

Отзыв
официального оппонента Морозова Юрия Петровича
на диссертацию Сенченко Аркадия Евгеньевича
«Повышение эффективности сепарации золотосодержащего сырья в
центробежных безнапорных концентраторах», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.8.9 Обогащение полезных ископаемых (технические науки)

Актуальность темы

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена необходимостью повышения эффективности гравитационного обогащения, а именно, работы аппаратов центробежного типа для улучшения показателей обогащения золоторудного сырья.

Общая характеристика содержания работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников информации из 102 наименований и трех приложений, изложена на 181 странице машинописного текста, содержит 22 таблицы и 60 рисунков.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна и практическая ценность работы, представлены методология исследования и используемые в работе методы исследования, изложены основные положения, выносимые на защиту, отражена достоверность и обоснованность полученных результатов, личный вклад автора, приведена информация об апробации работы и публикациях автора по теме диссертации.

В первой главе приведен анализ литературных источников по теме диссертации, отражены вопросы теории и практики применения центробежного обогащения, показано, что в настоящее время назрела необходимость теоретического обоснования разделительных процессов, имеющих место в центробежных аппаратах для повышения эффективности их работы.

Во второй главе автор приводит теоретическое обоснование нового комбинированного способа подачи флюидизационной воды через наружную стенку рабочего конуса сепаратора. На основе разработанной автором математической модели получено уравнение для определения силы, действующей на твердую частицу, движущуюся по восходящей спирали вдоль стенки центробежного сепаратора и описать траекторию движения минеральных частиц внутри центробежного сепаратора. Также представлены результаты моделирования движения твердых частиц, описывающие продвижение частиц внутрь кольцевой ячейки с учетом всех факторов, влияющих на процесс: сопротивления несущего потока жидкости; давления флюидизационного потока жидкости, выходящего из ячейки в направлении, противоположном движению

твердой фазы; центробежной силы; размера частиц; их удельного веса; порозности минерального слоя. Введение в уравнение, полученное на основании моделирования переменной составляющей, учитывающей периодическую подачу дополнительного объема флюидизационной воды, позволило получить результаты, объясняющие возможность повышения сепарационных характеристик центробежного обогащения при использовании комбинированного способа подачи флюидизационной воды.

На основании теоретических исследований обоснован оптимальный диапазон изменения порозности, составляющий от 0,4-0,45 и до 0,63-0,65.

Полученные значения этого критерия позволили автору сделать расчет оптимальных параметров потока пульсирующей воды для центробежного сепаратора любого размера. В диссертации в качестве примера такой расчет приведен для конуса сепаратора Knelson KC MD-3. Он выполнен с помощью критериальных уравнений Рейнольдса и Архимеда по методике, предложенной автором работы.

Установлено, что возможно создать оптимальные условия для прохождения самых мелких частиц ценных компонентов вглубь минеральной постели и удержания в ней до момента разгрузки концентрата и тем самым существенно снизить предел крупности разделяемых минералов.

В третьей главе описывается устройство для реализации нового способа подачи флюидизационной воды, разработанное для проведения лабораторных исследований на сепараторах Knelson KC MD-3 и KC MD-7.5.

Представлены результаты экспериментального изучения распределения частиц минералов в постели, формирующейся в кольцевых канавках конуса центробежного сепаратора при подаче флюидизационной воды по традиционному и новому способам. Исследования проводились на концентраторе Knelson KC MD7.5. Доказан механизм стратификации зерен в аппарате. Показано, что добавление пульсирующей подачи воды к постоянному флюидизационному потоку изменяет вид распределения зерен тяжелой фракции по объему минеральной постели в кольцевой ячейке. При добавлении пульсирующего потока тяжелые зерна заполнили значительный объем кольцевой ячейки, проникнув почти до внешней стенки рабочего конуса. Наиболее глубокое проникновение произошло в зоне расположения отверстия для подачи флюидизационной воды, где образовались своеобразные «языки».

Новый механизм разрыхления существенно повышает «емкость» постели в отношении частиц с большим удельным весом. Активно работающая часть минеральной постели составляет не 10–20 %, а до 70–80 % ее объема, что улучшает показатели работы центробежных сепараторов и приводит к сокращению выхода гравитационного концентрата и увеличению содержания в нем ценного компонента без снижения его извлечения.

В четвертой главе приведены результаты практической проверки эффективности нового способа регулирования центробежных концентраторов, выполненной в лаборатории на лежалых хвостах золотосодержащей руды месторождения Бадран, которые подтвердили, что добавление пульсационного потока флюидизационной воды к постоянному потоку приводит к улучшению

показателей гравитационного обогащения.

В пятой главе приведены результаты полупромышленных испытаний нового способа подачи флюидизационной воды, проведенные на золотоизвлекательной фабрике «Бадран», перерабатывающей золотосодержащую руду, которые показали возможность увеличения извлечения ценного компонента в гравитационный концентрат, что позволит получить прирост выпуска золота. Прогнозный (ожидаемый) экономический эффект для ЗИФ «Бадран» может составить 227 млн. руб/год (в ценах 2023 года).

Новизна результатов исследования

1. Разработана математическая модель, описывающая движение минеральных частиц разной крупности, формы и удельного веса в рабочем конусе центробежного сепаратора при флюидизационном способе разрыхления минеральной постели.

2. Теоретически обоснована и экспериментально доказана возможность повышения эффективности сепарационных процессов в минеральной постели рабочего конуса центробежного сепаратора за счет нового способа подачи флюидизационной воды.

3. В качестве фактора регулирования режима работы центробежного концентратора предложено использовать степень разрыхленности минеральной постели рабочего конуса (порозность) в диапазоне от 0,4–0,45 (уплотненное состояние) до порозности 0,62–0,65 (взвешенное состояние).

Практическая значимость работы

Разработан способ управления режимом работы центробежных сепараторов, заключающийся в новом способе подачи флюидизационной воды, предусматривающем сочетание постоянного и пульсирующего потоков (патент на изобретение № RU 2 321 461).

Предложена и реализована новая конфигурация внутренней поверхности рабочего конуса центробежного сепаратора (патент на изобретение № RU 2 278 735).

Показано что применение нового способа подачи флюидизационной воды позволяет повысить содержание золота в гравитационном концентрате на 16 г/т и увеличить извлечение в него золота на 2,1 %.

Обоснованность и достоверность защищаемых научных положений подтверждается сходимостью результатов опытно-промышленных исследований и математического моделирования.

Личный вклад автора состоит в формулировании цели и задач диссертационной работы, создании математической модели, описывающей движение минеральных частиц в рабочем конусе сепаратора, разработке методик изучения минеральной постели с использованием скоростной киносъемки и криогенной заморозки, планировании и проведении лабораторных и полупромышленных испытаний, анализе и обработке полученных результатов, в формулировании выводов и рекомендаций, подготовке публикаций и апробации результатов исследования.

Полнота опубликования результатов диссертационного исследования

Основное содержание диссертационной работы, ее научные положения и выводы отражены в 27 печатных работах, в том числе в 11 работах, опубликованных в журналах из Перечня изданий, рекомендованных ВАК РФ и в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международных реферативных базах данных Scopus, GeoRef, а также в двух патентах на изобретения.

Оформление диссертации и соответствие автореферата содержанию диссертации

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертационным работам. Обладает внутренним единством, материалы изложены научным стилем, ясно, доходчиво, иллюстрированы рисунками, фотографиями, таблицами.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации, полученные результаты, основные положения и выводы.

Вопросы и замечания по работе

1. Требуется пояснения предложенный механизм формирования гравитационного концентрата в центробежном концентраторе.
2. Для экспериментальных зависимостей на рисунках 4.2-4.11 следовало бы привести данные по оценке достоверности полученных результатов.
3. Следует пояснить почему теоретические зависимости критической скорости взвешивания на рисунках 2.11 – 2.13 диссертации имеют различный характер (слабовогнутые и выпуклые).
4. имеются замечания общего характера:
 - один и тот же аппарат часто называется центробежным концентратором и центробежным сепаратором;
 - показатели давления в тексте следовало бы приводить в мегапаскалях в соответствии с международной системой измерения единиц СИ.
 - на рисунке 2.2. показана «схема сил, действующих на частицу», а в названии – «схема движения зерна по стенке»;
 - в названии рисунка 2.10 диссертации указано влияние на критическую скорость взвешивания, а на оси ординат указано отношение критических скоростей;
 - в названии рисунка 2.11 диссертации указана зависимость критической скорости взвешивания, а на оси ординат – скорость сжижения.

Общая оценка диссертации

Диссертационная работа Сенченко Аркадия Евгеньевича на тему «Повышение эффективности сепарации золотосодержащего сырья в центробежных безнапорных концентраторах» 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 горно-перерабатывающей отрасли страны.

Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых (технические науки) и требованиям, предъявляемым к квалификационным работам «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в текущей редакции).

Автор диссертации Сенченко Аркадий Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых (технические науки).

Официальный оппонент
профессор кафедры «Обогащение
полезных ископаемых»
ФГБОУ ВО «Уральский государственный
горный университет»,
доктор технических наук, профессор

Морозов Ю.П.

Даю согласие на обработку своих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета.

Профессор кафедры «Обогащение
полезных ископаемых»
ФГБОУ ВО «Уральский государственный
горный университет»,
доктор технических наук, профессор

Морозов Ю.П.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет» (ФГБОУ ВО «УГГУ»). Адрес, 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д. 30, e-mail: tails2002@inbox.ru; тел.: +7 (343) 283-03-65.

Подпись Морозова Ю.П. заверяю
начальник отдела кадров
ФГБОУ ВО «УГГУ»

Сабанова Т.Б.



«28» мая 2025 г.