



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки

ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА

Уральского отделения Российской академии наук

(ИГД УрО РАН)

Мамина-Сибиряка ул., д. 58, Екатеринбург, 620075

тел. (343)350-21-86, факс (343)350-21-11

e-mail: direct@igduran.ru, http://igduran.ru

ОКПО 00190466, ОГРН 1026604961349,

ИНН/ КПП 6660004669/667001001

№ _____
На № _____ от _____



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИГД УрО РАН,
доктор технических наук

И.В. СОКОЛОВ

«19» января 2026 г.

ОТЗЫВ

**ведущей организации – Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института горного дела Уральского отделения Российской академии наук
на диссертационную работу Яковлева Илья Владимировича на тему «Обоснование
параметров логистической системы подземного рудника при освоении
глубокозалегающих месторождений калийных солей с монолитной закладкой
выработанного пространства», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальностям 2.8.7 – «Теоретические основы
проектирования горнотехнических систем» и 2.8.8 – «Геотехнология, горные машины»**

На отзыв представлена диссертация Яковлева Илья Владимировича «Обоснование параметров логистической системы подземного рудника при освоении глубокозалегающих месторождений калийных солей с монолитной закладкой выработанного пространства». Диссертация включает введение, 4 главы, заключение, список литературы и 6 приложений, изложена на 175 страницах машинописного текста, содержит 39 рисунков, 24 таблицы, список источников из 145 наименований. Автореферат диссертации изложен на 19 страницах.

Актуальность темы исследования

Уникальные месторождения калийно-магниевых солей в России представляют значительный экономический потенциал, реализация которого в условиях увеличения мирового спроса на калийные удобрения имеет большое значение для развития экономики страны. Развитие техники и технологий добычи и переработки калийных солей основано на совершенствовании технологических комплексов, машин и оборудования, обеспечивающих повышение полноты извлечения запасов, безопасность, высокую степень механизации и



Система менеджмента качества ИГД УрО РАН признана соответствующей
требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и стандарта ISO 9001:2015.
Система менеджмента сертифицирована Русским Регистром



автоматизации всех производственных процессов, что в сочетании с передовыми геотехнологическими решениями позволяет максимально эффективно использовать природные ресурсы при минимальном воздействии на окружающую среду.

Большая глубина залегания и сложные горно-геологические, геомеханические и горнотехнические условия эксплуатации таких месторождений требуют разработки новых высокоэффективных технологий подземной добычи, обеспечивающих повышение полноты извлечения калийных солей, эффективности и безопасности горных работ, в том числе за счет использования монолитной закладки выработанного пространства. Вместе с тем, возрастающие требования экологической безопасности при разработке месторождений обуславливают необходимость минимизации негативного влияния на окружающую среду солевых отходов, занимающих значительные земельные площади на поверхности.

Вследствие этого, исследования диссертационной работы, посвященные изысканию эффективной технологии использования солеотходов для формирования монолитной закладки выработанного пространства, направлены на решение актуальных задач: повышение эффективности, обеспечение промышленной и экологической безопасности при подземной добыче калийных солей.

Общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и 6 приложений.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель, идея, научная новизна и практическая значимость исследования.

В первой главе проведен анализ условий современных технологических схем формирования монолитных закладочных массивов при подземной разработке соляных месторождений, с выявлением их достоинств и недостатков.

Вторая глава посвящена развитию научно-методических основ формирования логистической схемы подземного рудника, включая обоснование ее структуры с применением классификации логистических схем закладочных работ, методики определения их параметров и алгоритма для моделирования процессов транспортирования закладочного материала и смеси.

В третьей главе предложены конкурирующие варианты логистической схемы подземного рудника с монолитной закладкой выработанного пространства на основе консолидации солеотходов. Проведен комплексный анализ ключевых схем транспортирования закладочных материалов: цикличной, циклично-поточной и поточной.

В четвертой главе проведено технико-экономическое сравнение логистических схем транспортирования закладочных материалов и смеси в условиях Гремячинского ГОКа, а также разработаны рекомендации по выбору технологического оборудования.

В заключении приведены научные и практические результаты работы.

Изложение материала в диссертации соответствует нормам научно-технического стиля.

Научная новизна исследований и полученных результатов, представленных в диссертации

Научная новизна выполненных исследований и полученных результатов, представленных в диссертации, состоит в разработке комплекса методических положений для проектирования логистической системы подземного рудника при освоении глубокозалегающих месторождений калийных солей с применением монолитной закладки выработанного пространства на основе солеотходов, обеспечивающей требуемую производительность закладочного комплекса, надежность и эффективность его функционирования.



В ходе решения поставленных задач получены следующие научные результаты:

1. Предложена классификация логистических схем закладочных работ, базирующаяся на способах транспортирования закладочных материалов и формирования консолидированного закладочного массива с учетом горнотехнических условий разработки месторождений калийных солей;
2. Разработана методика обоснования параметров рациональной логистической схемы закладочных работ, отличающаяся учетом характеристики солеотходов, влажности смеси, влияния динамических нагрузок на физико-механические свойства закладочного материала;
3. Представлена математическая модель прогнозирования физико-механических свойств солеотходов в процессе их транспортирования, учитывающая процессы самоуплотнения закладочного материала, неравномерность его осаждения и изменение реологических характеристик;
4. Разработана методика оценки допустимой высоты перепуска компонентов закладочной смеси по вертикальному трубопроводу, основанная на установленной зависимости относительных вертикальных деформаций сыпучих материалов от удельной компрессионной нагрузки при различной влажности компонентов закладочной смеси.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в работе, обусловлена обобщением предшествующих научных достижений в области проектирования логистических систем, представительным объемом исходных данных, хорошей сходимостью теоретических расчетов потоков материала с практикой, результатами лабораторных исследований свойств солеотходов, использованием апробированных методик, внедрением результатов исследований в проектирование разработки глубокозалегающих калийных месторождений.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности

Диссертационная работа по актуальности, содержанию, научно-практическим результатам соответствует требованиям и критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842.

Содержание диссертационной работы соответствует:

- пунктам 2 и 3 паспорта специальности 2.8.7 – «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем»;
- пунктам 8 и 15 паспорта специальности 2.8.8 – «Геотехнология, горные машины».

Соответствие автореферата содержанию диссертации

Автореферат соответствует содержанию диссертации, отражает ее основные научные положения, выводы, рекомендации, теоретическую и практическую ценность.

Значимость результатов для науки и производства

Научная значимость результатов работы заключается в разработке методики выбора и обоснования параметров логистических систем закладочных работ при освоении глубокозалегающих месторождений калийных солей, обеспечивающих формирование монолитных закладочных массивов на основе солеотходов с требуемыми прочностными и деформационными характеристиками.



Практическая ценность результатов работы состоит в обосновании логистической схемы закладочных работ на Гремячинском руднике, включающей отдельную подачу обезвоженных солеотходов и соляных растворов через модульный закладочный комплекс с применением конических демпферных устройств.

Апробация работы и публикации

Основные научные результаты диссертации прошли апробацию: автором сделаны доклады на 7 научных конференциях. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России.

Замечания по диссертационной работе и автореферату

1. Текст диссертации недостаточно отредактирован, включает материалы, напрямую не относящиеся к теме диссертации (например, описание льдопородной и бутобетонной закладки и др.), характерны многочисленные повторы одних и тех же положений. Ряд используемых терминов требует пояснений (например, «техническая камера», «консолидация», «возвратный ресурсный поток»). Имеются некоторые противоречия, не имеющие пояснений в тексте работы (например, в одном месте указана рациональная вместимость бункеров 300-500 м³, в другом – дано расчетное значение 156 т).

2. Автором введена система терминов «логистическая схема» и «логистическая система». Однако имеется сложившаяся терминология, например, «технологическая схема транспорта». Рекомендуется придерживаться общеприменимых терминов и вводить новые только при недостатке существующих. В работе такая необходимость не раскрыта. Кроме того, автор заявил в названии работы «логистическую систему подземного рудника», подразумевая под этим не только основные технологические грузопотоки, но также и вспомогательные материалы, доставку людей и даже передачу информации (с. 54 диссертации). Целесообразным было ограничить название работы фактически исследованной автором частью вышеуказанной системы.

3. Общая схема гидротранспорта солеотходов и его расчет в целом не вызывают возражений, хотя непонятно, что в данном случае имеет в виду автор под прямыми и возвратными грузопотоками. При этом технология размещения закладки в камере чрезмерно усложнена: в общепринятой практике при гидротранспорте закладки пульпа выливается из трубопровода в верхней точке камеры и заполняет ее, излишняя жидкость удаляется через установленные в камере перемычки. Однако, автор предлагает сначала осушить закладку в гидроциклоне и затем разместить ее в камере с помощью метателя, при этом избыток рассола собирается в приямок в камере. Обоснование целесообразности такой технологии закладки в диссертации не приводится.

4. При разработке вариантов логистики сухой закладки автором выполнены исследования изменения ее структуры и состояния в процессе транспортировки. В частности, изучалась зависимость степени деформации сыпучего материала от нагрузки. Однако, в диссертации на рисунке 3.3 показана зависимость удельной нагрузки от деформации сыпучих материалов, что искажает восприятие результатов исследований. Кроме того, в качестве характеристики материала следовало принять не насыпную плотность, а коэффициент его разрыхления.

5. Разработанные автором логистические схемы закладочных работ с использованием конвейеров и самоходной техники возражений не вызывают, но в последнем случае следовало бы акцентировать внимание на возможности использования одних и тех же машин для транспорта добытой руды и возвратного транспорта закладки.



6. Целесообразность варианта с транспортировкой закладки в мягких контейнерах в диссертации не раскрыта, не показан механизм разгрузки контейнеров в камере и способ обратной доставки пустых контейнеров на поверхность. Предлагаемый автором вариант спуска закладки, затаренной в контейнерах, в скипах труднореализуем, а скорее всего невозможен: скип – сосуд, предназначенный для подъема сыпучего материала (раздробленной породы) при ограниченном горизонтальном сечении и достаточно большой высоте (12-15 м). Использование скипа для спуска контейнеров потребует изменения его конструкции, усложняет и увеличивает длительность загрузки скипа, а главное, делает почти невозможным извлечение контейнеров из скипа, так как нижние из них будут придавлены вышележащими контейнерами. Кстати, в диссертации на рисунке 3.7, где приведена принципиальная схема этого варианта логистики, показан не скип, а многоэтажная клеть.

7. Сделанный на основании экономических расчетов вывод о предпочтительности поточной схемы транспорта закладки выглядит излишне категоричным: при ориентировочном расходе закладки $0,5 \text{ м}^3$ на 1 м^3 добытой руды и характерной себестоимости подземной добычи около 2000 руб/ м^3 затраты на транспорт закладки составляют от 1% до 2,5%, что позволяет считать рассмотренные варианты логистики практически равноценными. Следовательно, при выборе оптимального варианта необходимо учитывать неэкономические факторы. Например, при гидротранспорте закладки в условиях наличия пород, склонных к пучению при увлажнении вследствие утолчков влаги из трубопровода при его промывке или аварии, возможно нарушение крепи выработок вплоть до полной невозможности их эксплуатации, и в этом случае предпочтение следует отдавать механизированным способам транспортирования закладки.

Следует отметить, что целью исследований является разработка методики выбора и обоснования параметров логистической системы транспорта закладочного материала с поверхности в камеры подземного рудника, что является вполне достаточным для диссертации. Проблема формирования прочного монолитного закладочного массива, связанная с углубленным изучением напряженно-деформированного состояния горного массива и системы разработки, выходит за рамки данной работы. Вследствие этого декларативные соображения автора по конкретным требованиям к прочностным свойствам закладки и технологии создания консолидированного закладочного массива не являются недостатком диссертации.

В целом приведенные замечания не снижают научного и практического значения диссертационной работы и не влияют на новизну и обоснованность защищаемых положений.

Заключение

Представленная диссертационная работа Яковлева Илья Владимировича «Обоснование параметров логистической системы подземного рудника при освоении глубокозалегающих месторождений калийных солей с монолитной закладкой выработанного пространства», является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена актуальная научная задача разработки методики выбора и обоснования параметров логистической схемы закладочных работ, позволяющей максимально эффективно использовать ресурсы недр при минимальном воздействии на окружающую среду, что имеет важное значение для расширения минерально-сырьевой базы горно-химической промышленности России. Автореферат диссертации полностью отражает содержание работы, раскрывает полученные научные результаты и положения, выносимые на защиту.



Диссертация соответствует паспортам специальностей 2.8.7 – «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем» и 2.8.8 – «Геотехнология, горные машины» и требованиям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Яковлев Илья Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв составили:

Старший научный сотрудник
лаборатории подземной геотехнологии,
с.н.с., кандидат технических наук
Тел.: +7 (343) 350-71-28
E-mail: smirnov.a091@mail.ru

 — Смирнов Алексей Алексеевич

Заведующий лабораторией
транспортных систем карьеров и геотехники
кандидат технических наук
Тел.: +7 (343) 350-47-63
E-mail: juravlev@igduran.ru

 — Журавлев Артем Геннадиевич

Отзыв на диссертационную работу и автореферат обсужден на заседании расширенного семинара лаборатории подземной геотехнологии ИГД УрО РАН, протокол №1 от 15.01.2026 г.

Секретарь расширенного семинара
лаборатории подземной геотехнологии,
кандидат технических наук
Тел.: +7 (343) 350-71-28

 — Никитин Игорь Владимирович

Подписи Смирнова Алексея Алексеевича, Журавлева Артема Геннадиевича, составивших отзыв, и секретаря семинара Никитина Игоря Владимировича заверяю:

Начальник отдела кадров ИГД УрО РАН



Коптелова С.В.

«19» января 2026 г.



Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН)
Почтовый адрес: 620075, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58
Тел.: +7 (343) 350-21-86. Факс: +7 (343) 350-21-11
E-mail: direct@igduran.ru
Web: <http://igduran.ru>

