

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ОАО «ВИОГЕМ»
кандидат технических наук
С.С. Серый



2023 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Куренкова Дмитрия Сергеевича на тему:

«Инженерно-геологическое обоснование формирования хранилищ
предварительно обезвоженных отходов обогащения железистых кварцитов»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.8.3 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология,
геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»

Актуальность работы

На современном этапе развития науки и техники наблюдается трансформация горнодобывающей отрасли в сторону экологизации производства, связанная с необходимостью сохранения природных ресурсов, снижения рисков аварийных ситуаций на опасных объектах и общего повышения эффективности производственных процессов без нарушения экологического равновесия. При обогащении твердых полезных ископаемых генерируется масса дисперсных отходов – хвостов, складирование которых является причиной образования гигантских техногенных массивов, содержащих хвосты в количестве десятков и сотен миллионов тонн. Зачастую такие массивы находятся в водонасыщенном состоянии и могут перейти в неустойчивое состояние при незначительном изменении внешних условий, особенно это актуально для отходов обогащения магнитных железных руд. Следствием нарушения устойчивости или разрушения таких объектов может стать масштабное затопление прилегающих территорий с миллиардными убытками и человеческими жертвами.

В настоящее время технологии предварительной подготовки пульп обогатительных предприятий перед их выпуском в хвостохранилища приобретают все большую значимость при освоении месторождений рудных полезных ископаемых. К таким технологиям, в первую очередь, можно отнести те, которые направлены на изменение свойств материалов перед складированием, позволяющие повысить их прочностные свойства. В этом направлении можно выделить сгущение пульп или их обезвоживание до состояния, обеспечивающее

отходы обогащения свойствами сыпучих тел. Формирование техногенных массивов из материала, обладающего низким значением влажности, имеет ряд преимуществ: снижение водонасыщенности отложений, более плотная укладка материала, уменьшение материалоемкости при строительстве защитных дамб, общее повышение экологической безопасности отвальных работ в результате большей устойчивости необводненных массивов.

Создание наиболее рациональных способов предварительной обработки хвостов и их транспортирования в хранилища требует проведения исследований минералогического и гранулометрического состава, определения физико-механических свойств формируемых отложений, а также изучения факторов, определяющих поведение массивов и устойчивость их откосов во времени. Поэтому работа, направленная на разработку и обоснование инженерно-геологического обеспечения формирования хранилищ предварительно обезвоженных отходов обогащения железистых кварцитов, является актуальной и современной задачей.

Структура работы и оценка содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, 1 приложения и списка использованных литературных источников из 292 наименований, содержит 98 рисунков и 31 таблицу.

Диссертационная работа хорошо структурирована, содержит комплекс экспериментальных и аналитических данных, полностью подтверждающих полученные автором результаты и выводы на их основе, имеет достаточно иллюстраций и табличных материалов, дополняющих текстовую часть.

Во **введении** четко сформулированы актуальность работы, ее цель, основные научные положения, их обоснованность и достоверность, новизна и практическая значимость результатов исследований.

Первая глава содержит анализ технологий складирования отходов горно-обогатительного производства и инженерно-геологического обеспечения формирования их хранилищ. В данной главе обосновывается актуальность исследования; рассмотрены причины и последствия разрушения отвалов горных пород и хвостохранилищ; дается обзор технологий формирования хранилищ, способов предварительного обезвоживания хвостов обогащения и их транспортирования; проанализированы методы получения информации о состоянии техногенных массивов посредством мониторинга; формулируются задачи исследования.

Вторая глава посвящена выявлению основных природных и технологических факторов, влияющих на устойчивость откосов и вместимость хранилищ отходов переработки железорудного сырья. В процессе исследования

доказано, что состояние хранилищ отходов обогащения железистых кварцитов и их вместимость преимущественно зависит от рельефа, климатических особенностей региона, физико-механических свойств хвостов и отложений оснований, степени водонасыщенности складываемых материалов, геометрических параметров массива. Построенные компьютерные модели хранилищ показывают, что укладка глубоко обезвоженных хвостов способствует увеличению вместимости хранилища на 10,02 % с сокращением занимаемой площади на 44,03 %, при этом также снижается объем земляных работ по возведению ограждающих дамб в 1,50-4,25 раз. Расчеты устойчивости одноярусных, двух- и четырехъярусных хранилищ, сложенных хвостами с влажностью 10 %, позволили определить максимальные углы откосов, высоту и конфигурацию массивов, при которых коэффициенты запаса устойчивости выше предельного нормативного значения.

В третьей главе автор преимущественно исследует процессы классификации, сгущения и обезвоживания отходов обогащения железистых кварцитов. Проведенный анализ существующих устройств, в которых возможно разделение жидкой и твердой части пульпы, показал перспективность применения вибрационных аппаратов для эффективного обезвоживания хвостов исследованных железных руд. Выбор типа вибрационной машины для решения задачи глубокого обезвоживания хвостов, ее модернизация, определение эффективных режимов работы оборудования, обеспечивающих высокую производительность процесса, позволили обосновать технологические схемы и технические средства, способствующие экономному использованию земельных ресурсов, стабильному функционированию хвостового хозяйства и высокий уровень экологической безопасности при формировании хранилищ предварительно обезвоженных отходов обогащения железистых кварцитов.

В четвертой главе приведены результаты систематизации различных инженерно-геологических, геотехнологических и геологических классификаций экзогенных процессов и развития горно-геологических явлений (ГГЯ) в техногенных массивах горных предприятий и естественных склонах. Это позволило выделить наиболее вероятные негативные ГГЯ в массивах отходов переработки железорудного сырья и разработать их классификацию. Предложена типизация факторов возникновения и активизации ГГЯ, основанная на скорости изменения контролируемых показателей, что позволило дать рекомендации о периодичности сбора инженерно-геологических и гидрогеологических данных о свойствах массивов и грунтов оснований хранилищ отходов переработки железорудного сырья. В итоге была разработана система мониторинга состояния хранилища глубоко обезвоженных отходов обогащения железистых кварцитов, в

которой получение требуемой инженерно-геологической и гидрогеологической информации осуществляется с необходимой и достаточной периодичностью.

В **заключении** изложены основные выводы и результаты диссертационной работы, имеющие важное значение для обеспечения эффективности и безопасности формирования и эксплуатации хранилищ предварительно обезвоженных отходов обогащения железистых кварцитов.

Новизна результатов исследований, выводов и рекомендаций

При выполнении диссертационного исследования автором были проведены аналитические и экспериментальные работы, получены новые данные о характеристиках и свойствах отходов обогащения железистых кварцитов, созданы рациональные технологии предварительной подготовки хвостов к складированию и формирования хранилищ. Исследования впервые позволили:

- определить основные природные и технологические факторы, учет которых дает возможность уменьшить объемы возводимых ограждающих дамб и сократить площадь нарушаемых территорий;

- установить зависимости изменения коэффициента запаса устойчивости массива, сформированного глубоко обезвоженными отходами обогащения железистых кварцитов, от показателей их свойств, в том числе степени водонасыщенности, и геометрических параметров хранилища;

- разработать технологические схемы формирования хранилищ отходов обогащения железистых кварцитов на основе их предварительного глубокого обезвоживания с использованием вибрационных установок и последующего складирования конвейерным транспортом с применением технологии послойной укладки или укладки «по склону»;

- разработать классификацию горно-геологических явлений в откосных сооружениях, сложенных отходами переработки железорудного сырья;

- обосновать структуру и состав системы мониторинга состояния хранилищ предварительно обезвоженных отходов обогащения железистых кварцитов на основе четырехуровневой типизации характеристик контролируемого горнотехнического объекта.

Практическая значимость полученных результатов и рекомендации по их дальнейшему использованию

Практическая значимость заключается в следующем:

- определены оптимальные формы рельефа при формировании хранилищ отходов обогащения железистых кварцитов с учетом их различной влажности для условий АО «Карельский окатыш»;

- на 10 % увеличена вместимость хранилища отходов обогащения железистых кварцитов благодаря послойной укладке или укладке «по склону» хвостов со

средней весовой влажностью 10 % после их предварительного глубокого обезвоживания в вибрационной установке;

– разработана структура и состав системы мониторинга состояния хранилищ предварительно обезвоженных отходов обогащения железистых кварцитов, обеспечивающие рациональную частоту получения инженерно-геологической и гидрогеологической информации.

Значимость полученных результатов для современной науки и производства. Полученные практические результаты могут использоваться предприятиями по добыче и обогащению полезных ископаемых для обоснования проектов при планировании горных работ и модернизации обогатительных комплексов для повышения эффективности полного цикла производства.

Созданный комплекс рациональных технологий подготовки хвостов мокрой магнитной сепарации к складированию, инженерно-геологические и гидрогеологические принципы формирования хранилищ предварительно обезвоженных отходов обогащения железистых кварцитов и мониторинга состояния их откосов и могут быть рекомендованы для применения специалистами ряда организаций, осуществляющих свою деятельность в области проектирования, строительства и эксплуатации хранилищ отходов обогащения железорудного сырья, в том числе: ПАО «Северсталь» (АО «Карельский окатыш»), ПАО НЛМК (АО «Стойленский ГОК»), ООО УК «Металлоинвест» (АО «Лебединской ГОК» и АО «Михайловский ГОК»), а также научно-исследовательским и проектным организациям: АО «Механобр инжиниринг», АО «Гипроцветмет», ИПКОН РАН, ООО «МетПром» и другие.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением апробированных, зарекомендовавших себя методов исследования и компьютерных пакетов моделирования и обработки экспериментальных данных, а также средств измерений с высокими метрологическими характеристиками, в совокупности обеспечивающими удовлетворительную сходимость и воспроизводимость результатов, и включающих: критический анализ научно-технической информации; лабораторные исследования хвостов с помощью спектроскопического, гравиметрического, инфракрасно-абсорбционного и пикнометрического методов, рентгенофазового анализа; расчеты устойчивости откосных сооружений по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения методами алгебраического суммирования и треугольника сил; компьютерное моделирование, в том числе каркасное и условное моделирование в горно-геологических информационных системах.

Публикации и апробация результатов работы

Основные научные и практические результаты диссертационной работы были представлены на всероссийских и международных конференциях, среди которых Международный научный симпозиум «Неделя горняка» в 2017 и 2021 гг., Международный форум-конкурс «Актуальные проблемы недропользования» в 2017–2019 гг. и 2021 г., Фрайбергском форуме Berg-und Hüttenmännischer Tag в 2017 и 2019 гг. и прочих.

Основное содержание диссертации опубликовано в 8 научных работах, из которых 3 – в научно-технических журналах из перечня ВАК и входящих в базы данных Scopus и Web of Science.

Замечания по диссертации

1. В тексте диссертации (в начале пунктов 1.3 и 3.4) неоднократно упоминаются принципы наилучших доступных технологий (НДТ), следование которым обосновывает целесообразность складирования отходов различных обогатительных процессов с низкой влажностью. При детальном ознакомлении с выводами и заключением по работе, предложенное автором предварительное глубокое обезвоживание хвостов железистых кварцитов однозначно является одной из НДТ. По-нашему мнению, автору стоило сделать акцент на данном факте и указать одним из важных результатов проведенных исследований.

2. В заключительной части третьей главы автор пишет, что внедрение предлагаемых технологий предварительного обезвоживания хвостов, их транспортирования и складирования в хранилища позволяет обработать и разместить всего лишь 65,78 % образующегося объема отходов. При этом обработка 100 % хвостов будет возможна после внедрения большего количества машин или модернизации существующих объектов хвостового хозяйства. Логично выглядело бы привести примеры расчетов количества машин и получаемого объема обезвоженных хвостов при различных вариантах работы предприятия. К сожалению, в диссертации подобные расчеты отсутствуют.

Приведенные замечания имеют в целом рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку рассматриваемой работы.

Заключение

Диссертационная работа Куренкова Дмитрия Сергеевича выполнена на высоком научном уровне, отличается актуальностью, новизной, обладает перспективностью практической реализации и дальнейшего развития темы. В ней на основе проведенных автором исследований решена актуальная научная задача формирования хранилищ предварительно обезвоженных отходов обогащения

железистых кварцитов, что имеет важное значение для обеспечения эффективности и безопасности их сооружения и эксплуатации. Обоснованность и достоверность основных полученных результатов и выводов не вызывает сомнений. Научные положения, содержание работы, результаты и выводы полностью соответствуют паспорту специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

Диссертационная работа Куренкова Дмитрия Сергеевича на тему «Инженерно-геологическое обоснование формирования хранилищ предварительно обезвоженных отходов обогащения железистых кварцитов» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертационной работы – Куренков Дмитрий Сергеевич, заслуживает присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

Отзыв ведущей организации по диссертационной работе Куренкова Дмитрия Сергеевича заслушан и обсужден на совместном научном семинаре геомеханического отдела и отдела геологии и геоинформатики ОАО «ВАОГЕМ», протокол № 12 от 21.08.2023

Отзыв подготовлен:

Заместитель генерального директора
по научной работе и промышленной безопасности,
заведующий геомеханическим отделом, к.т.н.

 А.В. Киянец

Заместитель генерального директора
по научной работе и развитию, заведующий
отделом геологии и геоинформатики, к.г.н.

 Е.Б. Яницкий

Подпись Киянца А.В. и Яницкого Е.Б. удостоверяю

Начальник отдела кадров
ОАО «ВАОГЕМ»



 Хмеленко Н.А.

Согласен на обработку персональных данных

 А.В. Киянец

Согласен на обработку персональных данных

 Е.Б. Яницкий

Открытое акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, защите инженерных сооружений от обводнения, специальным горным работам, геомеханике, геофизике, гидротехнике, геологии и маркшейдерскому делу» (ОАО «ВИОГЕМ»)

г. Белгород, пр. Б. Хмельницкого, д. 86.,

телефон: +7 (4722) 73-25-15

e-mail: info@viogem-sp.ru