

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ветюгова Даниила Александровича на тему:  
«Разработка высокоэффективного метода окомкования железорудных концентратов на основе бентополимерных композиций», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых (технические науки)»

Железородная промышленность имеет важнейшее значение для экономики страны, и как справедливо отмечено автором, она обеспечивает сырьем тяжелую промышленность, в том числе машиностроение, строительную отрасль и многие другие промышленные секторы. При этом для поддержания конкурентоспособности на мировом рынке высококачественных железорудных концентратов и окатышей Российским предприятиям требуется постоянно совершенствовать технологический процесс их производства в условиях истощения богатых месторождений и переработки труднообогатимых руд. Несмотря на значительный объем исследований по разработке альтернативного связующего, бентонит остается основным веществом на всех фабриках окомкования железорудных концентратов в России, а разработка высокоэффективного метода окомкования для улучшения качества отечественной железорудной продукции является актуальной задачей.

Поставленная диссертантом цель работы – разработка высокоэффективного нового метода окомкования железорудных концентратов с применением бентополимерных композиций для повышения массовой доли железа в окатышах и снижения содержания в них кремния, модификации структуры, оптимизации гранулометрического состава и прочностных характеристик железорудных окатышей – важна, актуальна и своевременна. Сформулированы плодотворная идея, заключающаяся в создании и использовании рациональных составов бентополимерных композиций, позволяющих снизить расход бентонита, повысить качество железорудных окатышей по содержанию железа и кремния и улучшить их физические и механические свойства, что обеспечит технологическое преимущество и экономическую эффективность работы железорудных горно-обогатительных комбинатов, и конкретные задачи исследований. Объектами исследований являлись процессы окомкования железорудных концентратов с применением бентополимерных композиций различного состава. Предметы исследований: физико-химические свойства железорудных концентратов, бентонитовых глин и созданных на их основе бентополимерных композиций, технологические параметры процесса окомкования, физико-химические, физические и механические свойства железорудных окатышей, полученных с применением бентополимерных композиций различного состава.

При выполнении работы автором использованы современные физико-химические методы экспериментальных исследований и соответствующее оборудование. Исследования проводились

на трех железорудных концентратах (Михайловского ГОКа им. А.В. Варичева, Стойленского ГОКа, Соколовско-Сарбайского ГПО), бентонитах трех месторождений (10-й Хутор, Даш-Салахлинское, Таганское) и трех полимерных добавках (полианионная целлюлоза, ксантановая камедь, полиакриламид). Для железорудных концентратов определен их минералогический состав, выявлены особенности их переработки и качества. Изучены бентониты, применяемые в текущем производстве, способы их активации и их влияние на качество окатышей. Приведены способы получения бентополимерных композиций (БПК), их физико-химические свойства и влияние на процесс окомкования с последующей оценкой качества окатышей, определяемого гранулометрическим составом, прочностью на сжатие и на удар, химическим составом, а также комплексом металлургических свойств.

Методы исследований шихтовых материалов включали: определение удельной поверхности на аппаратах ПСХ и Блейна, скорости капиллярного всасывания и радиуса капилляра в слое концентрата, изменение краевого угла смачиваемости поверхности магнетита при увеличении концентрации связующего на приборе DSA25 (KRUSS), определение индекса набухания, набухаемости и эффективной вязкости связующего. Фазовый состав порошкообразных образцов БПК определяли на дифрактометре AXRD (Proto manufacturing, Canada) с использованием программного комплекса Jade 6 (Material Data Inc.) и базы данных PDF-2, 2003 г. ИК-спектроскопию образцов БПК проводили с использованием ИК-спектрометра Spectrum One FT-IR (Perkin Elmer Inc., USA) с полупроводниковым детектором InGaAs.

Выполненные диссертантом исследования позволили установить новые научные закономерности и явления, позволившие:

- впервые получить новые научные данные о механизме формирования высококачественных железорудных окатышей с применением новых бентополимерных композиций на основе бентонитовой глины, полиакриламида, высоковязкой полианионной целлюлозы и ксантановой камеди;

- впервые установить механизм действия ксантан-модифицированной бентонитовой глины, заключающийся в формировании пластичной структуры сырых окатышей за счет повышения реологических свойств связующего благодаря внутримолекулярным взаимодействиям и электростатическому отталкиванию между слоями полимера и монтмориллонита;

- с использованием бентополимерной композиции БПК-1А достигнут максимальный эффект, позволяющий формировать структуры окатышей с меньшей степенью оплавленности, перераспределению эквивалентных диаметров пор с увеличением в 2 раза количества мелких пор

(до 1 мкм) по сравнению с базовым связующим бентонитом и обеспечивает повышенные металлургические свойства готовых окатышей;

– разработать новый состав бентополимерных композиций, обеспечивающий повышение эффективной вязкости связующего более чем на 50%, что приводит к увеличению выхода контрольного класса крупности сырых окатышей -12.5+10 мм в процессе окомкования.

Следует отметить практическую значимость выполненной автором работы и полученных закономерностей, в том числе:

– разработан способ окомкования железорудных концентратов с применением бентополимерной композиции БПК-1А, обеспечивающий повышение качества железорудных окатышей за счет увеличения содержания Fe на 0.2% и снижения содержания SiO<sub>2</sub> на 0.19% при снижении на 30% расхода бентонита и улучшения прочностных характеристик сырых окатышей по сравнению с базовыми показателями при использовании бентонита;

– предварительными расчетами показана экономическая эффективность от внедрения новой технологии за счет снижения потребления бентонита и повышения качества железорудных окатышей, что повысит производительность доменных печей и снизит расход кокса.

Ожидаемый экономический эффект от применения бентополимерной композиции БПК-1А при производстве железорудных окатышей Стойленского ГОКа за счет снижения расхода бентонита, увеличения выхода чугуна и снижения расхода кокса составит 1.58 млрд. руб. в год.

По автореферату имеются замечания:

1. В работе автором на основе комплекса исследований установлен механизм действия ксантан-модифицированной бентонитовой глины, заключающийся в формировании пластичной структуры сырых окатышей за счет повышения реологических свойств связующего благодаря внутримолекулярным взаимодействиям и электростатическому отталкиванию между слоями полимера и монтмориллонита. Если по электростатическому отталкиванию между слоями полимера и монтмориллонита всё достаточно очевидно, то на внутримолекулярных взаимодействиях автору следовало остановиться более подробно.

2. В таблице 4 на стр. 14 автореферата следовало бы кроме обозначения характеристик обожженных окатышей указать названия и единицы измерения значений этих характеристик.

Указанные замечания носят характер рекомендаций и уточнений, не снижая научной ценности и практической значимости представленных в диссертационной работе результатов.

В целом работа содержит новые научные результаты и имеет практическое значение. Ее содержание достаточно полно отражено в 12 научных работах, в том числе: в 3 рекомендованных

ВАК РФ изданиях, в 3 журналах, индексируемых в WOS и Scopus, в 2 зарубежных изданиях, 7 в материалах российских и международных конференций.

С учетом вышесказанного считаем, что диссертация Ветюгова Даниила Александровича на тему: «Разработка высокоэффективного метода окомкования железорудных концентратов на основе бентополимерных композиций», представленная к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых (технические науки)» отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Ветюгов Даниил Александрович – заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых (технические науки)».

Главный научный сотрудник лаборатории обогащения  
полезных ископаемых и технологической экологии  
ИГД СО РАН, заведующий лабораторией, д.т.н.

 С.А. Кондратьев

Ведущий научный сотрудник лаборатории  
обогащения полезных ископаемых и технологической  
экологии ИГД СО РАН, д.т.н.

 05.03.2026  
В.И. Ростовцев

Подписи С.А. Кондратьева и В.И. Ростовцева ЗАВЕРЯЮ:

Ученый секретарь ИГД СО РАН, к.т.н.

 К.А. Коваленко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела  
им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (ИГД СО РАН)  
Телефон: 8 (383) 205-30-30; E-mail: mailigd@isd.ru

