



УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева», д.т.н.

А.Н. Яковлев
2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» на диссертационную работу Косыревой Марины Александровны на тему «Геомеханическое обоснование формы и размеров целиков при подземной разработке соляных месторождений вертикальными камерами цилиндрической формы», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Камерные системы в условиях разработки соляных месторождений подземным способом характеризуются высокой производительностью и полной механизацией за счет применения комбайнов при добыче и конвейеров при транспортировании полезного ископаемого. Основным недостатком данного класса систем разработки с естественным поддержанием очистного пространства являются потери полезного ископаемого в целиках различного назначения, достигающие в междукамерных целиках (МКЦ) 60-80% и возрастающие с увеличением глубины разработки соляных месторождений.

При проведении научных исследований в 2019-2021 гг. при поддержке Российского научного фонда (грант № 19-17-00034 «Формирование природно-технических систем разработки месторождений твердого минерального сырья на основе конвергентных технологий»), в которых участвовал автор, разработаны варианты камерной системы разработки, включающие отработку полезного ископаемого вертикальными камерами цилиндрической формы методом выбуривания (формирование сотовых горных конструкций), которые позволяют уменьшить потери соли в целиках с сохранением устойчивости разрабатываемого массива и исключить присутствие человека в очистном пространстве камер.

Устойчивость сотовых конструкций достигается не за счет большого объема целиков, как это принято в камерно-целиковых системах разработки, а устойчивой круглой формой сотовых ячеек и наличием контакта и, соответственно, бокового распора между соседними целиками.

В связи с вышеизложенным можно заключить, что геомеханическое обоснование формы и размеров целиков при подземной разработке соляных месторождений вертикальными камерами цилиндрической формы, создаваемых в массиве методом выбуривания сотовых горных конструкций, является актуальной задачей.

Целью работы является уменьшение потерь полезного ископаемого за счет геомеханического обоснования формы и размеров целиков при подземной разработке соляных месторождений без снижения степени геодинамической безопасности.

Идея работы заключается в применении геомеханически обоснованных оптимальных параметров сотовых горных конструкций, включающих вертикальные камеры цилиндрической формы, обеспечивающих сохранение их устойчивости и уменьшение потерь полезного ископаемого при подземной разработке соляных месторождений.

2. Структура и основное содержание диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 87 наименований и 3 приложений. Работа изложена на 163 страницах машинописного текста, содержит 33 рисунка и 15 таблиц.

Во введении автором обоснована актуальность работы, сформулированы цель, задачи и идея исследования, а также основные научные положения, новизна и практическая значимость результатов исследования.

В первой главе диссертации проведен анализ горно-геологических и горнотехнических условий освоения Илецкого месторождения каменной соли, Верхнекамского месторождения калийных и калийно-магниевых солей, Гремячинского месторождения калийных солей и Нивенского месторождения каменных, полиминеральных солей и полигалитов подземным способом, методов аналитического расчета и оценки устойчивости конструктивных элементов камерной системы разработки с оставлением МКЦ. По результатам анализа в первой главе определены основные задачи исследований.

Во второй главе автором выполнены аналитические расчеты основных параметров конструктивных элементов и оценка устойчивости камерной системы разработки с оставлением целиков в условиях разработки соляных месторождений вертикальными камерами цилиндрической формы.

В работе рассматриваются два конструктивных варианта системы разработки, включающих сотовую горную конструкцию: 1 – при условии отработки вертикальных камер цилиндрической формы снизу вверх с применением механизированных комплексов (рисунок 1); 2 – при условии отработки вертикальных камер цилиндрической формы сверху вниз механизированным устройством, расширяющим пилотную скважину и перепуском через нее полезного ископаемого.

Разработана методика аналитических расчетов для определения устойчивости конструктивных элементов сотовых горных конструкций МКЦ и определены условия ограниченности применения метода Л.Д. Шевякова для традиционных и новых систем разработки.

Выведены аналитические формулы расчета минимальной $a_{ц}$ и максимальной $A_{ц}$ ширины МКЦ квадратной и треугольной сеток расположения вертикальных камер цилиндрической формы для условий применения сотовых горных конструкций на Соль-Илецком руднике и физико-механических свойств каменной соли Илецкого месторождения с коэффициентом запаса прочности $n=1, 2$ и 3 для глубины ведения горных работ 250, 400, 600 и 1000 м.

В третьей главе представлены результаты численного моделирования НДС сотовых горных конструкций, включающих вертикальные камеры цилиндрической формы.

Критериями для оценки устойчивости выработок и МКЦ применялись: напряжение σ_{max} (избыточное напряжение $\Delta\sigma$), коэффициент запаса прочности вмещающего массива и целиков КЗП, а также смещение массива X .

В работе исследовалось НДС 10 численных моделей с шириной камер 2, 3, 4, 5 и 6 м и размерами МКЦ в два и в четыре раза меньшими чем ширина камеры (таблица 2). Установлена закономерность распределения устойчивости численных моделей к действующим нагрузкам, представленная в таблице 4 и на рисунке 5: с увеличением ширины камеры b_k при минимальной ширине целика $a_{ц}$ в два раза меньшей чем ширина камеры увеличивается несущая способность вмещающего массива и МКЦ, а также при уменьшении ширины целика с двух до четырех раз по сравнению с шириной камеры несущая способность уменьшается. При этом закономерно регистрируется при меньшей ширине целика меньшие значения несущей способности моделей.

В четвертой главе представлены рекомендации по применению сотовых горных конструкций с геомеханически обоснованными в диссертационной работе параметрами в условиях разработки Илецкого месторождения каменной соли.

3. Новизна результатов исследования

Новизна проведенного автором исследования заключается в следующем:

1. Разработана методика аналитических расчетов определения устойчивости конструктивных элементов сотовых горных конструкций МКЦ и определены условия ограничения применения метода Л.Д. Шевякова для традиционных и новых систем разработки.

2. На основе гипотезы Турнера-Шевякова выведены аналитические формулы расчета минимальной и максимальной ширины МКЦ для условий подземной разработки соляных месторождений вертикальными камерами цилиндрической формы.

3. Определены критические глубины применения сотовых горных конструкций для условий Илецкого месторождения каменной соли, включающих вертикальные камеры цилиндрической формы, при различных соотношениях минимальной ширины целиков и диаметров камер, подтвержденные результатами численного моделирования.

4. Численными экспериментами установлены закономерности распределения разрушающих нагрузок, действующих на элементы сотовых горных конструкций, при различных соотношениях минимальной ширины целиков и диаметров камер.

5. На основе численного моделирования обоснованы параметры целиков для условий подземной разработки соляных месторождений вертикальными камерами цилиндрической формы.

4. Практическая значимость полученных результатов и рекомендаций по их дальнейшему использованию заключается в разработке моделей сотовых горных конструкций, включающих вертикальные камеры цилиндрической формы с изменяющимися параметрами системы (форма и размеры целиков), которые могут быть использованы на практике при обосновании размеров конструктивных элементов систем разработки в конкретных горно-геологических условиях, в определении оптимальных параметров камер и МКЦ, позволяющих сохранить устойчивость сотовой горной конструкции, в привязке разработанных параметров к условиям освоения Илецкого месторождения каменной соли. Результаты исследований могут быть внедрены при разработке Илецкого месторождения каменной соли компанией ООО «Руссоль» и проектировании и разработке Нивенского месторождения полиминеральных солей компанией ООО «К-Поташ».

5. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается представительным объемом экспериментальных и численных исследований; применением современных методов оценки НДС массива горных пород, в т.ч. с использованием апробированной программы численного моделирования Midas; использованием в расчетах параметров качества соляного массива, его физико-механических свойств, полученных экспериментальными методами в условиях освоения месторождений каменных, полиминеральных, калийных, калийно-магниевых солей и полигалитов.

6. Соответствие работы требованиям, предъявляемых к диссертациям

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что по актуальности, научной новизне и практической значимости диссертационная работа заслуживает высокой оценки и соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС.

7. Публикации и апробация результатов работы

Результаты научных исследований по теме диссертационной работы опубликованы в 12 работах, в том числе в 2 изданиях, рекомендуемых ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, и в 9 изданиях, индексируемых в наукометрических базах Scopus и WoS.

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались: на заседании Научного совета РАН по проблемам горных наук (Горный институт НИТУ «МИСИС», ИПКОН РАН, г. Москва, 2021 г.); международных научных симпозиумах

«Неделя горняка» (Горный институт НИТУ «МИСИС», г. Москва, 2019-2024 гг.); Всероссийских конференциях «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли» (ИГД СО РАН, г. Новосибирск, 2017, 2021 гг.); IV Всероссийской конференции «Триггерные эффекты в геосистемах» (Институт динамики геосфер РАН, г. Москва, 2017 г.); Всероссийской научной конференции «Горняцкая смена» (г. Новосибирск, ИГД СО РАН, 2019 г.); X Международной научно-технической конференции «Комбинированная геотехнология: переход к новому технологическому укладу» (г. Магнитогорск, ИПКОН РАН, МГТУ им. Г.И. Носова, 2019 г.); XI Международной научно-технической конференции «Комбинированная геотехнология: риски и глобальные вызовы при освоении и сохранении недр» (г. Магнитогорск, ИПКОН РАН, МГТУ им. Г.И. Носова, 2021 г.); 4 и 6 конференциях Международной научной школы академика РАН К.Н. Трубецкого «Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр» (г. Москва, ИПКОН РАН, 2020, 2024 гг.); 14 и 15 Международных научно-практических школах молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых» (г. Москва, ИПКОН РАН, 2019, 2020 гг.); XI научной конференции «Агошковские чтения» (ЗабГК, г. Чита, 2018 г.).

8. По диссертационной работе имеются ряд замечаний и вопросов, которые заключаются в следующем:

1. Какой физический смысл заложен в понятие коэффициент запаса прочности КЗП вмещающего массива для рассматриваемых условий применения камерных систем разработки в сотовом исполнении горной конструкции при разработке соляных месторождений.

2. Почему для проведения опытно-промышленных испытаний камерной системы разработки, включающей вертикальные камеры цилиндрической формы выбрано именно Илецкое месторождение каменной соли.

3. Как выбирались варианты рассматриваемых глубин горных работ до 1000 м и более от земной поверхности.

Приведенные замечания имеют рекомендательный характер и не снижают общего положительного впечатления от работы.

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Косыревой Марины Александровны на тему «Геомеханическое обоснование формы и размеров целиков при подземной разработке соляных месторождений вертикальными камерами цилиндрической формы» выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и содержит решение актуальной научной задачи геомеханического обоснования оптимальных параметров сотовых горных конструкций, включающих вертикальные камеры цилиндрической формы и обеспечивающих уменьшение потерь полезного ископаемого при подземной разработке соляных месторождений, что имеет важное значение для развития горной геомеханики, а также повышения эффективности и безопасности горного производства. Научные положения, содержание работы и выводы соответствуют паспорту специальности 2.8.6. «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Диссертационная работа Косыревой Марины Александровны соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, которые предъявляются к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а автор диссертационной работы – Косырева Марина Александровна, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

Отзыв ведущей организации по диссертационной работе Косыревой Марины Александровны заслушан и обсужден на совместном заседании кафедр открытых горных работ и

разработки месторождений полезных ископаемых Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева, протокол № 1 от 13 января 2025 г.

Заведующий кафедрой
открытых горных работ
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, к.т.н., доц.

М.А. Тюленев

Профессор кафедры разработки
месторождений полезных ископаемых
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, д.т.н., проф.

А.И. Копытов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

Адрес: 650000, Кемеровская область - Кузбасс, г. Кемерово, ул. Весенняя, д.28

Тел. +7-3842-396366

E-mail: tma.geolog@kuzstu.ru



Тюленев М.А. Конюхова И.И.
ЗАВЕРЯЮ
Удостоверенный секретарь совета
И.И. Конюхова
01 2025 г.