

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.10
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 24.12.2025 № 19

О присуждении Коптевой Анастасии Игоревне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка комплексного метода исследования свойств цементного раствора-камня при знакопеременном температурном воздействии мерзлых пород в скважине» по специальности 2.8.2. Технология бурения и освоения скважин принята к защите 23.10.2025, протокол заседания № 15, диссертационным советом ГУ.10 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Санкт-Петербургского горного университета о создании диссертационного совета от 20.04.2023 № 600 адм, с изменениями от 11.07.2023 № 1079 адм, от 25.04.2024 № 633 адм, от 29.07.2024 № 1207 адм, от 11.09.2024 № 1331 адм.

Соискатель, Коптева Анастасия Игоревна, 10 января 1995 года рождения, в 2019 году окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений.

В 2025 году освоила программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре на кафедре бурения скважин федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре бурения скважин федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Двойников Михаил Владимирович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», кафедра бурения скважин, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Самсоненко Наталья Владимировна – доктор технических наук, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Центр технологий строительства и ремонта скважин, главный научный сотрудник;

Коротков Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент, ООО «СибГеоПроект», Департамент геолого-промысловых работ, отдел научных исследований и разработок, начальник отдела; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет»**, г. Самара в своем положительном отзыве, подписанном Нечаевой Ольгой Александровной, кандидатом технических наук, доцентом, директором института нефтегазовых технологий, Ковалем Максимом Евгеньевичем, кандидатом технических наук, доцентом, и.о. заведующего кафедрой «Бурение нефтяных и газовых скважин», Камаевым Даниилом Романовичем, ассистентом той же кафедры, секретарём заседания, и утвержденном Ереминым Антоном Владимировичем, доктором технических наук, доцентом, проректором по научной работе, указала, что теоретическая значимость работы заключается в уточнении механизма формирования структуры цементного камня при гидратации тампонажной системы в условиях возникновения циклических знакопеременных температур; установлении зависимостей возникающих механических напряжений в цементном камне от количества внутрипоровой жидкости, не вступившей в реакцию гидратации с клинкерным материалом, и температуры ее кристаллизации в условиях циклического замораживания и оттаивания. Практическая значимость состоит в разработке комплексного метода исследования свойств тампонажного раствора и цементного камня. Предложенный комплексный метод позволит повысить точность результатов при проведении лабораторных исследований тампонажного раствора и цементного камня и снизить риск нарушения целостности структуры крепи скважины, обеспечивая устойчивую систему к воздействию циклических знакопеременных температур.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ, в том числе в 4 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

(далее – Перечень ВАК), в 2 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получено 2 патента.

Общий объем – 5,63 печатных листов, в том числе 1,88 печатных листов - соискателя.

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Сидоркин, Д.И. Анализ морских сооружений для реализации нефтегазовых проектов в условиях мелководного Арктического шельфа / Д.И. Сидоркин, **А.И. Коптева** // Бурение и нефть. – 2022. – № 6. – С. 24-29. (ВАК № 239 ред. 25.05.2022).

Соискателем проведен анализ отечественного и международного опыта проектирования морских инженерных сооружений для освоения месторождений углеводородов на мелководном шельфе Арктических регионов. Выявлены основные факторы, определяющие стабильность сооружений в данных регионах, включая температурный режим, инженерно-геологические условия и динамику промерзания-оттаивания. На основе анализа конструкций искусственных ледовых сооружений и модульных свайных оснований установлена и теоретически обоснована необходимость учета знакопеременных температурных воздействий при разработке и исследовании тампонажных систем для обеспечения долговечности крепи скважин.

2. Сидоркин, Д.И. Определение времени переходного периода при цементировании газовых скважин в условиях аномально-высоких пластовых давлений / Д.И. Сидоркин, **А.И. Коптева**, А.В. Шаньшеров // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. – 2022. – № 4. – С. 8-12. (ВАК № 307 ред. 07.12.2022).

Соискателем на основе проведенного литературного обзора и анализа требований отраслевых стандартов, выполнены исследования, связанные с изменением консистенции и ВПП тампонажного раствора. На основе анализа выявлены причины миграции газа в затрубное пространство. Установлено, что одной из причин является снижение гидростатического давления тампонажного раствора в затрубном пространстве в период ОЗЦ. В результате исследований установлено, что ВПП тампонажного раствора на основе ПЦТ-I-50 составляет 20 минут, что соответствует допустимым пределам набора СНС от 50 до 250 Па. Полученные результаты определяют необходимость дальнейших исследований влияния низких положительных и отрицательных температур на реологические параметры тампонажных

систем. Установленная зависимость между снижением гидростатического давления и риском газопроявлений обосновывает целесообразность управления реологическими параметрами тампонажных растворов для различных термобарических условий.

3. Двойников, М.В. Обоснование выбора методики расчета реологических параметров тампонажного раствора для крепления скважин / М.В. Двойников, В.И. Никитин, **А.И. Коптева** // Инженер-нефтяник. – 2024. – № 55. – С. 54-61. (ВАК № 1359 ред. 10.06.2024).

Соискателем применен алгоритм на языке *Wolfram Language* для сравнительной оценки методик расчета реологических параметров растворов с учетом влияния температурных условий, химических добавок и водоцементного соотношения. На основе проведенного анализа результатов установлено, что метод наименьших квадратов (МНК) обеспечивает наиболее точное прогнозирования поведения растворов.

4. Кучин, В.Н. Крепление скважин и разобщение пластов в интервалах залегания многолетнемерзлых пород: научно-методические основы / В.Н. Кучин, В.А. Сидоров, **А.И. Коптева** // Деловой журнал *Neftegaz.RU*. – 2025. – № 7(163). – С. 37 41. (ВАК № 1120 ред. 18.03.2025).

Соискателем произведен анализ литературных источников, направленный на определение основных проблем, связанных с воздействием низких температур и знакопеременных тепловых потоков на структурную целостность цементного камня в интервалах залегания ММП. Установлено, что комплекс факторов, включающий: сложные горно-геологические условия, низкие температуры, недоподъем тампонажного раствора, усадка при твердении, а также наличие свободной воды в структуре цементного камня приводят к нарушению герметичности крепи скважины. В результате исследований выявлено, что применение тампонажных растворов с оптимизированным водоцементным соотношением и введение добавок позволяет минимизировать риск образования капиллярных пор. Выявленные дефекты цементного камня (миграционные каналы, «водяные пояса», нарушение адгезии) подтвердили необходимость исследования влияния циклических знакопеременных температур на кинетику формирования открытой и закрытой пористости.

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus:

5. Dvoynikov, M.V. Analysis of methodology for selecting rheological model of cement slurry for determining technological parameters of well casing / M.V. Dvoynikov, V.I. Nikitin, **A.I. Kopteva** // International Journal of Engineering,

Transactions A: Basics. – 2024. – Vol. 37, No. 10. – P. 2042-2050. DOI: 10.5829/ije.2024.37.10a.15.

Двойников, М.В. Анализ методики выбора реологической модели цементного раствора для определения технологических параметров крепления скважин / М.В. Двойников, В.И. Никитин, **А.И. Коптева** // Международный журнал по инженерии, часть А: Основы. – 2024. – Т. 37, №. 10. – С. 2042-2050. DOI: 10.5829/ije.2024.37.10a.15.

Соискателем проведён анализ методик выбора реологической модели технологической жидкости в зависимости. В результате установлено, что оптимальная концентрация реагента снижения водоотдачи составляет 0,2–0,3%, что позволяет снизить свободную воду и обеспечить стабильность реологических параметров в температурном диапазоне до 35°C. Обработка результатов с использованием МНК показал отклонение расчетных коэффициентов реологических моделей от стандартных методов на 7–60%, что подтверждает необходимость уточнения методики определения реологических параметров для повышения точности моделирования гидродинамических процессов.

6. Dvoynikov, M.V. Influence of thermal cycling on cement sheath integrity in permafrost conditions / M.V. Dvoynikov, **A.I. Kopteva**, N.A. Romanova, S.L. Yurtaev, D.A. Gromov // International Journal of Engineering, Transactions A: Basics. – 2026. – Vol. 39, No. 1. – P. 148-158. DOI: 10.5829/ije.2026.39.01a.12.

Двойников, М.В. Влияние циклических знакопеременных температур на структуру цементного камня в условиях многолетнемерзлых пород / М.В. Двойников, **А.И. Коптева**, Н.А. Романова, С.Л. Юртаев, Д.А. Громов // Международный журнал по инженерии, часть А: Основы. – 2026. – Т. 39, № 1. – С. 148-158. DOI: 10.5829/ije.2026.39.01a.12.

Соискателем проведено комплексное исследование влияния циклических знакопеременных температур на целостность цементного кольца в интервалах ММП. Экспериментально установлено, что фазовый переход свободной жидкости в поровом пространстве тампонажной системы при отрицательных температурах инициирует возникновение напряжений, превышающие предел ее прочности на растяжение, что приводит к нарушению структурной целостности цементного камня. Разработан комплексный метод, включающий: анализ горно-геологических условий (ГГУ), моделирование тепловых полей и экспериментальные исследования. На основе анализа ГГУ определяются граничные условия для математического моделирования. Полученные в результате моделирования параметры используются при имитации скважинного температурного режима при

формировании образцов цементного камня в разработанной климатической камере. Установлено и теоретически обосновано влияние циклических знакопеременных температур в период ОЗЦ цементного камня: на его физико-механические свойства, динамику формирования открытой и закрытой пористости, а также на скорость и периодичность гидратационных процессов в тампонажных системах с различным содержанием компонентов.

Публикации в прочих изданиях:

7. **Коптева, А.И.** Цементирования кондукторов в условиях многолетнемерзлых пород / А.И. Коптева, А.В. Шаньширов, М.В. Двойников, П.А. Блинов // Прорывные технологии в разведке, разработке и добыче углеводородного сырья: Тезисы докладов III Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 22–24 мая 2024 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, 2024. – С. 32-33. – EDN GJYFGV.

Соискателем проведен анализ современных исследований в области обеспечения целостности цементного кольца в интервалах ММП. Установлено, что фазовый переход внутрипоровой жидкости в условиях знакопеременных температурных циклах инициирует рост внутренних напряжений и приводит к увеличению проницаемости с 0,00071 до 0,26 мД. По результатам МРТ получено качественное подтверждение изменений внутрипорового пространства.

8. **Коптева, А.И.** Изучение влияния циклических знакопеременных температур на крепь скважин в интервалах залегания многолетнемерзлых пород / А.И. Коптева, Д.А. Громов, В.И. Никитин // Всероссийская научно-практическая конференция «Ашировские чтения»: Сборник статей всероссийской научно-практической конференции, Самара, 13 – 15 ноября 2024 года. Том 2, № 1(16). – Самара: Самарский государственный технический университет, 2024. – С. 126 – 129. – EDN CXMGTN.

Соискателем установлена корреляция между знакопеременными температурными воздействиями в интервалах ММП и нарушением целостности цементного камня. По результатам теоретических и экспериментальных исследований, установлено, что механизм разрушения связан с фазовыми переходами внутрипоровой жидкости в цементном камне, что приводит изменению порового пространства и развитию микротрещин.

Патенты:

9. Патент № 2828105 С1 Российская Федерация, МПК F25D 17/00 (2006.01), G01N 33/38 (2006.01); СПК F25D 17/00 (2024.08), G01N 33/383 (2024.08). Климатическая камера для исследования процесса

термоотверждения образцов цементного раствора при отрицательных температурах. Заявка № 2024117228: заявл. 21.06.2024: опубл. 07.10.2024 / С.Л. Юртаев, Д.А. Громов, А.Ю. Ожигин, **А.И. Коптева**; заявитель/патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II». – 12с.

Соискателем разработана климатическая камера, с целью имитации скважинного температурного режима воздействия и создания циклических знакопеременных температур на исследуемые образцы цементного раствора–камня.

10. Патент № 2838840 С1 Российская Федерация, МПК G01N 3/18 (2006.01), G01N 3/60 (2006.01), G01N 33/38 (2006.01); СПК G01N 3/18 (2025.01), G01N 3/60 (2025.01), G01N 33/383 (2025.01). Устройство для измерения собственных внутренних напряжений при формировании цементного камня в условиях изменения окружающей температуры. Заявка № 2024138416: заявл. 19.12.2024: опубл. 22.04.2025 / С.Л. Юртаев, Д.А. Громов, К.С. Купавых, **А.И. Коптева**; заявитель/патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II». – 11с.

Соискателем разработано устройство для измерения внутренних напряжений в структуре цементного камня в период его формирования и воздействия на него циклических знакопеременных температур.

Апробация работы проведена на 5 научно-практических мероприятиях с докладами, в том числе на 4 международных. За последние 3 года принято участие в 5 научно-практических мероприятиях с докладами, в том числе на 4 международных:

1. Международная научно-практическая конференция «Прорывные технологии в разведке, разработке и добыче углеводородного сырья» (15–16 ноября 2022, г. Санкт-Петербург);
2. XVI Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле» (6-8 апреля 2023, г. Москва);
3. III Международная научно-практическая конференция «Прорывные технологии в разведке, разработке и добыче углеводородного сырья» (22–24 мая 2024, г. Санкт-Петербург);
4. Всероссийская научно-практическая конференция «Ашировские чтения» (13–15 ноября 2024, г. Самара);
5. Международная научно-практическая конференция «Прорывные технологии в разведке, разработке и добыче углеводородного сырья» (20–22

мая 2025, г. Санкт-Петербург).

В диссертации Коптевой Анастасии Игоревны отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: заведующего кафедрой нефтегазового дела ФГБОУ ВО «Иркутский научный исследовательский технический университет», доцента **Н.А. Буглова** и доцента той же кафедры **А.И. Ламбина**; координатора проекта подразделения цементирования ООО «БурСервис», к.т.н. **М.И. Садыкова**; заведующего кафедрой бурения, машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», к.т.н., доцента **М.А. Михеева**; эксперта Центра компетенции по технологиям строительства и ремонта скважин ООО «Газпромнефть НТЦ» **И.В. Денисова** и ведущего эксперта того же центр компетенции, к.т.н. **В.Г. Конесева**; заведующего кафедрой «Высшая математика» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», д.т.н., профессора **В.Г. Григулецкого**; генерального директора ООО «Химпром», к.т.н. **В.В. Минибаева**; начальника технологического отдела ООО «Вэл Про», к.т.н. **А.В. Мацко**; первого проректора ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», заведующего кафедрой технологии и техники бурения скважин, к.т.н., доцента **А.А. Каракозова**; заведующего кафедрой «Нефтегазовые технологии» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», д.т.н., доцента **С.Е. Чернышова**; главного специалиста ООО «Первый проектный институт», к.т.н. **Е.С. Лосевой**; заведующего кафедрой нефтегазовое дела имени профессора Г.Т. Вартумяна ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», д.т.н., профессора **Г.Г. Гиляева**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, логическое построение работы с использованием актуальной научной и статистической информации, однако отмечен ряд замечаний и вопросов:

1. Считаю неприемлемыми для технического языка применение понятия «тензор» в качестве средства измерения напряжений, а не как математического понятия (стр. 4) (**Н.А. Буглов и А.И. Ламбин**);
2. В определении первого защищаемого положения у цифры 8 пропущен знак «минус» (**Н.А. Буглов и А.И. Ламбин**);
3. В тексте документа автором не уточняется, учитывается ли эффект разогрева скважины перед цементированием от процесса бурения (в т.ч.

динамики работы бурильного инструмента), а также промежуточных промывок при спуске обсадной колонны (**к.т.н. М.И. Садыков**);

4. Автором приводятся математические модели изменения напряжений при температурных циклах «замораживания-оттаивания» (табл. 1), однако отсутствует информация о плотности/водоцементном отношении исследуемых смесей и возможности интерполяции полученных зависимостей в случае изменения плотности тампонажных смесей или пересмотра состава, например, при добавлении полуводного гипса, что может изменить результаты исследований (**к.т.н. М.И. Садыков**);

5. В целях дальнейшего развития темы научного исследования автору рекомендуется включить в программу дальнейших работ анализ рецептур тампонажных смесей, апробированных и тиражируемых ведущими отраслевыми подрядчиками для применения в условиях ММП. К числу практически значимых для изучения относятся составы, модифицированные хлоридами кальция и натрия, полуводным гипсом, безводным метасиликатом натрия, а также оксидами кальция и магния (**к.т.н. М.И. Садыков**);

6. Из замечаний можно отметить не вполне понятное ограничение автора 500-ми метрами глубины, хотя на территории страны можно наблюдать интервалы залегания многолетнемерзлых пород, превышающие 1000 м, а также отсутствие рассмотрения специфических условий реликтовой мерзлоты, что, однако не снижает ценности работы (**к.т.н. М.А. Михеев**);

7. Связать результаты работы с анализом горно-геологических условий и технологических мероприятий с целью возможности расширения области применения (**к.т.н. М.А. Михеев**);

8. Провести адаптацию предлагаемых решений с целью возможности ее эффективного применения с базовыми цементами разных типов (**к.т.н. М.А. Михеев**);

9. Для дальнейшего изучения, рекомендуется провести дополнительные лабораторные исследования композиций с учетом ввода в предлагаемые цементные композиции замедлителя времени загустевания цементных растворов, понизителей водоотдачи, пеногасителей, антифризных добавок с целью выявления возможного их влияния на конечные характеристики тампонажного камня (**И.В. Денисов и к.т.н. В.Г. Конесев**);

10. Как замечание по автореферату диссертации можно отметить отсутствие «результатов вычислений», на основе которых «получена математическая модель прогнозирования изменения температуры цементного камня» (уравнение (2), стр. 11, автореферат) (**д.т.н. В.Г. Григулецкий**);

11. Рассмотреть более детально состав цементного теста и его физико-механическое взаимодействие с применяемыми добавками (**к.т.н. В.В. Минибаев**);
12. Привлечь дополнительные аналитические и инструментальные методы анализа для изучения физико-химического состояния воды в цементном тесте от времени образования продукта (**к.т.н. В.В. Минибаев**);
13. Разработать аналогичную методику исследования поведения цементных составов для горно-геологических условий с высокими температурами и давлениями (**к.т.н. В.В. Минибаев**);
14. В описании тензометрических исследований указаны диапазоны температурных циклов и их продолжительность. Для лучшей воспроизводимости методики рекомендуется уточнить скорость нагрева и охлаждения образцов в климатической камере, так как этот параметр может определять кинетику фазовых переходов внутривещной жидкости и, следовательно, возникающие напряжения (**к.т.н. А.В. Мацко**);
15. Недостаточно раскрыто влияние полимера на основе полиакриламида на реологические свойства тампонажной смеси, определяющие технологические параметры закачки раствора (**к.т.н. А.В. Мацко**);
16. Приведенные в таблице 1 (стр. 15) математические зависимости имеют излишнюю точность (практически до 1 Па). Учитывая погрешность инструментального измерения при определении напряжений в МПа, можно было бы обойтись тремя значащими цифрами в этих зависимостях (**к.т.н. А.А. Каракозов**);
17. На странице 11 представлено уравнение 2, в котором имеется величина «скорость жидкости в порах твердой фазы», необходимо пояснить, что именно характеризует данная величина при рассмотрении крепи скважины и какова методика её определения (**д.т.н. С.Е. Чернышов**);
18. На странице 13 автореферата говорится о знакопеременных напряжениях, а на приведенных графиках (рис. 2) они отсутствуют, при этом не представлены соотношения прочностных параметров цементного камня и действующих напряжений. Кроме того, нет информации о величинах деформации (**д.т.н. С.Е. Чернышов**);
19. Из автореферата не совсем понятно каким образом разработанная модель динамики набора прочности цементного камня позволяет давать рекомендации к применению результатов акустической цементометрии для прогноза прочности цементного камня в затрубном пространстве и для чего необходим этот прогноз? (**д.т.н. С.Е. Чернышов**);
20. В пункте 3 заключения говорится о том, что в ходе исследований разработаны математические модели, позволяющие оценить изменение

напряжений при формировании образцов цементного камня в зависимости от температуры и количества циклов в температурном диапазоне от -8 до 0 °С, хотя исследования проводились для температур от -8 до 20 °С, в чем причина такого отличия? (д.т.н. С.Е. Чернышов).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы и их компетентностью в области диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана комплексная экспериментально-аналитическая методика (комплексный метод) исследования свойств тампонажной системы при знакопеременном температурном воздействии мерзлых пород в скважине, включающая моделирование термодинамических условий и имитацию циклов «замораживания-оттаивания» с регистрацией напряжённо-деформированного состояния и структурных изменений цементного камня в период ОЗЦ;

предложены подход и алгоритм имитации в лабораторных условиях скважинного температурного режима в интервалах ММП в период ОЗЦ и последующих воздействия на формирующиеся образцы цементного камня знакопеременных циклических температур на основе разработанной лабораторной климатической камеры и устройства регистрации возникающих напряжений, обеспечивающие сопоставимость результатов лабораторных исследований со скважинными условиями;

доказана перспективность применения разработанного комплексного метода для прогнозирования изменения напряженного состояния цементного камня и оценки его устойчивости к воздействию циклических знакопеременных температур в интервалах ММП;

введены совмещённые зависимости и графические формы представления «прочность-время-температура-влажностное содержание» для описания кинетики набора прочности цементного камня при циклических знакопеременных температурах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения о влиянии циклических знакопеременных температур при ОЗЦ в скважине на формирование физико-механических свойств цементного камня, его открытую и закрытую пористость, а также на скорость и периодичность гидратационных процессов в тампонажных системах с различным содержанием компонентов, что развивает представления о механизмах структурообразования цементного камня в условиях ММП;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** современные методы экспериментальных исследований и математического моделирования, проведение вычислительных экспериментов и статистический анализ результатов;

изложены этапы и обоснование комплексного метода исследования, включая: порядок определения граничных температурно-временных условий по результатам моделирования, методику формирования образцов с регистрацией температуры и напряжений при циклическом воздействии в климатической камере, а также обработку и интерпретацию результатов испытаний;

раскрыты проблемы, характерные для крепления скважин в условиях ММП, включая влияние тепловых потоков при ОЗЦ и последующих циклов «замораживания-оттаивания» на формирование и сохранение структуры цементного камня; рассмотрены деструктивные механизмы, приводящие к нарушению герметичности затрубного пространства в ММП, выделены факторы, оказывающие негативное влияние на формирующийся цементный камень;

изучены причинно-следственные связи между параметрами тампонажной системы, процентным содержанием внутриводяной жидкости, количеством знакопеременных температурных циклов, величиной возникающих механических напряжений и конечными физико-механическими свойствами цементного камня после многократных температурных циклов;

проведена модернизация существующих экспериментальных методик и расчетных моделей, обеспечившая лабораторную имитацию скважинного температурного режима и повышение информативности оценки напряженно-деформированного состояния и структурных изменений цементного камня в интервалах ММП;

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

разработаны и внедрены в 2025 году в производственную деятельность компании ООО «БурСервис» (акт внедрения от 20.01.2025) методические рекомендации по применению комплексного метода исследования для оценки напряженно-деформированного состояния образцов цементного камня, сформированных в условиях мерзлых пород; результаты также используются в учебном процессе Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II при проведении лабораторных и практических занятий, а также при выполнении НИОКР для нефтегазовых компаний;

определены перспективы использования результатов исследования в производственной практике при обосновании рецептуры тампонажных

материалов, включая калибровку данных акустической цементометрии и прогноз долговечности крепи;

создана система практических рекомендаций по применению комплексного метода для лабораторной оценки устойчивости цементного камня к циклическим знакопеременным температурным воздействиям в интервалах ММП, включающая порядок имитации скважинного температурного режима, оценки напряженно-деформированного состояния и анализ структурных изменений цементного камня с учетом полученных экспериментальных зависимостей;

представлены методические рекомендации по применению комплексного подхода в исследовательских лабораториях сервисных компаний и учебном процессе, а также предложения по использованию полученных зависимостей для совершенствования отраслевых нормативных документов;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании в аккредитованной лаборатории, калибровка измерительных датчиков проведена по эталонным образцам, воспроизводимость результатов подтверждена в сериях экспериментов;

теория построена на современных исследованиях в области крепления нефтегазовых скважин в районах Крайнего Севера, характеризующихся наличием в геологическом разрезе ММП, включая фундаментальные законы теплопереноса, исследования изменения структурных особенностей формирующегося цементного камня при воздействии циклических знакопеременных температур, согласуется с опубликованными научными работами по теме диссертации;

идея базируется на обосновании выбора рецептуры тампонажного состава с использованием комплексного метода оценки и подбора его свойств, основанного на тензометрических и микротомографических исследованиях цементного камня при воздействии циклических знакопеременных температур в скважине;

использованы общенаучные и частно-научные методы сравнения и аналогий, анализа и синтеза, а также экспериментальное исследование и математическое моделирование изучаемых процессов, проведение вычислительных экспериментов и анализ графических и числовых результатов;

установлено соответствие полученных результатов поставленной цели исследования и отсутствие противоречий выводов и рекомендаций соискателя положениям теоретико-методологической базы по теме диссертации;

использованы современные качественные и количественные методы, в т.ч. информационно-аналитические, экспериментальные, методы математической

статистики, включая комплексный подход к изучению тампонажной системы с учетом циклических знакопеременных температурных воздействий, исследования физико-механический, фильтрационных свойств, рентгеновский (томографический), ультразвуковой и тензометрический методы.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач диссертационного исследования; анализе зарубежной и отечественной научной литературы по теме исследования цементирования скважин в условиях многолетнемерзлых пород; разработаны и теоретически обоснованы: математические модели, стенды для изучения деформационных изменений в микроструктуре цементного камня при воздействии циклических знакопеременных температур; выполнены экспериментальные исследования, обосновывающие формирование структуры цементного камня в интервалах залегания мерзлых пород.

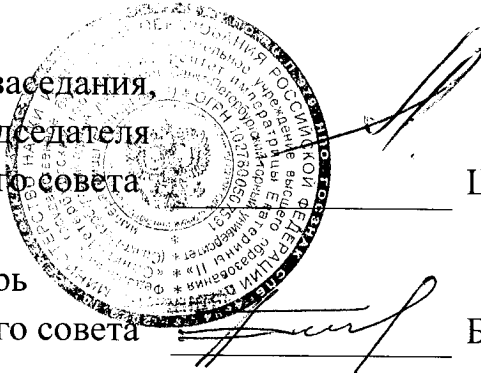
В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Коптева Анастасия Игоревна ответила задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию по обоснованию положений диссертационной работы.

На заседании 24.12.2025 диссертационный совет принял решение присудить **Коптевой Анастасии Игоревне** ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи по разработке комплексного метода исследования свойств цементного раствора-камня, позволяющего подобрать состав тампонажной системы для повышения качества крепления скважин в криолитозоне и имеющего существенное значение для развития нефтегазовой отрасли страны.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 9 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав совета проголосовали: за – 10, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель заседания,
заместитель председателя
диссертационного совета



Шабаров Аркадий Николаевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Блинов Павел Александрович

24.12.2025 г.