

УТВЕРЖДАЮ



Ректор ФГБОУ ВО «Иркутский
национальный исследовательский
технический университет»

М.В. Корняков

2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет»

Диссертация Лучко М.С. «Оптимизация процесса обогащения золотосодержащего сырья методом отсадки в центробежном поле» выполнена на кафедре обогащения полезных ископаемых федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Иркутский национальный исследовательский технический университет».

В 2003 году Лучко Максим Сергеевич окончил Иркутский государственный технический университет по специальности «Открытые горные работы» с присвоением квалификации «Горный инженер».

В 2005 году окончил Иркутский государственный технический университет по программе профессиональное переподготовке «Обогащение полезных ископаемых».

В период подготовки диссертации соискатель Лучко Максим Сергеевич работал в АО «Иргиредмет» в инженерно-коммерческом центра в должностях ведущего инженера и главного инженера проекта.

Соискатель в июне 2022 года окончил аспирантуру ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» по специальности «Обогащение полезных ископаемых» и получил диплом с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Лучко Максим Сергеевич в настоящее время работает в АО «Иргиредмет» в инженерно-коммерческом центре в должности главного инженера проекта.

Кандидатские экзамены сданы: 04.04.2019 – история, философия - отлично, 12.04.2019 – английский язык - удовлетворительно, 16.01.2021 - спец. предмет (обогащение полезных ископаемых) – отлично.

Научный руководитель – Федотов Павел Константинович, доктор технических наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет».

Кафедра обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды
им. С.Б. Леонова:

1	Федотов К.В.	профессор д.т.н.,
2	Богданов А.В.	профессор д.т.н.,
3	Верхозина В.А.	профессор д.т.н.,
4	Домрачева В.А.	профессор д.т.н.,
5	Зелинская Е.В.	профессор д.т.н.,
6	Сарапулова Г.И.	профессор д.х.н.,
7	Федотов П.К.	профессор д.т.н.,
8	Барахтенко В.В.	доцент к.т.н.,
9	Бурдонов А.Е.	доцент к.т.н.,
10	Власова В.В.	доцент к.т.н.,
11	Перфильева Ю.В.	доцент к.т.н.,
12	Старостина В.Ю.	доцент к.т.н.,
13	Толмачева Н.А.	доцент к.т.н.,
14	Трусова В.В.	доцент к.т.н.,
15	Фомина Е.Ю.	доцент к.т.н.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Представленная Лучко Максимом Сергеевичем диссертация представляет самостоятельные исследования автора, которые являются завершённым научным трудом, выполненным по специальности 2.8.9. «Обогащение полезных ископаемых».

Актуальность работы.

Отработка большей части вкрапленных месторождений золота сравнительно дешевыми и экологичными гравитационными методами требует повышения эффективности извлечения золота в концентрат из предварительно измельчённого менее 0,1 мм сырья.

В отечественной и зарубежной золотодобыче широкое применение получили отсадочный и центробежные гравитационные методы обогащения, позволяющие эффективно извлекать в концентрат золото средних и мелких классов крупности. Применение на тонкоизмельчённом продукте отсадочных машин ограничено недостаточно высоким извлечением в концентрат ценного компонента мелких классов крупности, а центробежные концентраторы имеют низкую эффективность обогащения при сепарации золотовкрапленных руд.

Учитывая, что большую долю всех золоторудных месторождений составляют тонковкрапленные руды, становится актуальным поиск новых и оптимизация известных гравитационных методов обогащения, в частности, такого как центробежно-отсадочный, позволяющий с необходимым для дальнейших переработок извлечением выводить свободное и связанное золото в концентрат.

Применение центробежно-отсадочного метода обогащения может быть целесообразно при отработке рудных месторождений в циклах предварительного обогащения, для наработки богатого концентрата для

процессов флотации или цианирования, и в качестве контрольного обогащения.

Эффективность обогащения центробежно-отсадочным методом в значительной мере зависит от вещественного состава и крупности сепарируемого материала, формы нахождения золота. При этом управлять качеством получаемых продуктов обогащения при центробежно-отсадочном методе возможно лишь при знании закономерностей влияния технических параметров на показатели процесса, а именно правильности выбора значений технических параметров (частоты вращения отсадочной камеры, амплитуды и частоты пульсации подвижного конуса, расхода подрешетной воды) обогатительного аппарата (центробежной отсадочной машины – ЦОМ).

Вопросами обогащения золотосодержащего сырья и других полезных ископаемых методом отсадки в центробежном поле занимались и занимаются многие отечественные и зарубежные исследователи: Маньков В. М., Лодейщиков В. В., Федотов К.В., Kelsey C.G., Cross D.J., Campbell T.P.

Идея работы – применение комбинации отсадочного и центробежного методов обогащения позволит доизвлекать золото из хвостовых тонкодисперсных золотосульфидных продуктов за счет повышения контрастности свойств сырья и обеспечит его постоянное (непрерывное) и регулируемое извлечение в концентрат.

Цель работы – определение оптимальных технических параметров центробежно-отсадочного метода обогащения для достижения максимальных показателей извлечения полезных ископаемых в концентрат без проведения натурального эксперимента.

Для успешной реализации поставленной цели решались следующие основные задачи:

- анализ современных тенденций в отсадочном и центробежном методах обогащения.
- теоретическое обоснование возможности интенсификации процесса обогащения золотосодержащей руды и песков методом отсадки в центробежном поле.
- разработка конструкции центробежной отсадочной машины.
- разработка математических моделей с целью выявления влияния параметров процессов отсадки в центробежном поле на технические показатели.
- прогнозирование показателей обогащения при изменении регулируемых технических параметров ЦОМ.
- проведение опытно-промышленных испытаний промышленного образца ЦОМ на продуктах обогащения действующих ЗИФ и разработка рекомендаций для усовершенствования существующих технологических схем обогащения золота.
- разработка предложений по применению технологии обогащения золотосодержащих руд с применением отсадочного метода обогащения в центробежном поле в схеме обогащения ЗИФ с оптимизацией регулируемых

технических параметров ЦОМ. Расчет экономического эффекта от внедрения центробежно-отсадочного обогащения.

Объект исследований.

Центробежно-отсадочный метод обогащения.

Предмет исследований.

Регулируемые технические параметры центробежной отсадочной машины, такие как длина хода подвижного конуса, частота колебаний подвижного конуса, частота вращения отсадочной камеры, расход подрешётной воды; их взаимозависимость и влияние на показатели обогащения.

Методология и методы исследования.

Методология исследований опирается на выявление и использование различий в скоростях свободного падения минералов в стеснённых условиях при увеличении контрастности их удельных весов за счёт наложения центробежных сил. В работе использованы данные лабораторных и полупромышленных исследований на отвальных хвостах обогащения ЗИФ «Покровский рудник» и ЗИФ «Высочайший» с последующей разработкой математических моделей на основе полученных данных, позволяющие прогнозировать значения содержания и извлечения ценного компонента в продуктах обогащения центробежной отсадочной машины (ЦОМ) при изменении регулируемых технических параметров.

Методы исследований основывались на изучении влияния регулируемых технических параметров на процесс обогащения в центробежной отсадочной машине. Для решения поставленных задач применён метод регрессионного анализа, позволяющий ранжировать регулируемые технические параметры ЦОМ по степени влияния на процесс обогащения.

Содержание золота в продуктах обогащения ЦОМ определялось пробирно-гравиметрическим и пробирно-атомно-абсорбционными методами.

Достоверность и обоснованность результатов исследований подтверждается использованием аттестованных методов анализа, современных программ и средств измерения, методов статистической обработки данных, сходимостью опытно-промышленных исследований с результатами математического моделирования.

Научная новизна работы.

Установлено, что оптимальные условия сепарации в центробежной отсадочной машине достигаются регулированием значений: центробежной силы (F_c), которая зависит от скорости вращения отсадочной камеры и направлена перпендикулярно к оси вращения отсадочной камеры; противодействующей силе динамического сопротивления среды при стеснённом движении (P), которая возникает посредством создаваемых пульсаций и складывается из частоты (N) и амплитуды (A) возвратно-поступательных колебаний; расхода подрешетной воды (q).

При этом с увеличением центробежной силы извлечение тонких классов золоторудного материала возрастает до определенного предела, после которого происходит избыточное уплотнение отсадочной постели и снижение извлечения золота в концентрат. Для сохранения отсадочной постели в разрыхлённом состоянии необходимо одновременно с увеличением или уменьшением значения F_c соответственно уменьшать или увеличивать значение P .

Разработаны регрессионные математические модели, позволившие определить и ранжировать по степени влияния на процесс обогащения регулируемые технические параметры ЦОМ, выявить корреляционные зависимости между ними и прогнозировать значения извлечения золота в концентрат и хвосты ЦОМ при изменении значений технических параметров.

Практическая значимость работы.

Расширена область применения гравитационного способа извлечения золота. Показана возможность вовлечения хвостовых продуктов золотоизвлекательных фабрик в технологический процесс. Испытания опытно-промышленной модели центробежной отсадочной машины ЦОМ для обогащения хвостов были проведены на ПАО «Высочайший» и АО «Покровский рудник».

Доказана высокая эффективность и технологичность центробежно-отсадочного способа извлечения золота из отвальных хвостов в концентрат ЦОМ. Для ЗИФ АО «Покровский рудник» извлечение золота в концентрат составило 34,5 % при выходе концентрата 26 % и степени концентрации золота 1,3, а для ЗИФ ПАО «Высочайший» извлечение золота в концентрат 35,4 % при выходе концентрата 10,2 % и степени концентрации золота 3,48, что зафиксировано в актах о проведении опытно-промышленных испытаний. Экономически обоснованно применение центробежно-отсадочного метода обогащения при доизвлечении золота из отвальных хвостов действующей ЗИФ «Высочайший» с получением до 35 кг золота в год. Снижение золота в отвальных хвостах составило 0,08 г/т. Расчетный экономический эффект в виде чистой прибыли составит около 80 млн руб. в год.

Разработана, изготовлена и защищена патентом на изобретение модель центробежной отсадочной машины (Патент РФ от 10.10.2011 № 2430784 «Центробежно-отсадочный концентратор»).

Личное участие автора в получении результатов научных исследований, изложенных в диссертации, заключается в постановке цели и задач исследования, обзоре и анализе патентных и научно-технических литературных источников, организации и проведения каждого этапа исследований, разработке промышленного образца центробежной отсадочной машины и её испытаний на действующей фабрике в промышленных условиях, отборе и обработке проб для анализа, выполнении расчётов, анализе и обобщении полученных результатов, и подготовке публикаций и патента на изобретение (в соавторстве).

Основные научные результаты и ценность научных работ соискателя ученой степени.

Наложение центробежной силы на процесс отсадки увеличивает контрастность между удельными весами зерен ценного компонента и пустой породы, а возвратно-поступательные движения подвижного днища позволяют поддерживать постель в разрыхлённом состоянии и осуществлять постоянный и регулируемый вывод в концентрат зерен ценного компонента мелких классов крупности (менее – 0,1 мм).

Разработанные математические модели процесса центробежно-отсадочного обогащения в ЦОМ позволяют прогнозировать выход и извлечение золота в концентрат при изменении регулируемых технических параметров ЦОМ.

Возможность экономически эффективного дополнительного извлечения золота (до 0,8 %) из хвостовых продуктов золотосульфидных ЗИФ при применении центробежно-отсадочного метода обогащения.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на всероссийских и международных научно-технических конференциях: «Оборудование и технологии для обогащения рудных и нерудных материалов» (г. Новосибирск, 11-я международная научно-практическая конференция: международное совещание – 2015 г.), «Россыпная добыча. Проблемы и достижения» (г. Иркутск, Технико-экономическое совещание – 2017 г.), «Технико-экономическое совещание по добыче драгоценных и редких металлов и алмазов» (г. Иркутск, Недра Сибири – 2018 г.), «Инновационные процессы комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья» (г. Апатиты, Плаксинские чтения – 2020 г.), международное совещание «Проблемы комплексной и экологически безопасной переработки природного и техногенного минерального сырья» (г. Владикавказ, Плаксинские чтения – 2021 г.), «Технико-экономическое совещание по добыче драгоценных и редких металлов и алмазов» (г. Иркутск, Недра Сибири – 2022 г.).

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем. Основные положения диссертации в полном объеме опубликованы в 9 работах, в том числе: три статьи – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК. Получен патент РФ на изобретение «Центробежно-отсадочный концентратор».

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 85 наименований. Работа изложена на 129 страницах машинописного текста, содержит 27 рисунков и 24 таблиц.

Статьи из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук

Лучко М.С. Исследование влияния технологических параметров на

обогащение золотосодержащего сырья в центробежной отсадочной машине / М.С. Лучко, П.К. Федотов // Обогащение руд. – 2022. – № 1. – С. 21-26.

Лучко М.С. Применение центробежной отсадочной машины для контрольного обогащения золотосодержащего сырья на ЗИФ / М.С. Лучко // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2022. – № 4. – С. 67-75.

Лучко М.С. Построение и сравнение регрессионных моделей обогащения золотосодержащего сырья в центробежной отсадочной машине / М.С. Лучко, П.К. Федотов, К.Д. Лукьянов // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2022. – № 1. – С. 31-39.

Патенты

Пат. RU 2430784 С2, В03В 5/32, В03В 5/10. Центробежно-отсадочный концентратор / Маньков В.М. Лучко М.С. Патрин С.А. (Россия). – №2009149427/03; заявлено 29.12.2009; Опубл. 10.10.2011.

Другие публикации

Лучко М.С. Новое оборудование для золотодобывающей промышленности / М.С. Лучко, С.А. Патрин // Золотодобыча. – 2014. – № 6. – С. 16-19.

Лучко М.С. Испытания в промышленных условиях центробежной отсадочной машины для гравитационного обогащения руд цветных и благородных металлов / М.С. Лучко, П.К. Федотов // Науки о Земле. – 2019. – № 3. – С. 349-357.

Лучко М.С. Определение технологических параметров, влияющих на интенсификацию обогащения золотосодержащих руд методом отсадки в центробежном поле / М.С. Лучко, П.К. Федотов // Материалы междунар. совещ. «Инновационные процессы комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья («Плаксинские чтения-2020», 21-26 сент., г. Апатиты) – Апатиты, 2020. – С. 250-252.

Лучко М.С. Применение инструментов статистического анализа для обработки данных обогащения золотосодержащего сырья методом отсадки в центробежном поле / М.С. Лучко, П.К. Федотов, Н.Д. Лукьянов // Материалы междунар. совещ. «Проблемы комплексной и экологически безопасной переработки природного и техногенного минерального сырья («Плаксинские чтения-2021», 04-08 окт., г. Владикавказ) – Владикавказ, 2021. – С. 250-252.

Лучко М.С. Применение центробежной отсадочной машины для обогащения минерального сырья на ЗИФ / М.С. Лучко // Материалы технико-экономического совещания «Развитие горнодобывающей промышленности в современных условиях» («Недра Сибири-2022» 30 нояб.-01 дек. г. Иркутск) – Иркутск, 2022. – С. 196-200.

Лучко М.С. Обогащение полезных ископаемых методом отсадки в центробежном поле. Центробежно-отсадочная машина конструкции АО «Иргиредмет» / М.С. Лучко // Сборник научных трудов «Анализ, добыча и переработка полезных ископаемых» (посвящен 150-летию института Иргиредмет) – Иркутск, 2022. – С. 110-119.

Выводы.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления» и соответствует требованиям, установленным пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842.

Диссертация Лучко Максима Сергеевича на тему «Оптимизация процесса обогащения золотосодержащего сырья методом отсадки в центробежном поле» отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования (ФГБОУ ВО) «Иркутский национальный исследовательский технический университет», и является законченной научной-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны.

Диссертация Лучко Максима Сергеевича на тему «Оптимизация процесса обогащения золотосодержащего сырья методом отсадки в центробежном поле» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.8.9 – Обогащение полезных ископаемых.

Заключение принято на заседании кафедры Обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова (ФГБОУ ВО) «Иркутский национальный исследовательский технический университет».

Присутствовали на заседании 15 человек. В голосовании участвовали 15 человек.

Результаты голосования:

«За» – 15 человек; «Против» – нет; «Воздержались» – нет.

Протокол № 4 от 04 декабря 2023 года.

Председательствующий на
заседании,

Зав. каф., профессор, д.т.н.

Секретарь заседания,

Специалист по УМР

Федотов К.В.

Малишевская Е.А.

Подпись

Федотова К.В.

ЗАВЕРЯЮ

Малишевской Е.А.

Общий отдел ФГБОУ ВО «ИРНТУ»

