

## **О Т З Ы В**

официального оппонента, доктора технических наук, профессора  
**ПЛЕШКО МИХАИЛА СТЕПАНОВИЧА**

на диссертационную работу Бублика Сергея Анатольевича  
**«РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ИСКУССТВЕННОГО  
ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ПЕРЕНОСА  
МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ВЛАГИ»**,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.8.6 — Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная  
аэрогазодинамика и горная теплофизика

Текст рецензируемой диссертационной работы изложен на 145 страницах,  
включает в себя введение, 5 глав и заключение, содержит 71 рисунок, 19 таблиц.  
Список использованных источников состоит из 152 наименований.

### **1. Актуальность диссертационного исследования**

Искусственное замораживание горных пород является одним из наиболее эффективных способов защиты строящейся горной выработки от затопления при ее проходке в водонасыщенных неустойчивых породах. Данный способ широко применяется при строительстве шахтных стволов и тоннелей метрополитенов. При искусственном замораживании водонасыщенных пород вокруг контура будущей выработки создается прочное ледопородное ограждение, выполняющее функции временной крепи и одновременно формирующее противодиффузионную защиту.

Как справедливо отмечает автор, многие аспекты, связанные с физикой процесса замораживания горных пород или его практическим применением широко раскрыты в литературе. Однако вопросам связанным формированием ледопородных ограждений в условиях, когда порово-трещинное пространство пород занимают минерализованные воды, внимания уделяется незаслуженно мало. Влияние повышенной минерализации здесь выражается не только в снижении температуры замерзания воды, но и в миграции (перераспределении) влаги и соли в массиве в целом под воздействием замораживания, что существенным образом сказывается на несущей способности формируемого ледопородного ограждения.

По большей части исследования, проводимые в рамках данной тематики, как и полученные в результате математические модели, не выходят за рамки лаборатории и касаются преимущественно задач мерзлотоведения или изучения морского льда. Автором диссертационной работы предпринята попытка получить в процессе исследования такие результаты, которые будут пригодны

для проектирования и контроля ледопородных ограждений на практике, то есть непосредственно в горном деле.

Следует отметить, что засоленность подземных вод не является редким явлением. Приведенные в работе примеры касаются строительства шахтных стволов калийных рудников, где повышенная минерализация поровой влаги встречается довольно часто. Особенно, если региональным водоупором, т. е. нижней границей интервала замораживания, являются соляные пласты водозащитной толщи. Минерализация подземных вод в надсоляных рассольных горизонтах может достигать 100-200 г/л и более, делая их труднозамораживаемыми.

Таким образом, актуальность выбранной темы диссертационной работы не вызывает сомнений.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Автор выносит на защиту 3 (три) научных положения, обоснование которых представлено в главах 2-5.

Первое защищаемое научное положение является наиболее комплексным и раскрывается последовательно повествованием в двух главах. Положение говорит нам о том, что в результате лабораторных экспериментов получены зависимости свойств засоленных пород различного типа, сами по себе являющиеся ценным материалом и позволяющие сделать выводы о «поведении» этих пород под воздействием замораживания, но также и служащие основой для большего — для параметризации математической модели, используемой в дальнейших расчетах. Данный аспект последовательно раскрывается в главе 2.

Во вторую очередь первое положение говорит нам о том, что математическая модель, учитывающая влияния засоленности и миграции поровой влаги, параметризованная по данным лабораторных экспериментов, позволяет более точно и достоверно описывать изменение поля температур в массиве горных пород, подвергаемом замораживанию. И что немаловажно, показывает как в результате влияния этих процессов меняется несущая способность ледопородного ограждения, формируемого в защитных целях. Глава 3 отвечает не только за описание математической модели, но носит феноменологический характер, существенно расширяя данные лабораторных исследований, по своей сути «микромира» вследствие небольшого размера образцов и упрощенности процессов, на «макромир» замораживания породного массива в целом, где засоление и миграцию влаги игнорировать становится невозможным. Выводы, сделанные на основе данного расширения, не могли бы быть получены только при исследовании процессов на лабораторном (микро-)

уровне. Определяющее влияние вносит именно изменение масштаба, приводящее к качественно иным результатам.

В качестве второго защищаемого научного положения выносятся математическая модель тепло- и массопереноса во влажном засоленном массиве горных пород, которая делает возможным получение большей части результатов и выводов диссертационной работы. По своей сути получен хороший математический инструмент для понимания физических процессов, в то же время обладающий необходимой научной новизной. Данное научное положение полностью раскрывается в главе 3.

Третьим научным положением на защиту выносятся методика расчета искусственного замораживания засоленных горных пород для целей проектирования и последующего контроля формирования ледопородных ограждений строящихся шахтных стволов. Разработка методики опирается на результаты, полученные при обосновании двух первых научных положений. По сути, она предопределяет переход исследования от лабораторных экспериментов и математического моделирования, выполняемого для понимания физических процессов, к практическому применению результатов исследования в горном деле, формируя, таким образом, необходимую практическую значимость диссертационной работы. Глава 5 служит обоснованием третьего защищаемого научного положения.

Анализ научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в тексте диссертационной работы, позволяет вынести заключение об их полной обоснованности.

### **3. Научная новизна и практическая значимость выполненных исследований**

Научная новизна работы заключается в получении новых эмпирических зависимостей теплофизических, влажностных и прочностных свойств различных типов пород от степени их засоления (содержания соли в поровой влаге) на основании лабораторных экспериментов.

Определены характерные особенности формирования морозного пучения в образцах глины, мела и глинистого песка при наличии в поровой влаге солей с различной концентрацией.

Разработана математическая модель нестационарных процессов тепло- и массопереноса в породном массиве под воздействием искусственного замораживания, учитывающая влияние засоленности и миграции поровой влаги на формирование и эксплуатационные свойства ледопородного ограждения.

Разработана методика оперативного расчета фильтрации поровой влаги в плоскопараллельном слое, разработанная для учета обтекания воды вокруг замораживающих колонок при формировании ледопородного ограждения.

Отдельный интерес представляет методика расчета технологических параметров искусственного замораживания горных пород с учетом засоленности поровой воды.

Последний пункт научной новизны — вышеупомянутая методика расчета технологических параметров замораживания, изложенная в главе 5, определяет прикладную направленность и практическую значимость диссертационной работы. Внедрение разработанной математической модели в программное обеспечение «FrozenWall» позволяет повысить достоверность математических расчетов.

Результаты лабораторных экспериментов и математическая модель также могут послужить отправной точкой для других исследований в смежных областях, где так же изучаются природные или техногенные явления, связанные с замораживанием или оттаиванием горных пород.

Общий вывод — работа отличается необходимой научной новизной и имеет практическую значимость.

#### **4. Достоверность результатов исследований, научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность результатов исследований, научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается соответствием фундаментальным физическим законам, воспроизводимостью и повторяемостью экспериментов, сопоставимостью результатов численного моделирования и натурных измерений, непротиворечивостью экспериментальным данным, согласованностью с данными, полученными другими исследователями в отдельных частях исследования.

#### **5. Замечания по диссертационной работе**

К работе имеется ряд замечаний, которые, впрочем, не снижают ее значимость и обоснованность научных положений, и не влияют на общее качество научного результата.

1. Зависимость (2.13) для определения коэффициента теплопроводности, предложенная в работе, требует уточнения, так как при величине поправочного коэффициента  $\xi$  более 1,0 теплопроводность смеси может превышать теплопроводность каждого из ее компонент.

2. Описание экспериментальной установки, используемой для изучения параметров морозного пучения, представленное в разделе 2.2.2 требует дополнительных пояснений. В частности, не ясно назначение «инициатора

кристаллизации в виде тонкой трубочки, заполненного увлажненным фитилем из хлопчатобумажной нити», а также каким образом происходило определение деформации пучения образцов. Из текста диссертации не ясно, является ли объем, в котором заключен грунт открытым, и что происходит с грунтом талой зоны при оттоке влаги к фронту промерзания.

3. В разделах 3.2.3, 3.2.4 и 3.3.1 соискателю следовало представить сведения о размере расчетной области и размерах расчетной сетки моделей, граничных и начальных условиях.

4. В методике расчета, рекомендованной соискателем и представленной в Главе 5, следовало уделить внимание определению технологических параметров замораживания, снижающих негативные воздействия, в частности формирование дополнительных нагрузок на крепь и деформации земной поверхности.

Приведенные замечания не изменяют общей положительной оценки работы, не снижают ее значимость и обоснованность научных положений.

#### **6. Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным ВАК РФ**

Диссертационная работа Бублика Сергея Анатольевича является законченной научно-квалификационной работой. Обозначенные в работе цель и задачи полностью достигнуты. Несомненна актуальность выбранной темы. Научные положения в достаточной мере раскрыты в тексте диссертации, имеют хорошую доказательную базу и полностью обоснованы. Тема, содержание и научные положения работы соответствуют паспорту научной специальности 2.8.6 — «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Работа обладает необходимой научной новизной, имеет прикладную направленность и обладает практической значимостью. Тексты диссертации и автореферата изложены ясным профессиональным языком и дополнены достаточным количеством табличного и иллюстративного материала. Оформление диссертации и автореферата полностью соответствует нормативным требованиям.

Результаты исследований представлены в 11 научных публикациях, в том числе 9 из них — в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых изданий, утвержденный Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации. Имеется 1 (Один) патент на изобретение. Отдельные результаты работы прошли апробацию на конференциях и семинарах различного ранга.

По совокупности полученных в рассматриваемой диссертационной работе научных результатов она полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 16.10.2024, с изм. и доп., вступившими в силу с 01.01.2025). В диссертации решена задача, имеющая существенное значение для горнопромышленной отрасли.

Автор диссертационной работы БУБЛИК СЕРГЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 — «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

**Официальный оппонент:**

Профессор кафедры строительства подземных сооружений  
и горных предприятий Федерального  
государственного автономного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский  
технологический университет «МИСИС»,

доктор технических наук, профессор



Пleshko Михаил Степанович

Я, Пleshko Михаил Степанович, автор отзыва, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.



Пleshko Михаил Степанович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1.

Официальный сайт: <https://misis.ru/>

Телефон.: +7 499 230-24-57

Эл. почта: [pleshko.ms@misis.ru](mailto:pleshko.ms@misis.ru)

Подпись доктора технических наук, профессора Пleshko М.С. удостоверяю.

« 15 » 04 2026 г.

М.П.

ПОДПИСЬ

Проректор по

и общим вопросам

НИТУ МИСИС



Исаев