



ALL-RUSSIAN SCIENTIFIC-RESEARCH INSTITUTE OF MINERAL RESOURCES  
NAMED AFTER N.M.FEDOROVSKY  
FEDERAL STATE BUDGETARY INSTITUTION

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор ФГБУ «ВИМС»

~~д. геол.-минер.~~ наук, профессор

Машковцев Г.А.

«03» февраля 2017 г

### ОТЗЫВ

Ведущей организации – Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГБУ ВИМС) на диссертацию и автореферат Сыса Павла Анатольевича на тему «Повышение селективности обогащения магнетитовых кварцитов на основе применения высокоградиентного сепаратора с низкоинтенсивным магнитным полем», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 «Обогащение полезных ископаемых».

Представленная на рассмотрение диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения, списка использованных источников из 120 наименований, 38 рисунков и 7 таблиц.

Актуальность представленной работы несомненна, поскольку развитие минерально-сырьевой базы железорудного сырья характеризуется непрерывным углублением степени обогащения в связи с постоянно ухудшающимся качеством руд, а также с возрастающими требованиями к железорудным концентратам и окускованным продуктам, что связано с нарастанием объемов развития способа бездоменной металлургии производства стали, требующего применения высококачественных концентратов с минимальным содержанием пустых пород. Эти тенденции в горнодобывающей промышленности являются наиболее

характерными в развитии мировой практики подготовки железных руд к металлургическому переделу.

Современное состояние железорудной промышленности характеризуется значительным дефицитом богатого легкообогатимого магнетитового сырья, интенсивным расходом этих руд, растущими затратами на их добычу, большим объемом горных работ. Истощение запасов богатых руд, наряду с требованием рынка улучшить качество товарной продукции, вынуждает производителей постоянно совершенствовать технологические схемы обогащения сырья. В этих условиях особую актуальность приобретает усовершенствование доводки железосодержащих концентратов наиболее экономичными и экологически безопасными магнитными методами. При получении высококачественных концентратов флокуляция является процессом, препятствующим селективному разделению, и образование ее по возможности нужно контролировать. Для повышения эффективности разрушения флокул и селективности извлечения частиц необходимо обеспечить достаточно высокую частоту магнитного поля ( $> 20$  Гц) и создать такие условия, при которых основным критерием разделения была бы магнитная восприимчивость частиц.

Одним из путей решения данной проблемы является создание новых процессов и аппаратов, позволяющих селективно разделять чистые зерна минералов от сростков с пустой породой и обеспечивающих получение суперконцентратов, повышающих экономическую эффективность работ горного предприятия.

Для достижения поставленной цели автор предложил новый процесс высокоградиентной магнитной сепарации в переменном магнитном поле с низкой напряженностью (ВГСНПП), а также разработал конструкцию аппарата и технологию производства высококачественного концентрата для бездоменной металлургии.

Выбранное направление исследований на наш взгляд весьма перспективно и позволяет с помощью усовершенствования технологии и применения современного оборудования с принципиально новым принципом действия (переменные магнитные поля с низкой напряженностью) решить актуальную задачу повышения эффективности переработки железных руд и способствует вовлечению в процесс обогащения труднообогатимого сырья.

**Научная новизна.** При проведении исследований Сыса П.А. был установлен механизм повышения селективности магнитной сепарации, возникающей в высокоградиентной среде в результате воздействия переменного магнитного поля низкой интенсивности; разработана математическая модель, описывающая новый процесс высокоградиентной сепарации в низкоинтенсивном переменном магнитном поле (ВГСНПП); определены граничные условия и функции распределения частиц по величине удельной магнитной восприимчивости, содержания  $Fe_{общ}$  в исходном питании; впервые изучено теоретически и практически



проверено воздействие переменного магнитного поля на работу матриц различной конфигурации (шаровых и цилиндрических).

Автором дано вполне обоснованное решение возможности применения метода высокоградиентной магнитной сепарации в переменном магнитном поле в доводочных операциях обогащения с целью повышения селективности разделения сильномагнитных частиц, образующих флокулы.

Результаты исследований показали эффективность применения метода ВГСНПМП для доводки железосодержащих концентратов до суперконцентратов на примере Михайловского ГОКа.

Полученные научные результаты содержат новые научные знания и весьма значимы для более глубокого представления о процессах магнитной сепарации железных руд и сопутствующему ему процессу флокуляции.

**Практическая значимость работы.** Практическим результатом работы является определение технологических параметров сепаратора, а также разработка технологического процесса, основанного на применении нового метода - высокоградиентной сепарации в низкоинтенсивном переменном магнитном поле с использованием нового аппарата – сепаратора ВГСНПМП, позволяющего доводить магнетитовые концентраты до содержания  $Fe_{\text{общ}}$  69% и выше по магнитной схеме без использования флотационной доводки.

Результаты диссертационной работы Сыса П.А. рекомендуются к использованию на горно-обогатительных предприятиях, перерабатывающих железные руды, в т. ч. к внедрению на Михайловском ГОКе, где по предложенной технологии может быть получен значительный экономический эффект при одновременном повышении качества продукции, позволяющем запустить на комбинате технологию ГБЖ (горячебрикетированного железа).

Получен патент РФ №2601693 на «Способ сепарации сильномагнитных руд в высокоградиентном переменном магнитном поле».

**Достоверность результатов.** Основные положения и выводы работы представляются вполне обоснованными и подтверждены большим объемом экспериментальных исследований.

Достоверность работы обеспечивается применением современных научно-технических средств и приборов, стандартных методик и подтверждается удовлетворительной сходимостью результатов экспериментальных исследований.

**Личный вклад** Сыса П.А. значителен и состоит в постановке проблемы, анализе современного состояния производства высококачественных магнетитовых концентратов, формулировании задач исследования, установлении механизма гистерезисного взаимодействия материала с переменным полем, создании математической модели процесса ВГСНПМП и конструкции сепаратора ВГСНПМП, планировании и проведении

экспериментов, обработке полученных результатов, формулировании выводов, рекомендаций, защищаемых положений и их доказательстве.

Диссертационная работа хорошо оформлена и написана грамотным техническим языком.

**Апробация работы.** Содержание работы в достаточной мере отражено в автореферате и имеющихся восьми публикациях, в т. ч. в четырех рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Основные положения диссертации были доложены и обсуждальсь на представительных научных конференциях.

**По работе имеются следующие замечания:**

1. Необходимо исследовать зависимость параметров процесса высокоградиентной сепарации в низкоинтенсивном переменном магнитном поле (ВГСНПМП) от частоты приложенного внешнего поля. Желательно было бы выполнить исследования, определяющие этот механизм.

2. Непонятен принцип работы съёмника концентрата (рис. 4.13) Возможно, дезинтеграция шаров будет затруднена остаточной намагниченностью.

3. Сепарационные характеристики (рис. 4.16) сепаратора ВГСНПМП непрерывного действия отображены недостаточно четко. Следует изменить масштаб изображения.

В целом указанные замечания не снижают ценность диссертационной работы, имеющей научную новизну и практическую значимость. Полученные автором данные вносят вклад в изучение теоретических основ магнитных методов обогащения железорудного сырья. Процесс ВГСНПМП описанный в диссертации, открывает новые перспективы развития железорудной отрасли.

Диссертационная работа соответствует требованиям ВАК РФ, а автор работы – Сыса Павел Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 «Обогащение полезных ископаемых».

Диссертационная работа и положительный отзыв ведущей организации рассмотрены на заседании технологической секции Ученого совета ФГБУ «ВИМС» Протокол № 1 от «01» февраля 2017 г.

Зав. технологическим отделом, к.х.н.

\_\_\_\_\_ Ануфриева С.И.

Вед. науч. сотр. технолог. отдела, к.т.н.

\_\_\_\_\_ Броницкая Е.С.

### Список публикаций за 2013-2017 гг.

1. Аликберов В.М., Броницкая Е.С., Пирогов Б.И., Тигунов Л.П., Зублюк Е.В. ОБ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕРАСПРЕДЕЛЕННОГО ФОНДА НЕДР // Разведка и охрана недр. 2013. № 2. С. 57-61.
2. Быстров И.Г., Пирогов Б.И., Якушина О.А. МОРФОСТРУКТУРНЫЕ И КОНСТИТУЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТИТАНОМАГНЕТИТА ЖЕЛЕЗНЫХ РУД ПУДОЖГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ // Геология рудных месторождений. 2015. Т. 57. № 6. С. 546.
3. Иванова М.В., Астахова Ю.М., Сорокин Е.М., Броницкая Е.С., Ожогина Е.Г. ОСОБЕННОСТИ РАСКРЫТИЯ МИНЕРАЛОВ ЖЕЛЕЗА В РУДАХ СЕРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ // Разведка и охрана недр. 2015. № 3. С. 37-41.
4. Иванова М.В., Пирогов Б.И., Броницкая Е.С. ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ВЫСОКОТИТАНИСТЫХ ТРУДНООБОГАТИМЫХ ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫХ РУД ПУДОЖГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОЦЕНКУ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЛЬМЕНИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА // В сборнике: Прогрессивные методы обогащения и комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья Плаксинские чтения - 2014. 2014. С. 501-503.
5. Курков А.В., Ануфриева С.И. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ РУД И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ // В сборнике: Прогрессивные методы обогащения и комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья Плаксинские чтения - 2014. 2014. С. 29-34.
6. Морошкин В.В., Дубинчук В.Т., Ожогина Е.Г., Голиусова И.В., Ануфриева С.И. ОСОБЕННОСТИ РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НИЖНИХ ГОРИЗОНТОВ САРЫЛАХСКОГО ЗОЛОТОАНТИМОНИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2014. № 5. С. 23-27.
7. Пирогов Б.И., Астахова Ю.М., Быстров И.Г., Броницкая Е.С., Иванова М.В. МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОСОБЕННОСТЕЙ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ МАГНЕТИТ-МУШКЕТОВИТ-ГЕМАТИТОВЫХ КВАРЦИТОВ ТОНОДСКОЙ ПЛОЩАДИ В СВЯЗИ С РАЗРАБОТКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИХ ОБОГАЩЕНИЯ // Разведка и охрана недр. 2016. № 10. С. 46-54.
8. Пирогов Б.И., Броницкая Е.С., Астахова Ю.М., Волков Е.С. ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ТИТАНО-МАГНЕТИТОВЫХ РУД МАГМАТИЧЕСКОГО ГЕНЕЗИСА, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ИХ ОБОГАТИМОСТЬ // Разведка и охрана недр. 2013. № 2. С. 47-51.
9. Пирогов Б.И., Быстров И.Г. МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАГНЕТИТ-ИЛЬМЕНИТОВЫХ АССОЦИАЦИЙ ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫХ РУД // В сборнике: Прогрессивные методы обогащения и комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья Плаксинские чтения - 2014. 2014. С. 545-548.
10. Пирогов Б.И., Быстров И.Г. ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТИТАНОМАГНЕТИТА В СВЯЗИ С ОБОГАТИМОСТЬЮ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД МАГМАТИЧЕСКОГО ГЕНЕЗИСА // Разведка и охрана недр. 2015. № 7. С. 49-54.
11. Селиванов Д.А., Быховский Л.З., Емельянов С.А. ОЦЕНКА ГРУППЫ СЛОЖНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЧКАНАРСКОЙ ГРУППЫ ПО КОЛИЧЕСТВЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ // Разведка и охрана недр. 2014. № 1. С. 59-64.
12. Соколова В.Н., Ануфриева С.И., Быховский Л.З., Лихникевич Е.Г., Броницкая Е.С. ТЕХНОГЕННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ - ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ПОЛУЧЕНИЯ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ // В сборнике: Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья Материалы XXI Международной научно-

технической конференции, проводимой в рамках Уральской горнопромышленной декады. 2016. С. 170-174.

13. Соколова В.Н., Лосев Ю.Н., Ануфриева С.И., Сладкова Г.А. ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ ТОНКОДИСПЕРСНОГО МАРГАНЦЕВОГО И ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВОГО СЫРЬЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ // В сборнике: Прогрессивные методы обогащения и комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья Плаксинские чтения - 2014. 2014. С. 228-230.