

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
**ЯКУТСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ЯНЦ СО РАН)**

ул. Петровского, д. 2, Якутск, 677980 Для телеграмм:
Якутск, НАУКА Факс (4112) 350263, 390525
Телефон (4112) 390500, 390503

E-mail: prezidium@prez.vsn.ru

27.09.2024 № 294. - 01-2146/74

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ЯНЦ СО РАН,
член-корреспондент РАН



Лебедев М.П.

2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Института горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук (ИГДС СО РАН) - обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ЯНЦ СО РАН) на диссертационную работу **Лучко Максима Сергеевича** «Оптимизация процесса обогащения золотосодержащего сырья методом отсадки в центробежном поле», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9. «Обогащение полезных ископаемых»

Актуальность для науки и практики.

В настоящее время наблюдается сокращение применения гравитационных методов обогащения при переработке золоторудного сырья. Это связано, в том числе, с постоянно возрастающей тенденцией вовлечения в переработку труднообогатимых, тонковкрапленных золотосульфидных и других типов руд, обогащение которых, известными гравитационными методами, малоэффективно. Применение флотации и цианирования ограничено в связи с тем, что реагенты постоянно возрастают в цене, чему способствует усложнение логистических маршрутов доставки. К тому же применение и утилизация реагентов требует соблюдения строгих правил экологической безопасности.

Разработка и применение гравитационных методов, способных с высокой эффективностью выводить золото в концентрат, пригодный для дальнейшей переработки, является актуальной современной задачей, решение которой позволит не только снизить зависимость от импортного сырья, но и увеличить доходность золотоперерабатывающих предприятий за счет более полного извлечения золота и снижения капитальных и операционных затрат.

Рассматриваемый в диссертационной работе центробежно-отсадочный метод

обогащения, являясь комбинацией двух широко известных гравитационных методов, центробежного и отсадочного, позволяет сепарировать сырьё, содержащее ценный компонент и пустую породу мелких классов крупности, менее 0,1 мм, и с малой разницей удельных весов между ними. Осуществление постоянного и регулируемого по объёму выхода концентрата позволит перерабатывать сырьё со связанным золотом.

Оптимизация процесса обогащения является сложной задачей, решение которой способствует максимально полному извлечению золота из исходного продукта. Разработанные и представленные в диссертационной работе математические модели позволяют оптимизировать процесс обогащения в центробежной отсадочной машине (ЦОМ), прогнозируя технологические показатели обогащения при изменении регулируемых технических параметров работы ЦОМ.

Новизна исследований, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

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 силы динамического сопротивления среды при стеснённом движении (P), которая возникает посредством создаваемых пульсаций и складывается из частоты (N) и амплитуды (A) возвратно-поступательных колебаний; расхода подрешётной 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.

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

Значимость для науки и производства (практики) полученных автором диссертации результатов.

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки заключается в возможности эффективного применения комбинированного центробежно-отсадочного способа обогащения золоторудного сырья, обогащение которого отдельно или только отсадочным и/или центробежным

методами оказалось неэффективным.

Доказана высокая эффективность и технологичность центробежно-отсадочного способа извлечения золота из отвальных хвостов в концентрат ЦОМ. Для ЗИФ ОАО «Покровский рудник» извлечение золота в концентрат составило 34,5 % при выходе концентрата 26 % и степени концентрации золота 1,3, а для ЗИФ ОАО «Высочайший» извлечение золота в концентрат составило 35,4 % при выходе концентрата 10,2 % и степени концентрации золота 3,48, что зафиксировано в актах о проведении опытно-промышленных испытаний. Экономически обосновано применение центробежно-отсадочного метода обогащения при доизвлечении золота из отвальных хвостов действующей ЗИФ «Высочайший» с получением до 35 кг золота в год. Расчётный экономический эффект в виде чистой прибыли составил около 80 млн. руб. в год. Положительным моментом является усовершенствование конструкции ЦОМ в части уплотнения и возможности управления потоками в рабочей камере.

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

Следует отметить **личный вклад автора**, заключающийся в постановке цели и задач исследования, обзоре и анализе патентных и научно-технических литературных источников, организации и проведении 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).

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы:

- при проведении исследований на обогатимость руд и песков, содержащих ценный компонент, обогащение которого возможно гравитационными способами, при проектировании вновь вводимых и реконструкции действующих обогатительных фабрик;

- горно-обогатительными предприятиями при доизвлечении золота в концентрат из отвальных хвостов, действующих ЗИФ;

- в учебном процессе ВУЗов горно-обогатительного профиля и программах повышения квалификации специалистов по обогащению минерального сырья.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов, изложенных в диссертации, подтверждается корректностью постановки задач, использованием аттестованных методов анализа, современных программ и средств измерения, методов статистической обработки данных, сходимостью опытно-промышленных исследований с результатами математического моделирования.

Основные положения диссертационной работы достаточно широко **апробированы** 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, Техничко-экономическое совещание – 2017 г.), «Техничко-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.), «Техничко-экономическое совещание по добыче драгоценных и редких металлов и алмазов» (г. Иркутск, Недра Сибири – 2022 г.).

Замечания по диссертационной работе:

По диссертационной работе имеется ряд замечаний технического характера, наиболее принципиальные замечания следующие:

1. По первому защищаемому положению. Положение записано как: «Наложение центробежной силы на процесс отсадки увеличивает контрастность между удельными весами зёрен ценного компонента и пустой породы, а возвратно-поступательные движения подвижного днища позволяют осуществлять постоянный и регулируемый вывод в концентрат зёрен ценного компонента мелких классов крупности (менее 0,1 мм)».

Наложение центробежной силы не может увеличить контрастность между удельными весами зёрен ценного компонента и пустой породы, но может интенсифицировать процесс сегрегации тяжелых частиц, т.е. возвратно-поступательные движения подвижного днища должны способствовать концентрации тяжелых минералов (ценного компонента) в донной части формирующейся постели с одной стороны и, возможно, выдавливать легкие минералы пустой породы на поверхность постели, с другой стороны, и только потом позволяют осуществлять постоянный и регулируемый вывод в концентрат зёрен ценного компонента.

2. Конструктивные особенности ЦОМ таковы, что генерируемые колебания мембраны передаются в постель отсадочной машины посредством формируемого циклического колебательного движения воды и возможен эффект гашения, на который также возможно влияние вращающегося рабочего органа, особенно это важно, когда снижается амплитуда колебаний нижнего подвижного конуса до 5 мм и увеличивается частота колебаний. Будут ли передаваться эти колебания через воду на конечную точку, на объем постели, вопрос сложный. В диссертации нет информации о сравнительных экспериментах с нулевой амплитудой, т.е. без колебаний нижнего подвижного конуса, по которому можно было бы оценить эффект наложения на постель этих генерируемых колебаний.

3. В диссертации не представлены графические зависимости результатов обогащения от частоты колебаний мембраны, по которым можно было отслеживать имеющиеся закономерности. Имеются ошибки технического характера, например, во второй главе стр. 75, таблица 2.6, перепутаны значения столбцов.

4. Представленные автором математические модели позволяют выявить наиболее значимые режимные параметры извлечения относительно одного типа исходного сырья, отвальных хвостов ЗИФ «Высочайший». Будут ли для других объектов доминировать эти факторы?

5. Нет более подробного анализа при сравнении результатов параллельных испытаний центробежного обогащения на концентраторе СТС-20 с результатами ЦОМ на Покровском руднике, почему уровень извлечения в центробежном концентраторе ниже чем в ЦОМ? Причина в отсутствии только чистой оживающей воды для центробежного концентратора?

Отмеченные замечания не снижают общую положительную оценку теоретических и практических результатов диссертационной работы, хотя имеют принципиальный характер. Полученные автором результаты и выводы полностью приведены в тексте диссертационной работы и в автореферате, который отражает основные положения диссертации.

Основные положения исследований отражены в 10 печатных трудах, в том числе 3 статьи в журналах из Перечня изданий, рекомендованных ВАК РФ; имеется 1 патент РФ, а также публикации в сборниках научных трудов и материалах международных и Всероссийской научно-практических конференций.

Заключение.

Диссертационная работа «Оптимизация процесса обогащения золотосодержащего сырья методом отсадки в центробежном поле» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной научно-практической задачи повышения полноты извлечения золота, заключающейся в научном обосновании и разработке эффективных технологических режимов извлечения золота методом отсадки в центробежном поле.

Диссертация соответствует критериям, установленным пунктами 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции от 26 сентября 2022 г. №1690), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и паспорту специальности 2.8.9 «Обогащение полезных ископаемых», а ее автор Лучко Максим Сергеевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 «Обогащение полезных ископаемых».

Диссертационная работа Лучко Максима Сергеевича «Оптимизация процесса обогащения золотосодержащего сырья методом отсадки в центробежном поле», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9. «Обогащение полезных ископаемых», рассмотрена и коллективно обсуждена на расширенном заседании ученого совета Института горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук - обособленного подразделения ЯНЦ СО РАН с участием сотрудников лаборатории обогащения полезных ископаемых, одно из основных направлений научно-исследовательской деятельности которой соответствует тематике диссертационной работы Лучко М.С.

(Протокол расширенного заседания ученого совета ИГДС СО РАН № 3 от 24.04.2024 г.).

Подготовленный отзыв на диссертационную работу Лучко М.С. доктором технических наук, и.о. заведующего лабораторией обогащения полезных ископаемых ИГДС СО РАН Матвеевым Андреем Иннокентьевичем утвержден в качестве официального отзыва ведущей организации.

Я, Матвеев Андрей Иннокентьевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

И.о. заведующего лабораторией
обогащения полезных ископаемых
ИГДС СО РАН,
доктор технических наук
по специальности
2.8.9 «Обогащение полезных ископаемых».

E-mail: mail@andreimati.ru

Тел. 8(4112)39-00-55



Матвеев Андрей Иннокентьевич

Сведения об организации: Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ИГДС СО РАН), 677980, Россия г. Якутск, пр. Ленина, 43, тел. +7 (4112)335930, e-mail: igds@ysn.ru

Подпись А.И. Матвеева заверяю:

Ученый секретарь ИГДС СО РАН, к.т.н.

М.П.

25 апреля 2024 г.



С.И. Саломатова