

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Фомина Александра
Владимировича «Научное и экспериментальное обоснование технологии гравитационного
разделения гематитсодержащего сырья в потоках малой толщины с использованием
численного моделирования», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.8.9 – Обогащение полезных ископаемых
(технические науки)

Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время для большинства месторождений железосодержащих руд наблюдается тенденция постоянного понижения качества добываемого минерального сырья при одновременной необходимости увеличения объемов и качества получаемых концентратов. В данной связи возникает необходимость развития технологий обогащения, обеспечивающих повышение полноты и комплексности обогащения железных руд и обладающих низкой ресурсоемкостью. Подобная проблема характерна и для железистых кварцитов Заимандровской группы месторождений, руды которых характеризуется постепенным снижением массовой доли железа, а минерально-сырьевая база добывающего их предприятия неуклонно сокращается. Одним из направлений решения этого вопроса является повышение эффективности гравитационного цикла получения гематитового концентрата, который характеризуется высокими потерями тонких фракций ценного минерала с хвостами и низким качеством выделяемого концентрата.

Повышение эффективности разделения тонких фракций руд является важным аспектом совершенствования технологий гравитационного обогащения полезных ископаемых. Возможное направление решения этой задачи заключается в использовании эффекта сегрегации минеральных частиц, которое остается слабоизученным. Использование современных методов численного моделирования позволяет установить новые знания об этом явлении и использовать их для практического применения при разработке технологии обогащения железорудного сырья.

В связи с вышеизложенным диссертационная работа А.В. Фомина, которая посвящена решению проблемы повышения полноты и комплексности обогащения железорудного сырья оптимизацией гравитационного извлечения тонких фракций ценных минералов, является весьма актуальной и решает важную научную и практическую задачу.

Целью исследования является научное обоснование, разработка и апробация способов повышения эффективности выделения тонких фракций гематита из железорудного сырья с использованием винтовой сепарации, обеспечивающих снижение потерь полезного компонента с отвальными хвостами и повышение качества конечного гематитового концентрата.

Основная идея работы заключается в использовании закономерностей сегрегационного разделения минеральных частиц на винтовых аппаратах, установленных на основе численного моделирования, для повышения эффективности обогащения тонких фракций железорудного сырья.

Структура и содержание диссертационной работы

В первой главе диссертации представлен обзор современного состояния исследований по изучению явления сегрегации и практики применения гравитационных

аппаратов для сегрегационного разделения тонких фракций руд. Определены основные виды гравитационных обогатительных методов, в которых проявляется эффект сегрегации минеральных частиц, показано, что на сегодняшний день существует проблема эффективной переработки тонких фракций руд и материалов с их использованием. Приведены результаты ранее проведенных исследований по изучению сегрегации с указанием основных факторов, оказывающих влияние на этот процесс. Установлено, что данное явление до настоящего времени не имеет удовлетворительного теоретического описания.

Отдельный раздел первой главы посвящен анализу литературных источников по применению численного моделирования на базе методов вычислительной гидродинамики для исследований процессов гравитационного обогащения. Показан потенциал численного моделирования для изучения закономерностей этих процессов. Отмечены недостатки ранее разработанных моделей гравитационных аппаратов, связанные с рядом ограничений, упрощений и отсутствием валидации моделей в ряде случаев.

Во второй главе рассмотрена используемая в работе методика численного моделирования гравитационных винтовых обогатительных аппаратов. Приведены основные математические формулировки дифференциальных уравнений, описывающих движение суспензии в рабочем объеме обогатительного оборудования. Рассмотрен метод конечных объемов, позволяющий находить приближенное решение этих уравнений. Представлен разработанный алгоритм моделирования процесса винтовой сепарации с использованием программного комплекса ANSYS.

В третьей главе приведены результаты численного моделирования процессов винтовой сепарации на базе методов вычислительной гидродинамики. С использованием разработанной методики были созданы компьютерные модели винтовой сепарации на примере двух аппаратов различной конструкции. В качестве исходного питания было использовано гематитсодержащее сырье, получаемое при переработке руд Заимандровской группы месторождений.

Автором был выявлен ряд характерных особенностей гидродинамики водного потока на винтовой поверхности аппаратов, показана зависимость скорости жидкости в зависимости от расстояния от центральной части рассматриваемых винтовых аппаратов, а также продемонстрирован эффект поперечной циркуляции в водном потоке малой толщины.

С использованием разработанных моделей определены траектории движения минеральных частиц на винтовой поверхности аппаратов, установлены зависимости их распределения по плотности и крупности в рабочем объеме обогатительного оборудования. Получены прогнозные качественно-количественные показатели разделения исходного питания на винтовых аппаратах, на основании которых автором сделан вывод о перспективности использования данного метода обогащения для выделения гематитового концентрата из рассматриваемого железорудного сырья. Адекватность численного моделирования была подтверждена результатами лабораторных экспериментов.

Особое внимание диссертант уделяет изучению явления сегрегации минеральных частиц при реализации винтовой сепарации. Ввиду малой толщины потока суспензии на винтовой поверхности использование стандартных методов исследований в данном случае крайне затруднено, поэтому в работе применяются методы численного моделирования. Была предложена формула, позволяющая количественно оценить

сегрегацию по плотности на винтовых аппаратах. Установлено, что сегрегация протекает более интенсивно при использовании винтового аппарата с пологим профилем винтового желоба. Показана зависимость эффективности сегрегации от массовой доли твердого в исходном питании.

Четвертая глава диссертации носит прикладной характер и посвящена совершенствованию гравитационной технологии получения гематитового концентрата на обогатительной фабрике Оленегорского ГОКа.

Проведена серия опробований участка получения гематитового концентрата действующего производства. Установлено, что применяемая на обогатительной фабрике технология с использованием отсадочных машин характеризуется высоким уровнем потерь ценного минерала, преимущественно крупностью менее 0,2 мм.

С целью оценки возможности использования винтовых аппаратов в схеме обогащения гематитсодержащего сырья и для повышения извлечения из него тонких фракций гематитового продукта, а также подтверждения результатов численного моделирования были выполнены промышленные испытания винтовой сепарации на участке отсадки. Проведенные технологические испытания подтвердили целесообразность замены отсадочных машин на винтовые аппараты. Установлено, что их использование обеспечивает увеличение объемов выпуска железорудного концентрата за счет повышения извлечения мелких фракций гематита в гравитационном цикле обогащения.

Для дообогащения концентратов и промпродуктов винтовой сепарации было проанализировано несколько различных вариантов схем, различающихся между собой компоновкой и типом используемого оборудования, а также качеством исходного питания. В результате проведенных исследований автором предложена технологическая схема получения гематитового концентрата, которая обеспечивает существенный прирост качества и извлечения ценных компонентов в него. Следует отметить, что на настоящий момент винтовая сепарация уже внедрена на ряде секций обогатительной фабрике.

Научная новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций

Для достижения поставленной цели автором был использован комплекс современных теоретических и экспериментальных методов исследования. В диссертационной работе получены новые научные данные, применение которых позволит повысить эффективность переработки гематитсодержащего сырья методом винтовой сепарации.

1. Автором предложена методика моделирования винтовой сепарации на базе методов вычислительной гидродинамики, которая позволяет осуществлять прогнозную оценку качественно-количественных показателей обогащения, а также исследовать закономерности этого процесса.

2. Выявлена зависимость эффективности процесса сегрегации минеральных частиц от массовой доли твердого в исходном питании и профиля поперечного сечения винтового аппарата.

3. Показано, что повышение качественно-количественных показателей гравитационного обогащения тонких фракций минерального сырья на винтовых аппаратах достигается интенсификацией эффекта сегрегации.

Практическое значение диссертационной работы заключается в разработке и обосновании гравитационной технологии обогащения немагнитной фракции основной магнитной сепарации, получаемой на обогатительной фабрике Оленегорского ГОКа. Выбраны и обоснованы конструктивные параметры винтовых аппаратов, оптимальные режимы разделения винтовой сепарацией, концентрацией на столе, а также рудоподготовки промежуточных продуктов, которые обеспечивают эффективное выделение гематита из исходного питания в получаемый концентрат. Предлагаемые технические решения позволяют повысить качество гематитового концентрата с 45% до 62% по железу общему, а извлечение гематитового железа – на величину около 35%, что в результате обеспечит увеличение объемов получаемого концентрата на уровне 75 тысяч тонн в год.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается большим объемом экспериментальных исследований с использованием известных и апробированных методик, методов анализа и обработки достигнутых результатов, а также применением современного программного обеспечения, оборудования и средств измерения.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на различных представительных международных научных конференциях. Содержание и основные результаты работы отражены в публикациях автора. По теме диссертации опубликовано 16 работ, в том числе 7 статей в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК Минобрнауки РФ.

Замечания и рекомендации по работе

1. Раздел 1.3 обзора литературных источников, посвященный применению методов вычислительной гидродинамики при моделировании обогатительных процессов, содержит всего 3 страницы, следовало бы расширить этот раздел и провести более полный анализ.

2. В разделе 3.1 приведены результаты моделирования свободного и стесненного падения частиц вермикулита, хотя работа посвящена железным рудам. Неясно, почему был выбран данный материал и как эти исследования связаны с основной частью работы?

3. В результате проведенных работ была разработана модель винтовой сепарации на примере двух аппаратов: ВСР-500 и ШВ-500. Почему для моделирования были выбраны эти конкретные сепараторы? Почему не было произведено моделирование других винтовых аппаратов?

4. Из рисунка 3.16 и 3.17 следует, что эффективность сегрегации увеличивает при повышении доли твердого в питании винтовой сепарации, однако выбранный диапазон ограничен значениями 20% и 35%. Неясно, будет ли наблюдаться аналогичная тенденция при дальнейшем повышении содержания твердого в питании?

5. В экономическом расчете автор не обосновывает выбор конкретной модели и производителя винтовых сепараторов (таблица 4.12).

Высказанные вопросы и замечания не снижают значимость и новизну научных положений, общую положительную оценку работы.

Заключение

Диссертационная работа Фомина Александра Владимировича «Научное и экспериментальное обоснование технологии гравитационного разделения гематитсодержащего сырья в потоках малой толщины с использованием численного

моделирования», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует паспорту научной специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых (технические науки)».

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, обладающей внутренним единством, научной новизной и практической значимостью. В работе дано решение актуальной научно-технической проблемы повышения эффективности гравитационного разделения тонких фракций железорудного сырья, имеющей важное значение для развития минерально-сырьевого комплекса и горнoperерабатывающей отрасли промышленности. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

Диссертационная работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с п.9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор – Фомин Александр Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых (технические науки)».



Заведующий технологическим отделом
ФГБУ «ВИМС», к.х.н.

 Ануфриева Светлана Ивановна

«_____» 2022 г.

Подпись Ануфриевой С.И. подтверждаю

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научноисследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГБУ «ВИМС»)

Адрес: 119017, Москва, Старомонетный пер., 31.

Тел.: 8(495)951-50-43. E-mail: anufrieva.05@mail.ru

Список научных работ Ануфриевой С.И.

1. Кыдзы М.В., Астахова Ю.М., Броницкая Е.С., Ануфриева С.И., Гришаев Г.С. Выбор метода комплексной переработки железных руд Серовского месторождения // Разведка и охрана недр. 2019. № 6. С. 31-38.
2. Ануфриева С.И., Кыдзы М.В., Соколова В.Н., Чепрасов И.В., Курков А.В. Комплексные технологии обогащения и переработки бедных труднообогатимых руд черных металлов // Современные тенденции в области теории и практики добычи и переработки минерального и техногенного сырья. Материалы международной научно-практической конференции, приуроченной к 90-летию со дня основания института "Уралмеханобр". 2019. С. 170-173.
3. Броницкая Е.С., Ануфриева С.И., Иванова М.В., Лаптева А.М. Современное состояние и основные направления развития технологии переработки шеелитовых руд // Разведка и охрана недр. 2018. № 6. С. 36-42.
4. Курков А.В., Ануфриева С.И., Лихникович Е.Г., Рогожин А.А. Комплекс современных технологических решений переработки сподуменовых руд // Разведка и охрана недр. 2018. № 9. С. 44-52.
5. Kurkov A.V., Rogozhin A.A., Anufrieva S.I., Likhnikovich E.G. Combined technology for complex rare-metal ores processing // IMPC 2016 - 28th International Mineral Processing Congress. Conferense proceedings. 2016. P. 5198- 5208
6. Курков А.В., Ануфриева С.И., Серегин А.Н. Современные комбинированные технологии - новые возможности переработки руд черных и легирующих металлов // Ресурсосбережение и охрана окружающей среды при обогащении и переработке минерального сырья (Плаксинские чтения 2016). Материалы международной конференции. 2016. С.69-71.
7. Аликберов В.М., Броницкая Е.С., Ануфриева С.И. Перспективы развития железорудной базы Северо-Запада России // Сборник материалов III Международной конференции «Горнодобывающая промышленность Евро-Арктического региона». 2014. С. 54-57.
8. Тигунов Л.П., Ануфриева С.И., Броницкая Е.С., Кривоконева Г.К., Соколова В.Н., Аликберов В.М., Сладкова Г.А., Файнштейн Г.Г., Паровинчак М.С. Современные технологические решения переработки железосодержащих руд Бакчарского месторождения // Разведка и охрана недр. 2010. № 2. С. 37-43.