изучения обогатимости природного минерального сырья подходят для изучения технологических свойств клинкера?

4. В модели извлечение меди нет расхода ксантогената и пенообразователя, они не влияют?

5. В чем заключается механизм действия очистки поверхности частиц от гидроксидов железа фторсиликатом натрия?

6. Известно, что медный купорос является активатором сульфида цинка, что активирует медный купорос в вашем случае?

7. Оценивалась ли вероятность образования комплексных соединений железа с ксантогенатом в пульпе?

8. На слайде 27 указано, что найдены рациональные параметры. Уточните, оптимальные или рациональные это параметры. Поясните, о чем говорит знак минус перед последним членом в математической модели.



Соискатель Глаголева Ирина Викторовна ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию, дополнив информацию касательно некоторых аспектов исследования, в частности, класс опасности клинкера вельцевания цинковых кеков второй и его влияния на окружающую среду отрицательное; механизм действия фторсиликата натрия заключается в образовании устойчивых растворимых комплексов железа с фтором ( $\text{FeF}_6$ ) и позволяет повысить контрастность разных фаз клинкера за счет растворения гидроксидной пленки железа с поверхности; особенности влияния сульфата меди на цинкосодержащие твердые растворы; перспективность использования потенциометрической диагностики для исследований на обогатимость методом флотации техногенного минерального сырья; возможность использования полученной схемы для обогащения клинкера вельцевания ОАО «Электроцинк», г. Владикавказ; даны пояснения в области применения полученных продуктов разделения, приведена аргументация выбора факторов для полного факторного эксперимента, оптимизации реагентного режима и отсутствие необходимости такой оптимизации для процесса концентрации на столе. Перечислила компоненты фазового состава полученного железосодержащего продукта (концентрата). Конкретизировала точки установки потенциометрических датчиков в промышленных условиях по технологической линии обогащения клинкера вельцевания; оборудование необходимое для доукомплектации флотационных обогатительных фабрик с целью переработки клинкера. Пояснила выбор значения коэффициента к биржевым ценам на металлы для расчёта стоимости продукции в рамках технико-экономического обоснования предложенной технологии.

Соискатель Глаголева И.В. согласилась с замечаниями по оформлению и с замечаниями, носящими рекомендательный характер, касательно дальнейших исследований.

На заседании 27 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение за научно-обоснованные технологические решения, имеющие существен-

ное значение для развития страны, позволяющие совершенствовать технологию переработки клинкера вельцевания до безотходной, повысить комплексность и получить три товарных продукта: углеродсодержащий, железосодержащий и медьсодержащий, присудить Глаголевой Ирине Викторовне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.8.9. Обогащение полезных ископаемых, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

И. о. ученого секретаря

диссертационного совета



Гавришев Сергей Евгеньевич

Горлова Ольга Евгеньевна

27 декабря 2023 г.