

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.096.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ
КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР ИМ. АКАДЕМИКА
Н.В. МЕЛЬНИКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «17» марта 2026 г. № 2

О присуждении Ветюгову Даниилу Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка высокоэффективного метода окомкования железорудных концентратов на основе бентополимерных композиций» по специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых (технические науки)» принята к защите «16» декабря 2025 г. (протокол заседания № 5) диссертационным советом 24.1.096.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, 111020, Москва, Крюковский тупик, д.4, утвержденным приказом Рособнадзора от 21.05.10, № 1030-391 и измененным в соответствии с приказом Минобрнауки 1025/нк от 21.10.2025.

Соискатель Ветюгов Даниил Александрович, «03» октября 1997 года рождения, в 2021 году окончил «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС) по специальности 21.05.04 Горное дело, присвоена квалификация горный инженер (специалист), в 2025 году окончил очную аспирантуру Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН) по направлению 2.8 Недропользование и

горные науки, научная специальность 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых. В настоящее время работает технологом по переработке минерального сырья в ООО «Бентонит Хакасии».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук от «12» мая 2025 года.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук.

Научный руководитель – Матвеева Тамара Николаевна, доктор технических наук, заведующий отделом «Проблем комплексного извлечения минеральных компонентов из природного и техногенного сырья» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Пелевин Алексей Евгеньевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых Уральского Государственного Горного Университета.

Опалёв Александр Сергеевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории № 32 Новых технологических процессов и аппаратов, заместитель директора по научной работе Горного института ФИЦ КНЦ РАН.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС) в своем положительном отзыве, подписанном Конюховым Юрием Владимировичем, доктором технических наук, доцентом, заведующим

кафедрой обогащения и переработки полезных ископаемых и минерального сырья, указала, что диссертация обладает научной новизной и практической значимостью и отвечает требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук в соответствии с п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842. Автор диссертационной работы, Ветюгов Даниил Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 - «Обогащение полезных ископаемых (технические науки)».

Соискатель имеет 12 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе в рекомендованных ВАК РФ изданиях – 3, в журналах, индексируемых Scopus – 3, в зарубежных изданиях – 2, в материалах российских и международных конференций – 7.

В опубликованных научных работах соискателя приводятся результаты экспериментальных исследований новых составов бентополимерных композиций (БПК) для использования в качестве связующего в процессе окомкования железорудных окатышей из железорудных концентратов разной глубины обогащения: с содержанием Fe = 65÷71% (Стойленский ГОК, Михайловский ГОК им А.В. Варичева, Соколовско-Сарбайское ГПО). Анализ полученных по результатам лабораторных испытаний характеристик сырых и высушенных окатышей, включал определение массовой доли влаги, прочность на сжатие, прочность на удар, также фиксировалось изменение степени комкуемости (выхода контрольного класса) и пористости готовых окатышей. Показано, что использование эффекта от смешения бентонита и полимерных добавок на связующие свойства бентополимерных композиций позволяет повысить качество железорудных окатышей по содержанию железа и снижению содержания кремния, улучшить их прочностные характеристики и снизить расход бентонита. Влияние применения БПК на металлургические свойства готовых окатышей оценивалось определением комплекса металлургических свойств, включающего индекс

низкотемпературного разрушения LTD, восстановимость, температурный интервал размягчения-плавления (ТИРП). Совокупность полученных данных позволила определить наиболее оптимальные составы бентополимерных композиций и их расход в шихту на окомкование. Установлена принципиальная возможность снижения расхода связующего при сохранении качественных характеристик окатышей и модификации их структуры при использовании БПК в качестве связующего.

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

Наиболее значимые научные работы (научные статьи) по теме диссертации:

1. Ветюгов Д.А., Матвеева Т.Н. Экспериментальное исследование процесса окомкования доизмельченного железорудного концентрата Стойленского ГОКа с применением новых составов бентополимерных связующих // Черные металлы. 2023. № 3. С. 4-10. doi: 10.17580/chm.2023.03.01

2. Ветюгов Д.А., Матвеева Т.Н. Применение ксантановой камеди в составе бентополимерного связующего при окомковании железорудного концентрата // Черные металлы. 2024. № 5. С. 4-9. doi: 10.17580/chm.2024.05.01

3. Vetyugov D.A., Matveeva T.N. The application of a bentopolymer composition as a binder to improve the metallurgical properties of iron ore pellets // CIS Iron and Steel Review. Vol. 29 (2025), pp. 28-32. doi:10.17580/cisirs.2025.01.05

4. Vetyugov D.A., Matveeva T.N. Research for Industrial Application of Bentonite-Polymer Material in Ferrous Metallurgy // Recent Advances in Montmorillonite. Chapter 6. Edited by G. M. Do Nascimento. IntechOpen. 2024. PP. 87-101. doi:10.5772/intechopen.1005393.

5. Рожкова О.В., Ковалева О.О., Лебедева В.И., Ветюгов Д.А., Рожков В.И. Исследование процесса окомкования высококачественного

железородного концентрата с применением новых связующих добавок // Вестник КазУТБ, т.2, вып. 27. <https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-954>

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов: к.т.н Берсенев И.С. и к.т.н Брагин В.В., к.х.н. Бортников С.В., д.т.н. Кондратьев С.А. и д.т.н. Ростовцев В.И., к.т.н. Николаева Н.В., к.т.н. Пигарев С.П., к.т.н. Раджабов М.М., д.т.н. Федотов К.В., д.т.н. Шумилова Л.В.

В отзывах дана положительная оценка диссертационной работы, отмечается актуальность выбранной темы, новизна и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако в отзывах содержатся следующие вопросы и замечания:

- к.т.н. Берсенев И.С. и к.т.н. Брагин В.В.:

1. С начала 2000-х годов было выполнено значительное количество работ, посвященных выявлению роли связующих (в том числе комплексных: минерально-органических, бенто-полимерных, интерполимерных и т.д.) в формировании структуры и металлургических свойств окатышей (например, защищены диссертационные работы В.Е. Мальцевой, Д.Ю. Усольцева, А.В. Шаврина, Н.Н. Копотя, Р.М. Вайнштейна). К сожалению, автор не указал в автореферате отличия выявленных им при исследовании эффектов и механизмов процессов от ранее полученных другими авторами. Такие сентенции были бы полезны как с точки зрения позиционирования достигнутых результатов в научной среде, так и для общего развития отрасли за счет переосмысления дискуссионных аспектов технологии.

2. В разделах автореферата «Цель работы» (с.3) и в итогах литературного обзора (с.8) постулируются различные цели разработки технических решений: повышение качества окатышей – в первом случае, и снижение расхода бентонита – по итогам литобзора. Если оценивать постановку задачи исследования как результат обзора современной научно-технической литературы (т.е. они должны быть идентичны), то такое рассогласование может быть вызвано неудачной корректурой автореферата,

кроме указанного, есть еще опечатки, например на стр.7, что имеет, вероятно, ту же причину.

3. В автореферате указано (с.12), что добавка полимера повышает эффективную вязкость во всех исследованных случаях, а набухаемость растет только при использовании ксантановой камеди. Известно, что эффективная вязкость улучшает прочность окатышей в сыром состоянии, а набухаемость – в высушенном (описание природы такого явления приведено в работе [Сталь, 2025 №10, с.2-8]). Экспериментальные данные подтверждают это: использование ксантановой камеди повышает качество сырых и высушенных окатышей (стр.12), а использование других добавок (стр.15) – позволяет улучшить только сырые окатыши, а прочность высушенных снижается относительно базового варианта. В чем причины выбора для промышленных испытаний БПК-1А (а не БПК-4Х), если один из параметров качества окатышей снижается?

4. В автореферате указано, что оптимальной является дозировка БПК-1А 7кг/т, обеспечивающая наилучшие показатели LTD и восстановимости. Однако, при снижении расхода связующего до 6 кг/т наблюдается еще более высокая восстановимость (88,14%). Чем вызван выбор дозировки 7 кг/т в качестве оптимальной, если ключевой целью является улучшение металлургических свойств? Какая иерархия (приоритетность) свойств была выбрана и почему?

- к.х.н., доцент Бортников С.В.

К недостаткам автореферата можно отнести недостаточное освещение влияния бентополимерных композиций на экологические аспекты производства окатышей, а также отсутствие подробного анализа экономических рисков при внедрении новой технологии в различных регионах России.

В качестве рекомендаций предлагаю:

- расширить исследования по влиянию разработанных бентополимерных композиций на экологические показатели процесса окомкования;

- провести дополнительные промышленные испытания на других предприятиях для подтверждения универсальности технологии;

- рассмотреть возможность использования отечественных полимерных добавок для снижения зависимости от импортных материалов.

- д.т.н. Кондратьев С.А. и д.т.н. Ростовцев В.И.:

1. В работе автором на основе комплекса исследований установлен механизм действия ксантан-модифицированной бентонитовой глины, заключающейся 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 все 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.

- к.т.н., доцент Николаева Н.В.

1) Не рассмотрен вопрос о происхождении органических компонентов для получения БПК, соответствует ли качество продуктов отечественного производства веществам, рассмотренным в работе.

2) В автореферате представлены значения комплекса показателей (восстановимость, металлизация, индекс низкотемпературного разрушения и др.), однако было бы полезно дополнительно сопоставить полученные характеристики с действующими нормативными требованиями и типовыми значениями для промышленно применяемых DR- и BF- окатышей.

- к.т.н. Пигарев С.П.

Рекомендации к диссертационной работе. Продолжить исследования в области связующих добавок для процесса окомкования, углубиться в механизмы влияния конкретных марок полимеров. Важно продолжить разработку БПК для окатышей под прямое восстановление – задачей будущих исследователей может стать поиск способа устранения явления чрезмерного увеличения скорости восстановления окатышей в печи прямого восстановления при применении БПК.

- к.т.н. Раджабов М.М.:

1. В положениях, выносимых на защиту, и в заключении указаны различные диапазоны диаметров «мелких пор»: в одном случае «до 1 мкм», в другом – «0,1-0,3 мкм». Рекомендуется привести данные к единому знаменателю.

2. В литературном обзоре упомянуты работы зарубежных исследователей (Sivrikaya O., De Moraes S.L., Zhang X.), однако отсутствует сравнительный анализ зарубежных практик использования полимерных связующих, что позволило бы оценить конкурентоспособность разработанных БПК.

- д.т.н. Федотов К.В.:

1. В автореферате отсутствует информация о методологии и применяемых методах исследований в процессе выполнения работы.

2. В автореферате не указано проводилась ли данная работа в рамках выполнения госзадания, грантов, по заказу предприятий или в инициативном порядке.

3. Почему при снижении расхода бентонита в композиции увеличивается эквивалентный диаметр (таблица 1 автореферата) и снижается доля влаги сырых окатышей?

- д.т.н. Шумилова Л.В.:

1. Бентополимерные композиции обладают рядом отрицательных свойств: высокая стоимость и дефицитность полимеров, низкая

термостойкость, горючесть, старение под действием УФ-излучения и кислорода, ограниченная химическая стойкость к некоторым средам, учитывались ли они в данной работе?

2. Наблюдалось ли в процессе исследований трещинообразование при твердении бентополимерных окатышей?

3. Как учитывались факторы, влияющие на безопасность БПК: чистота компонентов (наличие примесей, например, остаточного акриламида в полиакриламиде, может повысить токсичность композиции); неправильное хранение или нарушение технологии производства могут привести к деградации полимеров и образованию токсичных продуктов; концентрация компонентов?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высоким уровнем их компетентности в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей области исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Установлен механизм взаимодействия ксантан-модифицированной бентонитовой глины с концентратом, заключающийся в формировании пластичной структуры сырых окатышей за счет повышения реологических свойств связующего благодаря внутримолекулярным взаимодействиям и электростатическому отталкиванию между слоями полимера и монтмориллонита.

– Разработан новый состав бентополимерных композиций (БПК) на основе высококачественных бентонитовых глин и синтетических полимеров: - полиакриламида; - высоковязкой полианионной целлюлозы; ксантановой камеди, обеспечивающих повышение эффективной вязкости связующего более чем на 50%.

– С использованием БПК-1А сформирована структура окатышей с меньшей степенью оплавленности, отмечено перераспределение

эквивалентных диаметров пор с увеличением в 2 раза количества мелких пор (0,1-0,3 мкм) по сравнению с базовым связующим бентонитом.

– Разработан способ окомкования железорудных концентратов с применением БПК-1А, обеспечивающий повышение содержания Fe на 0,2%, снижение содержания SiO₂ на 0,19% в готовых окатышах при снижении на 30% расхода бентонита в процесс окомкования.

– Технологическая возможность использования бентополимерной композиции БПК-1А в качестве связующего при производстве железорудных окатышей подтверждена успешными опытно-промышленными испытаниями на Стойленском ГОКе.

Научное значение работы заключается в обосновании механизма формирования высококачественных железорудных окатышей с применением новых бентополимерных композиций на основе бентонитовой глины, полиакриламида, полианионной целлюлозы и ксантановой камеди что позволило разработать эффективный метод окомкования железорудных концентратов.

Практическое значение работы заключается в разработанном способе окомкования железорудных концентратов с применением БПК-1А, обеспечивающем повышение качества железорудных окатышей за счет увеличения в них содержания Fe на 0,2 % и снижения содержания SiO₂ на 0,19 % при снижении на 30 % расхода бентонита. Экономический эффект от внедрения новой технологии ожидается за счет снижения потребления бентонита и повышения качества железорудных окатышей. Улучшение металлургических свойств окатышей повысит производительность доменных печей и снизит расход кокса.

Обоснованность научных положений и выводов, представленных в работе, подтверждается использованием современных физико-химических методов исследований, непротиворечивостью полученных результатов и выводов.

Достоверность научных результатов обеспечивается использованием

сертифицированного оборудования, современных средств и методик проведения исследований. Подтверждается согласованностью выводов теоретического анализа и данных экспериментов, воспроизводимостью результатов лабораторных испытаний.

Личный вклад автора заключается в постановке целей и задач исследований, выборе методик, постановке лабораторных экспериментов и их проведении с последующим произведением необходимых расчётов и обоснованием выводов. Таким образом, основные положения, выносимые на защиту, принадлежат автору работы.

Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных исследований предложен научно обоснованный высокоэффективный метод окомкования железорудных концентратов на основе бентополимерных композиций, обеспечивающий повышение качества конечной продукции железорудных горно-обогатительных комбинатов при снижении расхода связующего в процесс окомкования, что приведет к повышению эффективности плавки окатышей в доменных печах, и имеет существенное значение для развития железорудной промышленности.

На заседании «17» марта 2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Ветюгову Даниилу Александровичу ученую степень кандидата технических наук за научно обоснованные технологические решения по применению новых составов бентополимерных композиций в процессе окомкования железорудных концентратов, обеспечивающие повышение массовой доли железа и снижение содержания кнемнезема в готовых железорудных окатышах, что приводит к снижению расхода кокса и в целом себестоимости производства чугуна и стали, имеющих существенное значение для железорудной отрасли.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 10 докторов наук по специальности 2.8.9, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета,

