

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.201.02**  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ПЕРМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 21.05.2026, протокол № 51

О присуждении Бублику Сергею Анатольевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

**Диссертация** «Разработка методики расчета параметров искусственного замораживания пород в условиях переноса минерализованной влаги» по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» принята к защите 17.02.2026, протокол № 48, диссертационным советом 24.1.201.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (ПФИЦ УрО РАН), 614013, г. Пермь, ул. Ленина, д. 13а, утвержденным приказом Минобрнауки России № 144/нк от 15 февраля 2022 г.

**Соискатель** Бублик Сергей Анатольевич «01» марта 1996 года рождения, в 2020 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», где освоил программу магистратуры по направлению подготовки 01.04.03 Механика и математическое моделирование, направленности (профилю) образовательной программы «Фундаментальная и прикладная механика». Присуждена степень магистра по направлению 01.04.03 Механика и математическое моделирование. В период с 2020 по 2024 год обучался в очной аспирантуре ПФИЦ ГИ УрО РАН, по специальности 21.06.01 – Геология, разведка и разработка полезных ископаемых. Присвоена квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь». В настоящее время работает в лаборатории математического моделирования геотехнических процессов Горного института Уральского отделения Российской академии наук – филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра («ГИ УрО РАН») на должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в лаборатории математического моделирования геотехнических процессов «ГИ УрО РАН».

**Научный руководитель** – доктор технических наук Семин Михаил Александрович, ученый секретарь «ГИ УрО РАН» – филиала Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН (г. Пермь).

**Официальные оппоненты:**

1. Плешко Михаил Степанович, доктор технических наук, профессор кафедры строительства подземных сооружений и горных предприятий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (г. Москва);
2. Тарасов Владислав Викторович, кандидат технических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией строительства и эксплуатации шахтных стволов АО «ВНИИ Галургии» (г. Пермь).

Официальные оппоненты дали положительный отзыв на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет» (г. Тула).

Ведущая организация дала положительный отзыв, подписанный заместителем заведующего кафедрой механики материалов и геотехнологий ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», д-ром техн. наук, доцентом Сарычевым Владимиром Ивановичем.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью, широкой известностью публикаций и достижений в области горной теплофизики и строительстве подземных сооружений.

**Соискатель имеет 35 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 8 работ.**

Основные публикации:

1. Семин М.А., Бровка Г.П., Пугин А.В., Бублик С.А., Желнин М.С. Исследование влияния неоднородности поля температур на прочность ледопородных ограждений стволов шахт // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2021. – №. 9. – С. 79–93.
2. Semin M., Levin L., Bublik S., Brovka G., Brovka A., Agutin K. Parameterization of the Model of Artificial Clay Freezing Considering the Effect of Pore Water Salinity // Fluids. – 2022. – Т. 7. – №. 6. – статья № 186.
3. Бублик С.А., Семин М.А. Анализ подходов к расчету фильтрационных течений подземных вод при моделировании формирования ледопородных ограждений // Вычислительная механика сплошных сред. – 2023. – Т. 16. – №. 1. – С. 46–60.
4. Bublik S., Semin M., Levin L., Brovka A., Dedyulya I. Experimental and Theoretical Study of the Influence of Saline Soils on Frozen Wall Formation // Applied Sciences. – 2023. – Т. 13 – №. 18. – статья № 26.
5. Semin M.A., Bublik S.A. Phase Transitions in Saline Pore Water in Artificial Ground Freezing // Journal of Mining Science. – 2023. – Т. 59. – №. 4. – С. 98–109.
6. Semin M., Levin L., Bublik S. Influence of soil salinity on the bearing capacity of the frozen wall // Frattura ed Integrità Strutturale. – 2024. – Т. 18. – №. 69. – С. 106–114.
7. Пугин А.В., Агеева К.М., Бублик С.А. Исследование критериев надежности ледопородного ограждения при контроле и управлении искусственным замораживанием горных пород // Недрапользование. – 2024. – Т. 24. – №. 4. – С. 247–259.
8. Семин М.А., Левин Л.Ю., Бублик С.А., Бровка Г.П. Влияние концентрации растворенной соли на миграцию влаги в искусственно замораживаемых грунтах // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2025. – №. 2. – С. 111–122.

Публикации в журналах ВАК в полной мере отражают основные научные результаты работы соискателя. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах в тексте диссертации отсутствуют.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:** от оппонентов и ведущей организации.

1. Положительный отзыв официального оппонента **Плешко М.С.** В отзыве отмечается актуальность темы диссертации, степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, научная новизна и практическая значимость выполненных исследований, достоверность результатов исследований, научных положений, выводов и рекомендаций, соответствие содержания паспорту заявленной научной специальности. Оппонент приводит в своем отзыве следующие замечания по диссертации и автореферату:

- 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.

- 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.
- 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.
- 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.

2. Положительный отзыв официального оппонента **Тарасова В.В.** В отзыве отмечается актуальность, научная новизна диссертации, оценены степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, достоверность результатов исследований, научных положений, выводов и рекомендаций, указана значимость работы для науки и практики, даны рекомендации по использованию результатов диссертации.

Оппонент отмечает следующие замечания:

- В 3-й главе, при рассмотрении задач о замерзании рассола в породном массиве приводится список ряда модельных допущений и физических тепло- и массообменных процессов, где автор отмечает: «Ввиду всех принятых модельных допущений можно сказать, что тепло- и массообменные процессы протекают преимущественно в горизонтальной плоскости. По этим причинам рассматриваемую задачу для каждого отдельного слоя пород можно свести к двумерной постановке». Теплоперенос может протекать и в других направлениях - вертикальном, наклонном или объёмном, в зависимости от конкретных условий, причем, как в рамках одного слоя, так и на границах различных слоев горных пород. Причем, это возможно, как в рамках одного слоя, так и на границе слоев пород. Поэтому необходимо понимание и формулировка физических условий, при которых может быть принята приближенная модель горизонтального переноса.
- В 5-й главе, автор утверждает: «При разработке проекта по замораживанию пород, содержащих пресную поровую воду, сначала решается статическая (геомеханическая) задача – определяется требуемая толщина ЛПО по критериям предельно напряженного и предельно деформированного состояния при заданной фиксированной температуре. Затем выполняется теплотехнический расчет: моделируется температурное поле и устанавливается момент времени, когда ЛПО достигает требуемой толщины». Однако в работе не представлены критерии прочности пород, а также, уровни напряжений или деформаций. Эти критерии заменяются требованием «наибольшего прироста» прочности пород, что конечно, не соответствует заявленному предварительному условию.
- Непонятно, каким образом, из системы (3.1 - 3.3) представленных на стр. 69 получается расчетный уровень напряжений в породе при фазовом превращении – замерзании рассола. В диссертации не приведены значения полученных напряжений, поля напряжений или их распределение по толщине ЛПО.

3. Положительный отзыв ведущей организации. В отзыве отмечается актуальность темы выполненной работы, научная новизна диссертации, достоверность и обоснованность защищаемых научных положений, выводов и рекомендаций, научные результаты и их

ценность, теоретическая и практическая значимость результатов. В отзыве перечислены рекомендации по использованию результатов работы.

Ведущая организация отмечает следующие замечания и вопросы:

- По тексту работы встречаются небрежности в порядке расшифровки переменных в составе формул. Так например, переменная  $\gamma_{res}$  впервые встречается в формуле (1.4), но ее расшифровка приводится несколько ниже по тексту, только после формулы (1.5), что доставляет неудобство для понимания.
- 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.
- 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.
- На стр. 119, абзац 3 автор утверждает, что «...соль выпирается в незамороженную область породы, что приводит к повышению концентрации соли на фронте фазового перехода...». Как это утверждение согласуется с принятой моделью движения влаги от фронта фазового перехода к замораживающей колонке? И 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?

**На автореферат поступило 7 отзывов:**

**1. Положительный отзыв от Каймонова М.В., канд. техн. наук, старшего научного сотрудника лаборатории горной теплофизики Института горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Якутск.** В отзыве имеются следующие замечания:

- Автор в диссертации часто употребляет термин «незамороженная вода» (например, стр. 13, 14, 16 и далее). На наш взгляд следует употреблять более общепринятый в мерзлотоведении и гидрологии термин «незамёрзшая вода» применительно к воде, сохраняющей жидкое состояние при отрицательных температурах.
- В автореферате на стр. 19 утверждается, что *«при повышении температуры на замораживающих колонках, может произойти резкое повышение содержания незамороженной воды вблизи колонок, что приведет к значительному снижению прочности пород в объеме ЛПО»*. Однако анализ моделирования пассивного замораживания отсутствует.

**2. Положительный отзыв от Лугина И.В., д-ра. техн. наук, ведущего научного сотрудника лаборатории рудничной аэродинамики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск.** В отзыве имеются следующие замечания:

- В идее работы (стр. 4) указано использование математической модели, но не сказано, математической модели чего именно.
- В чем состоит структурность «структурно-системного подхода» (стр. 5), указанного в методах исследований?

- Научное положение 3 (стр. 5) «Методика расчета...», по существу является практической значимостью диссертационного исследования, но не научным положением.
- Почему для калийных рудников в качестве соли (стр. 8) выбран NaCl, а не соединения калия.
- Чем объясняется очевидное существенное расхождение между экспериментальными данными и их теоретической аппроксимацией, приведенное на рисунке 1б для песка при содержании NaCl=0 г/л (стр. 9)? Следовало бы привести какие-то критерии из аппарата математической статистики для оценки корректности аппроксимации.
- В пункте 9 (стр. 21) «Списка основных работ, опубликованных автором по теме диссертации...», указана публикация в издании «Геосистемы переходных зон», которое не является рекомендуемым изданием из списка ВАК для специальности 2.8.6 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

3. **Положительный отзыв от Здановича М.Я., заместителя технического директора по горным работам Публичного акционерного общества «Уралкалий», г. Березники.** (без замечаний)

4. **Положительный отзыв от Филиппова В.Н., канд. техн. наук, старшего научного сотрудника и Колтышева В.Н., младшего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск.** (без замечаний).

5. **Положительный отзыв от Головатого И.И., канд. техн. наук, первого заместителя директора Открытого акционерного общества «НЕДРА НЕЖИН», Республика Беларусь, Любанский р-н, с/с Реченский** (без замечаний).

6. **Положительный отзыв от Мартюшева Д.А., д-ра. техн. наук, доцента, профессора кафедры «Нефтегазовые технологии» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь.** В отзыве имеется следующее замечание:

- Из текста автореферата неясно, всегда ли температура начала замерзания воды линейно зависит от содержания соли?

7. **Положительный отзыв от Гендлера С.Г., д-ра. техн. наук, профессора, заведующего кафедрой безопасности производств, г. Санкт-Петербург.** В отзыве имеются следующие замечания:

- Математическую модель нестационарного тепло- и массообменных процессов в системе «замораживающая колонка-порода», на наш взгляд, характеризует в большей степени практический результат, чем научную новизну. К научной новизне скорее относятся закономерности, которые лежат в основе этой математической модели.
- Автор рассматривает процесс замораживания насыщенных солями пород, учитывая, при этом, морозное пучение и градиентное течение подземной воды. В этой связи, нам представляется, что в уравнение энергии (4) перед производной температуры по времени в левой части уравнения должна фигурировать величина эквивалентная объёмной теплоёмкости, учитывающая плотности и теплоёмкости фильтрующейся воды, влажной породы, насыщенной растворами солей и пористость, которая изменяется в процессе замерзания пород. То есть, по существу, при формировании ЛПО необходимо принимать во внимание, что породы характеризуются «двойной пористостью», что обуславливает распределение холода от замораживающих колонок между фильтрационным потоком и породными отдельностями, насыщенными растворами солей. Причём, в первом случае перенос теплоты осуществляется, в основном, конвекцией, а во втором, на него оказывает влияние морозное пучение.

- Для нахождения параметров фильтрационного потока автор предлагает два метода оперативного расчёта. Однако в автореферате, не содержится оценок: какой из этих методов следует считать наиболее перспективным, и главное, как этот метод интегрируется в уравнения (4)-(6), которые решаются численно.
- Из содержания автореферата не ясно, какой физический смысл имеет материальная константа в уравнении (1) и каково её численное значение.

Все отзывы положительные, в них отмечено, что диссертация является завершённым исследованием, представляет научный и практический интерес, прошла достаточную апробацию, содержит новые результаты, достоверность которых обоснована. Отмечается также актуальность темы, высокий теоретический уровень работы, привлечение современных методических подходов и обширного объема экспериментальных исследований. Имеющиеся в отзывах замечания связаны с оформлением автореферата диссертации, недостаточной подробностью описания некоторых деталей проведенных исследований в автореферате, а имеющиеся вопросы носят уточняющий характер. Многие замечания выражены в форме пожеланий и рекомендаций.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** методика расчета параметров искусственного замораживания пород при наличии в них растворенных солей;

**установлены** зависимости теплофизических и прочностных свойств пород, а также параметров искусственного замораживания пород от содержания растворенных солей в поровой влаге;

**доказана** значимость учета переноса соли и влаги в объеме ледопородного ограждения при проведении теплотехнического и статического расчетов искусственного замораживания влажных засоленных пород;

**введена** новая классификация зон замороженных пород, с учетом наличия растворенных солей в поровой влаге и практических особенностей возведения ледопородных ограждений.

**Теоретическая значимость исследования** обусловлена тем, что:

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов):**

**применен** комплекс аналитических и численных методов для интерпретации замеренных свойств пород, температурных полей и полей влажности;

**изучено** влияние растворенных солей в поровой влаге на перенос тепла, соли и влаги, при искусственном замораживании влажных засоленных пород;

**раскрыты** закономерности изменения теплофизических и прочностных свойств пород при различных начальных содержаниях соли в поровой влаге и температуре различных типов пород;

**актуализирована** модель искусственного замораживания влажных засоленных пород на предмет учета фазового перехода при выпадении соли в осадок, переноса соли и введении коэффициента распучивания породы, характеризующего перераспределение механических напряжений при морозном пучении.

**Значение полученных соискателем результатов для практики подтверждается тем, что:**

**определены** зависимости предельной несущей способности ледопородного ограждения от количества растворенной соли в поровой влаге;

**созданы** два новых способа оперативного расчета переноса влаги при ее фильтрационном течении на стадиях до и после смыкания ледопородного ограждения, обеспечивающие

снижение вычислительных ресурсов при численном моделировании с сохранением точности моделирования;

**представлены** новые критерии расчета требуемой средней температуры ледопородных ограждений, полученные из условий достижения необходимой степени льдонасыщенности пород и обеспечения водонепроницаемости ледопородного ограждения;

**разработаны и внедрены** методические рекомендации по проектированию искусственного замораживания пород в условиях высокой минерализации поровой влаги для строящихся шахтных стволов на месторождениях солей.

**Достоверность результатов подтверждается тем, что:**

**для экспериментальных работ** — результаты получены на основе анализа большого объема эмпирических данных, полученных общепризнанными средствами измерений, показана воспроизводимость результатов исследований пород с различными свойствами;

**теория построена** на основе фундаментальных законов, согласующихся с известными и полученными экспериментальными данными;

**идея базируется** на применении математической модели тепломассопереноса в замораживаемых породах, учитывающей наличие растворенных солей и миграцию влаги в них для расчета формирования ледопородных ограждений и расчета технологических параметров замораживания пород;

**использован** комплекс научных методов, включающих современные методы обработки и интерпретации экспериментальных данных, компьютерное моделирование процессов тепломассопереноса в породах, валидацию и верификацию разработанных моделей.

**Личный вклад соискателя состоит в** постановке задач, анализе и обработке результатов экспериментальных исследований, постановке математической модели, проведении численных экспериментов и их интерпретации, апробации результатов исследований, подготовке публикаций по выполненной работе.

**Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается** наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов.

На заседании 21 мая 2026 г. диссертационный совет принял решение

*за решение научной задачи по разработке методики учета влияния засоленности поровой влаги на теплофизические и прочностные свойства пород при проектировании искусственного замораживания пород, имеющей важное значение для развития горной промышленности, присудить Бублику С.А. ученую степень кандидата технических наук.*

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.8.6, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – 0, не проголосовало – 0.

Заместитель председателя  
диссертационного совета 24.1.201.02  
д-р техн. наук, профессор  
Санфиоров Игорь Александрович

 / Санфиоров И.А.

Ученый секретарь  
диссертационного совета 24.1.201.02  
канд. техн. наук  
Лобанов Сергей Юрьевич

  
 / Лобанов С.Ю.  
М.П.

«22» мая 2026 г.