

С проблемами замораживания пород при наличии в них минерализованной влаги горные предприятия столкнулись еще в прошлом веке. Однако, полученные тогда эмпирические данные не имели дальнейшей должной научной проработки в силу ограниченности экспериментальной базы и вычислительных ресурсов.

Вместе с этим в настоящее время проводится множество экспериментальных и численных исследований замораживания пород при наличии в них минерализованной влаги. Однако данные исследования в основном не систематизированы, ограничены лабораторными условиями и не применимы для условий формирования ЛПО.

С учетом вышесказанного, тема диссертационной работы, посвященной исследованию искусственного замораживания пород при наличии в них минерализованной влаги и разработке методики расчетов параметров искусственного замораживания данных пород, является актуальной.

Научная новизна полученных соискателем результатов исследования состоит в том, что

- выявлены экспериментальные и аналитические зависимости теплофизических и прочностных свойств различных типов пород от степени минерализации поровой влаги;
- экспериментально установлено влияние минерализации поровой влаги на формирование морозного пучения;
- разработана математическая модель искусственного замораживания пород с явным учетом засоленности и переноса влаги;
- на основе результатов численного моделирования установлены закономерности роста толщины ЛПО и его прочности от минерализации поровой влаги;
- разработаны методы аналитического расчета фильтрации поровой влаги под действием градиента напора вокруг одиночных ледопородных цилиндров и вокруг сомкнутого ЛПО;
- создана методика расчета параметров искусственного замораживания пород при наличии в них минерализованной влаги.

Данные результаты расширяют понимание процессов, протекающих в замораживаемых породах, за счет полученных экспериментальных и аналитических зависимостей, а разработанные математическая модель и методика расчета параметров искусственного замораживания пород позволяют принимать более качественные проектные решения при наличии в породах минерализованной влаги.

Достоверность и обоснованность защищаемых научных положений, выводов и рекомендаций

В диссертационной работе представлено три научных положения, которые последовательно раскрываются по ходу ее прочтения. Выводы диссертационного исследования информативны, основаны на полученных в работе результатах теоретических и экспериментальных исследований. В диссертационной работе проводятся сопоставления результатов численных решений и натурных измерений. Полученные данные не противоречат фундаментальным законам физики. Это позволяет сделать вывод о высокой степени достоверности и обоснованности положений и выводов диссертации.

Научные результаты и их ценность

Полученные в работе экспериментальные зависимости теплофизических и прочностных свойств замораживаемых пород от величины минерализации поровой влаги имеют ценность для понимания влияния солей на процесс замораживания влаги в различных типах пород. Кроме того, результаты экспериментальных исследований формирования морозного пучения при различной степени минерализации поровой влаги также расширяют понимания процессов, связанных с миграцией влаги в замораживаемых породах. При этом данные исследования проводились при горизонтальном градиенте температур, что практически не встречается в научной литературе, однако при искусственном замораживании пород доминирует именно такой тип температурного градиента.

Высокую научную ценность представляет разработанная математическая модель тепломассопереноса в замораживаемых породах, учитывающая наличие минерализованной влаги и ее перенос в породах. Модель позволяет рассчитать нестационарные поля температуры, влажности и минерализации влаги для шахтных стволов произвольного размера и произвольного размещения замораживающих колонок. Кроме того, разработанные аналитические методы расчета фильтрации влаги под действием градиента напора позволяют существенно экономить вычислительные ресурсы.

Основные результаты диссертации изложены автором в 11 научных работах, в том числе 9 – в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, утвержденных ВАК Минобрнауки РФ.

Материалы работы неоднократно докладывались на конференциях различного уровня и прошли апробацию научной общественности.

Теоретическая и практическая значимость

Получены аппроксимирующие аналоги экспериментальных зависимостей

теплофизических и прочностных свойств замораживаемых пород от величины минерализации поровой влаги. Данные зависимости могут быть использованы для параметризации математических моделей или описания экспериментальных данных. Аппроксимирующие формулы получены для глины, мела и песка, однако предложенный автором подход по получению таких зависимостей может быть применен для иных, но схожих пород. Это подтверждается в работе успешным описанием теплофизических свойств слоя известняка на горнодобывающем предприятии «Еврохим-Саратовкалий».

Разработанная математическая модель тепломассопереноса в замораживаемых породах и предложенная методика расчета параметров искусственного замораживания пород могут быть применены в практике замораживания пород на месторождения калийной и каменной солей как на стадии проектирования, так и быть основой для системы термометрического мониторинга ЛПО.

Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты исследований рекомендуется использовать при проектировании искусственного замораживания пород на месторождениях калийной и каменной солей, в частности для расчета необходимых средней температуры и толщины ЛПО, а также времени ее достижения.

Разработанная математическая модель может быть использована для изучения процессов тепломассопереноса в замораживаемых породах при наличии в них минерализованной влаги и применяться в системах термометрического мониторинга ЛПО на всех стадиях его существования.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа построена по традиционному плану, состоит из введения, пяти глав и заключения. Работа изложена на 145 страницах машинописного текста, содержит 71 рисунок и 19 таблиц. Список использованных источников состоит из 152 наименований, в том числе 111 зарубежных.

Язык и стиль изложения информации в диссертации и автореферате соответствует принятым стандартам научно-исследовательских работ. Текст проиллюстрирован достаточным количеством рисунков и графиков.

Содержание автореферата полностью отражает содержание диссертации. Публикации автора в достаточной степени отражают научные положения, основные выводы и рекомендации.

Замечания к работе

1. По тексту работы встречаются небрежности в порядке расшифровки переменных в составе формул. Так, например, переменная γ_{res} впервые встречается в формуле (1.4), но ее расшифровка приводится несколько ниже по тексту, только после формулы (1.5), что доставляет неудобство для понимания.
2. На рисунке 1.1 в обозначении вертикальной оси графика непонятно, в процентах от какой величины выражено содержание незамороженной воды в породе. По тексту работы пояснение не встречено.
3. На стр. 89-90 на рисунках 3.18-3.19 наряду с кривыми содержания незамороженной воды приводятся кривые влажности в тех же пространственных координатах, где максимальная влажность соответствует зоне сильно промороженной породы. По-видимому, под влажностью автор имел в виду полное весовое содержание воды в поровом пространстве породы во всех ее агрегатных состояниях (жидкая вода и лед), о чем не приводится пояснение в тексте раздела. Следовало бы дать пояснение либо изменить название вертикальной оси графика.
4. На стр. 119, абзац 3 автор утверждает, что «...соль выпирается в незамороженную область породы, что приводит к повышению концентрации соли на фронте фазового перехода...». Чем объясняются тогда максимальные значения концентрации соли NaCl на рисунках 3.17-3.19 под литерой «в» в центральной части замковой плоскости (вблизи замораживающей колонки), а не на периферии вблизи фронта фазового перехода?

Указанные замечания не снижают научно-практическую ценность диссертационной работы, носят рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение

Диссертационная работа Бублика Сергея Анатольевича на тему «Разработка методики расчета параметров искусственного замораживания пород в условиях переноса минерализованной влаги», представленная к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи, имеющей значение для повышения безопасности и эффективности строительства шахтных стволов способом искусственного замораживания пород при наличии в них минерализованной влаги.

Диссертационная работа соответствует п. 11 паспорта специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика. По своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и практической значимости, представленная работа соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства России от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор, Бублик Сергей Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Отзыв на диссертацию Бублика Сергея Анатольевича обсужден и утвержден на заседании кафедры механики материалов и геотехнологий ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», протокол заседания № 8 от «26» марта 2026 года.

Заместитель заведующего
кафедрой механики материалов и
геотехнологий,
д-р техн. наук, доцент



Владимир Иванович Сарычев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет».

Почтовый адрес: 300012, г. Тула, пр. Ленина, д. 92.

Официальный сайт: <https://tulsu.ru/>

e-mail: info@tsu.tula.ru

Телефон: +7 (4872) 35-81-81.