

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.7
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 16.07.2026 № 25

О присуждении Баевой Елене Константиновне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Геомеханическое обоснование параметров свайных оснований технологических платформ в условиях криолитозоны» по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика принята к защите 12.05.2026, протокол заседания № 10, диссертационным советом ГУ.7 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 06.02.2023 № 155 адм, с изменениями от 13.07.2023 № 1090 адм, от 29.12.2023 № 1965 адм, от 11.11.2024 № 1690 адм.

Соискатель, Баева Елена Константиновна, 27 августа 1998 года рождения, в 2022 году окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по специальности 21.05.04 Горное дело.

С 01.10.2022 года по настоящее время является аспирантом очной формы обучения кафедры строительства горных предприятий и подземных сооружений федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре строительства горных предприятий и подземных сооружений в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Трушко Владимир Леонидович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», научный институт «Глубинная метагеология», директор института.

Официальные оппоненты:

Сарычев Владимир Иванович – доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет», кафедра механики материалов и геотехнологий, профессор кафедры;

Куранов Антон Дмитриевич – кандидат технических наук, общество с ограниченной ответственностью «Институт Гипроникель», директор по проектированию технологических дисциплин; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**, г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Винниковым Владимиром Александровичем, доктором физико-математических наук, доцентом, заведующим кафедрой Физических процессов и геоконтроля, Пугачом Александром Сергеевичем, кандидатом технических наук, доцентом той же кафедры, секретарем заседания и утвержденном Филоновым Михаилом Рудольфовичем, доктором технических наук, профессором, проректором по науке и инновациям, указала, что автором развита теория численного моделирования взаимодействия сооружений с мерзлыми породами. Введено обоснование разделения факторов термодинамического и физико-химического ослабления структурных связей. Выявлена инвариантность модуля общей деформации засоленных пород к фазовому составу влаги, что дало теоретическую базу для применения свай с пробкой-пятой в условиях криолитозоны. Разработана инженерная методика подбора рациональных параметров свайных оснований и оценки сроков их безопасного нагружения. Доказано, что реализация предложенного способа повышает несущую способность в 1,6 раза и позволяет снизить капитальные затраты на обустройство месторождений по сравнению с традиционными насыпными технологиями.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 5 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы, в том числе в 1 статье - 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 3 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получен 1 патент.

Общий объем – 4,13 печатных листов, в том числе 1,45 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. Трушко, В. Л. Обоснование модели напряженно-деформированного состояния массива мерзлых горных пород / В. Л. Трушко, **Е. К. Баева** // Маркшейдерия и недропользование. – 2024. – № 1(129). – С. 73-79. – DOI 10.56195/20793332_2024_1_73_79. № 1579 Перечня ВАК ред. 22.05.2023 г.

Соискателем обоснована необходимость перехода от простых упругопластических моделей к нелинейным моделям ослабления, учитывающим деградацию ледоцементных связей свайного основания с мерзлым массивом при изменении засоленности. В результате обобщения литературных данных установлены зависимости физико-механических свойств мерзлых пород от температуры, льдистости и фазового состава влаги, а выявленная инвариантность модуля общей деформации к последнему позволила разделить факторы прочности и жесткости в численных моделях. Соискателем доказана необходимость применения численных термо-геомеханических моделей для оценки НДС свайных оснований, что обусловлено малоизученным механизмом перераспределения напряжений в условиях потери бокового сцепления.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

2. Трушко, В. Л. Обоснование рациональных параметров крепи комплекса горных выработок, проводимых в сложных горно-геологических условиях / В. Л. Трушко, **Е. К. Баева** // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2023. – № 12. – С. 55-69. – DOI 10.25018/0236_1493_2023_12_0_55.

Соискателем обоснована ограниченность классических эмпирических и аналитических подходов к оценке устойчивости подземных сооружений и доказана необходимость перехода к пространственному численному моделированию (МКЭ). Установлено, что нормативные методики искажают картину напряженно-деформированного состояния массива, в связи с чем отработанный алгоритм оценки НДС и численные критерии устойчивости послужили методологической основой диссертации. Доказано, что достоверный долгосрочный прогноз взаимодействия несущих конструкций и породного массива, включая учет множественных факторов

ослабления на контактном интерфейсе «свая – мерзлый массив», возможен только с использованием современных численных комплексов, что подтверждает правильность выбранной методологии исследования.

3. Trushko, V. L., **Baeva, E. K.**, Blinov, A. A. Experimental Investigation on the Mechanical Properties of the Frozen Rocks at the Yamal Peninsula, Russian Arctic // Eng. – 2025. – №6(76). DOI: 10.3390/eng6040076.

Трушко, В. Л. Экспериментальное исследование механических свойств мерзлых пород на полуострове Ямал, Российская Арктика / В. Л. Трушко, **Е. К. Баева**, А. А. Блинов // Eng. – 2025. – №6(76). DOI: 10.3390/eng6040076.

На основе лабораторных исследований мерзлых пород Ямала соискателем экспериментально установлено изменение их механических свойств в зависимости от степени засоленности и льдистости, включая литологически детерминированное снижение предельно длительного сопротивления срезу. Выявленный эффект сохранения модуля деформации при интенсивном (на 20–30 %) снижении прочности смерзания послужил геомеханическим обоснованием для разработки конструкции модульных свай с пробкой-пятой. Полученные параметры свойств различных литотипов были использованы для калибровки упругопластических моделей и настройки контактного интерфейса «свайное основание – мерзлый массив». Кроме того, соискателем доказана необходимость комплексного учета влияния фазового состава влаги и температуры, что позволило с помощью термо-геомеханического моделирования достоверно спрогнозировать кинетику обратного смерзания и время восстановления несущей способности свай при тепловом воздействии от гидратации бетона.

4. Trushko, V. L. et al. Geomechanical Substantiation of the Technology of Constructing Modular Pile Foundations of Technological Platforms in Permafrost Rocks // Geotechnics. – 2025. – №5(79). DOI: 10.3390/geotechnics5040079.

Трушко, В. Л. Геомеханическое обоснование технологии возведения модульных свайных оснований технологических платформ в мерзлых породах / В. Л. Трушко, В. Я. Климов, **Е. К. Баева** [и др.] // Geotechnics. – 2025. – №5(79). DOI: 10.3390/geotechnics5040079.

Соискателем обоснована ограниченность применения традиционных свай в засоленных многолетнемерзлых породах и предложена инновационная технология модульных свай с пробкой-пятой для компенсации потери бокового сцепления. На основе верифицированного численного моделирования доказана эффективность изменения геометрии контактной поверхности и детально изучен механизм перераспределения напряжений, при котором рабочая нагрузка переносится с ослабленной засолением поверхности смерзания на лобовое сопротивление торца. Соискателем установлено, что

трансформация механизма работы основания в комбинированную «сваю-стойку» обеспечивает прирост несущей способности в 1,6 раза, что подтверждает возможность эффективного управления напряженно-деформированным состоянием свайного основания.

Патенты/свидетельства на объекты интеллектуальной собственности:

5. Патент № 2841446. Российская Федерация, СПК E02D 27/35 (2025.01). Способ сооружения свай в криолитозоне. Заявка №2024126821: заявл. 12.09.2024: опубл. 06.06.2025 / В. Л. Трушко, В. Я. Климов, Е. К. Баева, А. Ю. Ожигин; заявитель/правообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II». – 14 с.

Соискателем разработан и геомеханически обоснован способ возведения свайных оснований для многолетнемерзлых пород, включающий оригинальную конструкцию модульной сваи-оболочки с пробкой-пятой на байонетном соединении. На основе критического анализа недостатков существующих технологий соискателем обоснована целесообразность перехода к комбинированной схеме работы, перераспределяющей нагрузку с ослабленной боковой поверхности на торцевое сопротивление, что критически важно для засоленных грунтов. По результатам реализованного соискателем численного моделирования доказано увеличение несущей способности предложенной конструкции в 1,6 раза по сравнению с прототипом и подтверждена возможность ее эффективного демонтажа за счет теплового воздействия.

Апробация основных положений и результатов исследований диссертационной работы проведена на научно-практических мероприятиях с докладами:

1. «Арктика как зона сотрудничества стран БРИКС» (г. Москва, 12.10.2023);

2. Всероссийская конференция с международным участием «II Лавёровские чтения – Арктика: актуальные проблемы и вызовы» (г. Архангельск, 13.11-17.11.2023);

3. 16 Международная научная школа молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых» (г. Москва, 23.10-27.10.2023);

4. XX Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, 2.12-6.12.2024);

5. Международный научный симпозиум «Неделя горняка» (г. Москва,

3.02-7.02.2025);

6. 17 Международная школа молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых» (г. Москва, 27.10-31.10.2025).

В диссертации Баевой Елены Константиновны отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: главного инженера проектов АО «НИПИИ «Ленметрогипротранс», к.т.н. **Р.И. Ларионова**; заместителя генерального директора – главного инженера ООО «Геотехническое бюро» **А.Б. Максимова**; генерального директора ООО «СИМС СТРОЙ СПб» **А.В. Стрелецкого**; заместителя генерального директора по научной работе ООО «Полигор», д.т.н. **Д.В. Сидорова**.

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 отмечены ряд замечаний:

1. В таблице 1 автореферата представлены параметры предложенных нелинейных моделей ослабления прочности смерзания, при этом для связных мерзлых пород (супеси, суглинки, глины) коэффициент детерминации находится в диапазоне 0,53–0,59. В тексте автореферата не поясняется, какие именно неучтенные в математической модели факторы (например, изменение суммарной влажности, льдистости или особенности криогенной текстуры массива) обусловили наблюдаемый разброс экспериментальных данных относительно аналитических кривых. (**к.т.н. Р.И. Ларионов**);

2. При описании лабораторных исследований методом шарикового штампа не уточняется, каким образом учитывался масштабный эффект при переходе от испытаний образцов к прогнозу несущей способности натурных свайных оснований технологических платформ. (**А.Б. Максимов**);

3. В автореферате отмечается, что для несвязных пород (песков) снижение прочности смерзания при увеличении засоленности описывается линейной зависимостью. Однако не вполне ясно, учитывалось ли при этом влияние гранулометрического состава исследуемых песчаных пород (например, преобладающей крупности фракций) на интенсивность снижения. (**А.В. Стрелецкий**);

4. В работе доказана эффективность применения свай с пробкой-пятой для засоленных пород. При этом в автореферате недостаточно подробно раскрыты технологические аспекты и последовательность устройства самой

пробки-пятны на практике в суровых условиях криолитозоны, что несколько затрудняет оценку производственной технологичности предложенного решения. **(А.В. Стрелецкий);**

5. Оценивалось ли влияние морозобойных трещин на устойчивость свайных оснований в многолетних мерзлых породах разной степени засоленности? **(д.т.н. Д.В. Сидоров).**

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 новая экспериментальная методика параметрического обеспечения численного моделирования НДС на границе «свая – мерзлый массив», включающая изменение температурного градиента вдоль оси сваи; **предложен нетрадиционный подход** к расчету предельно-длительного сопротивления срезу по боковой поверхности смерзания от совместного влияния степени засоленности и литологического состава для связных дисперсных пород, учитывающий механизм разрушения ледоцементных связей;

доказана зависимость предельно-длительного сопротивления срезу мерзлых пород по боковой поверхности от совместного влияния степени засоленности и литологического состава;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:
доказано положение о влиянии термомеханического фактора (экзотермического эффекта твердения бетона в сочетании со снижением температуры начала замерзания засоленных пород) на формирование вокруг сваи кольцевой зоны растепления и нелинейное увеличение времени температурно-прочностной стабилизации контактной зоны; применительно к проблематике диссертации результативно **использован** комплекс базовых методов исследований, в т.ч. лабораторные испытания, статистическая обработка данных на основании регрессионного анализа, а также элементы численного моделирования в части прогноза термомеханических процессов;

изложены параметры нелинейной (степенной) зависимости снижения предельно длительного сопротивления срезу мерзлых связных дисперсных пород от засоленности;

раскрыты недостатки традиционных методов расчета свайных оснований, связанные с линейным описанием потери прочности связных пород при

засоленности и неучетом выделения теплоты при гидратации бетона, что приводит к существенной переоценке несущей способности мерзлого массива до момента его смерзания со свай;

изучены основные факторы, влияющие на несущую способность и деформируемость свайных оснований в условиях криолитозоны, включая степень засоленности порового раствора, литологический состав, фазовый состав влаги, а также термомеханические факторы (экзотермический эффект твердения бетона и снижение температуры начала замерзания);

проведена модернизация методического подхода к комплексному прогнозированию напряженно-деформированного состояния и несущей способности системы «свайное основание – мерзлый массив», включающая введение расчетных номограмм набора прочности смерзания во времени и аналитического расчета коэффициента конструктивного упрочнения при использовании модифицированных свай.

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

разработаны и внедрены практические рекомендации по определению рациональных параметров свайных оснований и безопасных сроков начала их нагружения, а также методики выбора и параметризации расчетных моделей для подготовки технико-коммерческих предложений и проектирования объектов на арктическом шельфе и в других районах криолитозоны;

определены перспективы использования результатов исследования в производственной практике при технико-экономическом обосновании применения модульных свай с пробкой-пятой при строительстве технологических платформ на месторождениях (в том числе полуострова Ямал), осложнённых наличием засоленных многолетнемерзлых пород;

создана система практических рекомендаций, включающая комплекс расчетных номограмм для определения безопасных сроков начала нагружения технологических платформ и вычисления коэффициента конструктивного упрочнения свай с пробкой-пятой в зависимости от степени засоленности массива;

представлены методические рекомендации по назначению расчетных деформационно-прочностных характеристик засоленных мерзлых пород при проектировании свайных оснований.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на основе репрезентативной выборки (исследовано 380 образцов с полуострова Ямал) с использованием нормативных методик компрессионного сжатия, испытания

методом шарикового штампа и одноплоскостного среза, воспроизводимость и надежность результатов подтверждена статистической обработкой и сопоставлением с данными полевых испытаний;

теория построена на фундаментальных трудах отечественных и зарубежных ученых по геомеханике, механике мерзлых пород и горной теплофизике, согласуется с известными экспериментальными данными о физико-химическом механизме ослабления ледоцементных связей под воздействием засоления;

идея базируется на анализе практики проектирования и строительства свайных оснований в криолитозоне, а также обобщении передового опыта управления их напряженно-деформированным состоянием при помощи конструктивных модификаций;

использованы результаты лабораторных исследований, полевых испытаний свай и материалы ранее опубликованных исследований геомеханических процессов в мерзлых массивах;

установлено качественное и количественное совпадение результатов разработанных численных и аналитических моделей с данными натурных полевых испытаний свай, а также высокая сходимость с независимыми литературными источниками и экспериментальными данными;

использованы современные стандартизированные методы лабораторных испытаний, методы конечно-элементного моделирования и статистического анализа, примененные к представительной выборке из 380 образцов многолетнемерзлых пород полуострова Ямал с обоснованным разделением по литотипам и степени засоленности.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач диссертационного исследования; анализе широкого перечня отечественной и зарубежной научной литературы по тематике исследования; разработке методических подходов и выполнении комплекса лабораторных испытаний по определению физико-механических свойств многолетнемерзлых пород; обосновании, построении численной модели системы «свайное основание – мерзлый массив» и определении её параметров; обосновании необходимости учета влияния термомеханических факторов на напряженно-деформированное состояние свайных оснований технологических платформ; а также в формулировании практических рекомендаций по применению полученных зависимостей и подбору рациональных конструктивных параметров свайных оснований.

В диссертации отсутствуют заимствованные материалы без ссылки на автора и (или) источник заимствования, результаты научных работ, выполненных Бaeвой Е.К. в соавторстве, без ссылок на соавторов.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Баева Елена Константиновна ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию по обоснованию положений диссертационной работы.

На заседании 16.07.2026 диссертационный совет принял решение присудить **Баевой Елене Константиновне** ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи разработки способа повышения несущей способности свайных оснований технологических платформ в условиях криолитозоны и геомеханического обоснования его параметров, имеющей существенное значение для развития инфраструктуры нефтегазовой и горнодобывающей промышленности при освоении минерально-сырьевых ресурсов Арктической зоны Российской Федерации.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 4 доктора наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

16.07.2026



Протосеня
Анатолий Григорьевич

Афанасьев
Павел Игоревич