

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Пронозина Якова Александровича,
Профессора, доктора технических наук,
профессора кафедры «Строительное производство и геотехника»
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»
на диссертационную работу Зорина Дмитрия Васильевича на тему:
«Несущая способность буровых свай в искусственно засоленных
многолетнемерзлых грунтах»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения

Актуальность темы исследования

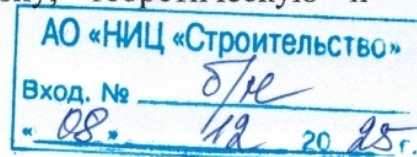
Несомненно, выбранная тема исследования является актуальной в настоящее время. Освоение районов Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока сопряжено со строительством в сложных инженерно-геокриологических условиях, в том числе характеризующихся сплошным или островным распространением многолетнемерзлых грунтов. Применение буровых свай, формируемых непосредственно в скважине, обладает значительными экономическими и технологическими преимуществами по сравнению с использованием свай заводского изготовления в условиях слаборазвитой транспортной инфраструктуры в данных регионах. Однако существующие нормативные документы, в частности СП 25.13330.2020, не рекомендуют использование буровых свай в многолетнемерзлых грунтах из-за рисков, связанных с массообменом между бетонной смесью с химическими добавками и многолетнемерзлым грунтом, приводящим к его засолению и снижению прочностных характеристик. Отсутствие достоверной методики расчета несущей способности таких свай сдерживает их широкое практическое применение. Таким образом, разработка метода прогноза несущей способности буровых свай в искусственно засоленных многолетнемерзлых грунтах является актуальной и своевременной задачей.

Структура и содержание работы

Рецензируемая диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 174 наименований, содержит 152 страницы текста, 63 иллюстрации и 21 таблицу.

Диссертационная работа написана грамотным профессиональным языком, диссертация имеет четкую структуру - все главы логически выстроены и системно взаимосвязаны, что дает полное представление о цели научной работы и достигнутых научных результатах исследования.

Во введении автор обосновывает актуальность выбранной темы исследования, степень ее разработанности, объект и предмет исследования, цель и задачи научной работы, научную новизну, теоретическую и



практическую значимость, методологию и методы исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности защищаемых положений и результаты апробации работы.

Первая глава представляет собой обзор отечественных и зарубежных литературных источников в области опыта и особенностей устройства свайных фундаментов в криолитозоне. Проанализирована существующая нормативно-методическая база и выявлено. Обозначено, что действующий СП 25.13330.2020 ограничивает использование буровых свай из-за риска снижения их несущей способности вследствие массообмена и растепления многолетнемерзлого грунта основания. Приведено обоснование необходимости проведения исследования по причине отсутствия единой научно обоснованной методики расчета для условий искусственного засоления многолетнемерзлых грунтов основания при устройстве буровых свай.

Обзор научных работ, представленный в первой главе диссертации, в достаточной мере отражает состояние вопроса по выбранной теме исследования.

Вторая глава посвящена изложению методологии и программы проведения экспериментальных исследований. На основе анализа существующих противоморозных добавок был принят единый для всех опытов состав бетонной смеси с комплексной химической добавкой, включающей формиат натрия и ПФМ-НЛК. Автором предложен и апробирован способ подготовки образцов для определения сопротивления сдвигу засоленных грунтов, который имитирует натуральный процесс устройства буровых свай путем заливки подогретого цементного раствора с добавкой на мерзлый грунт. Дополнительно автором рассматривались варианты как с применением гидроизолирующего материала по контактной поверхности, так и без него. Экспериментальные исследования включали лабораторные испытания по определению предельно длительного сопротивления сдвигу при одноплоскостном срезе для незасоленных и искусственно засоленных образцов грунта, лотковые испытания фрагментов свай в мерзлом грунте с определением температуры грунта и степени его засоленности, а также натурные статические испытания полноразмерных буронабивных свай на опытной площадке в Якутске.

В третьей представлены результаты экспериментальных исследований сопротивления сдвигу искусственно засоленных мерзлых грунтов. Путем статистической обработки результатов испытаний автором были получены зависимости сопротивления сдвигу засоленных глинистых и песчаных грунтов от температуры окружающего грунта. Анализ результатов показал, что использование единого понижающего коэффициента, рекомендуемого нормами, дает существенные расхождения с экспериментальными данными: так, для суглинка экспериментальные значения могут превышать нормативные на 30%, для песка на 15–35%. На основе экспериментальных

данных установлено, что для глинистого грунта отношение сопротивления сдвигу засоленного грунта к незасоленному составило 0,87, а для песчаного — 0,52. В результате получена зависимость, характеризующая сопротивление сдвигу грунта через степень засоленности и безразмерную температуру, позволяющая получать расчетное сопротивление сдвигу искусственно засоленного грунта.

В четвертой главе представлены результаты расчетно-теоретических исследований массо- и теплообмена между материалом буровой сваи и окружающим многолетнемерзлым грунтом основания. С использованием численных методов выполнены расчеты теплового взаимодействия буровых свай различных диаметров с грунтом основания, учитывающие экзотермический эффект реакции твердения бетонной смеси. В результате была получена зависимость времени замерзания свайного основания от начальной температуры грунта и соотношения его теплофизических характеристик, а также диаметра сваи. Дополнительно выполнены расчеты по определению концентрации порового раствора и степени засоленности грунта вокруг буровой сваи в зависимости от удаления от ствола сваи и времени, прошедшего с момента ее устройства. Автором предложена трехзонная расчетная схема основания сваи, которая включает приконтактную зону А толщиной примерно 20 миллиметров с максимальной степенью засоленности и минимальным сопротивлением сдвигу, переходную зону Б с переменными параметрами и зону В, представляющую собой грунт с исходными физико-механическими характеристиками. Для расчета автором рекомендовано использовать наихудшие параметры, характерные для зоны А.

В пятой главе представлена усовершенствованная методика определения несущей способности буровых свай в искусственно засоленных многолетнемерзлых грунтах. Усовершенствование достигается путем использования коэффициента условий работы, который учитывает снижение сопротивления сдвигу искусственно засоленного многолетнемерзлого грунта. Автором разработаны и представлены таблицы частных значений указанного коэффициента для принятой химической добавки в зависимости от вида грунта, его температуры, диаметра сваи и теплофизических свойств. Эффективность усовершенствованной методики подтверждается на основе сравнения с данными натурных испытаний буровых свай: так, сравнение несущей способности, определенной по новой методике, с результатами статических испытаний натурных свай показало, что расхождение не превышает 16%, а достоверность расчета повысилась на 40% по сравнению с существующим нормативным подходом. Также в главе представлен запатентованный способ устройства буровой сваи в многолетнемерзлых грунтах с нанесением гидроизоляционного покрытия на стенки скважины, которое исключает массообмен и позволяет повысить сопротивление сдвигу.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

В анализируемой диссертационной работе была корректно поставлена цель исследования, которая заключается в совершенствовании методики определения несущей способности буровых свай в искусственно засоленных многолетнемерзлых грунтах. Данная цель согласуется как с названием диссертации, так и с поставленными задачами, всей структурой диссертации, полученными результатами и научной новизной.

Цель диссертационной работы полностью реализована и раскрыта через решение поставленных соискателем основных задач:

- выполнить аналитический обзор научно-технической, методической и нормативной литературы, затрагивающей вопросы теплообмена и массообмена между бетоном буровых свай, изготовленных с применением химических добавок, и многолетнемерзлым грунтом, а также методы расчета несущей способности и способы их устройства;
- провести комплексные лабораторные исследования по выявлению механизмов и закономерностей изменения степени засоленности и предельно длительного сопротивления сдвигу мерзлых грунтов при устройстве буровых свай при различных температурах основания;
- выполнить расчетно-теоретическое исследование времени замерзания и степени засоленности грунтов основания буровой сваи после ее устройства;
- усовершенствовать методику определения несущей способности буровых свай в искусственно засоленных многолетнемерзлых грунтах;
- апробировать методику путем сравнения расчетных значений со значениями, полученными по результатам статических испытаний натуральных свай.

Объектом исследования соискатель определил многолетнемерзлые глинистые и песчаные грунты, искусственно засоленные вследствие массообмена между раствором и грунтом при устройстве буровых свай. Предметом исследования является несущая способность буровых свай в искусственно засоленных многолетнемерзлых грунтах.

Основное содержание диссертационной работы отражено в опубликованных автором 9 научных работах, из которых 2 работы проиндексированы в Scopus, 4 работы опубликованы в источниках по перечню ВАК РФ. Анализ содержания опубликованных работ показывает, что в них достаточно полно отражено основное содержание выполненного исследования. В своих публикациях автор раскрывает и подтверждает обоснованность разработанных научных положений диссертационного исследования.

Научная новизна

Диссертационная работа обладает научной новизной. Научная новизна работы заключается в:

- установлении закономерностей изменения времени замерзания грунтов основания буровых свай, степени засоленности и сопротивления сдвигу мерзлых грунтов во времени;
- разработке нового способа подготовки образцов для определения сопротивления сдвигу искусственно засоленных грунтов;
- усовершенствовании методики определения несущей способности буровых свай в искусственно засоленных многолетнемерзлых грунтах, повышающей достоверность расчетов на 40%;
- экспериментальном обосновании эффективности гидроизоляционного покрытия стенок скважины при устройстве буровых свай в многолетнемерзлых грунтах.

Полученные научные результаты, выводы и рекомендации соискателя можно охарактеризовать как соответствующие содержанию выполненных исследований.

Научная и практическая ценность диссертации

Научная значимость диссертационной работы заключается в раскрытии сущности механизмов тепломассопереноса между бетонной смесью буровых свай с химическими добавками и многолетнемерзлыми грунтами основания. Развиты представления о закономерностях изменения прочностных свойств искусственно засоленных многолетнемерзлых грунтов основания при устройстве буровых свай. Установлены зависимости сопротивления сдвигу мерзлых глинистых и песчаных грунтов от температуры и степени засоленности. Получена нелинейная зависимость времени замерзания оснований буровых свай после их устройства от диаметра свай, начальной температуры и теплофизических свойств грунтов. Выявлены закономерности изменения концентрации порового раствора и степени засоленности грунтов вокруг свай во времени, что развивает представления о процессах массообмена в системе «буровая свая - многолетнемерзлый грунт».

Практическая значимость работы заключается в разработке и апробации усовершенствованной методики определения несущей способности буровых свай в искусственно засоленных многолетнемерзлых грунтах, которая позволяет повысить достоверность расчетов на 40% по сравнению с существующим нормативным подходом. Для практического применения методики определены частные значения коэффициента условий работы буровой свай для различных типов грунтов, температурных условий и диаметров свай. Практическую ценность имеет разработанный и запатентованный способ устройства буронабивной свай в многолетнемерзлом грунте с применением гидроизоляционного покрытия стенок скважины, который исключает массообмен между бетоном и грунтом и обеспечивает увеличение сопротивления сдвигу.

Результаты работы внедрены в практику проектирования и использованы при актуализации нормативных документов.

Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки

Полученные в диссертационной работе результаты несомненно имеют значение в области развития геотехники и практики проектирования свайных фундаментов в многолетнемерзлых грунтах. Усовершенствованная методика определения несущей способности буровых свай в искусственно засоленных многолетнемерзлых грунтах является основой для понимания сложных процессов тепломассопереноса в системе «буровая свая - многолетнемерзлый грунт». Установленные закономерности изменения прочностных характеристик мерзлых грунтов в зависимости от степени засоленности и температурных условий расширяют представления о поведении искусственно засоленных мерзлых грунтов и создают теоретическую основу для дальнейших исследований в области длительной прочности и устойчивости грунтовых оснований.

Полученные в работе результаты дают возможность для расширения применения буровых свай в практике строительства в криолитозоне.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать при проектировании свайных фундаментов из буровых свай на многолетнемерзлых грунтах для объектов промышленного и гражданского строительства в районах Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока.

Полученные закономерности изменения сопротивления сдвигу мерзлых грунтов от температуры и степени засоленности, а также выявленные особенности массообмена в системе «буровая свая- мерзлый грунт» следует учитывать при разработке и актуализации нормативных документов по проектированию и устройству оснований и фундаментов на многолетнемерзлых грунтах. Разработанный и запатентованный способ устройства буронабивной сваи с гидроизоляцией стенок скважины рекомендуется к внедрению в практику строительства для исключения негативного влияния засоления на несущую способность свай.

Замечания по диссертационной работе:

1. Чем обусловлена линейная зависимость сопротивления мерзлого грунта сдвигу по поверхности смерзания со свай в зависимости от температуры на рисунках 1.14 и 1.15, представленная из других источников, с учетом того, что даже в СП25.13330.2021 эта зависимость имеет выраженный нелинейный характер?

2. В Таблице 2.3 отсутствуют характеристики, как-то: льдистость, температура и т.д., во многом определяющие мерзлое состояние грунтов. Также в таблице 2.2 нет данных о льдистости грунта, в наименовании грунта указано, например, «Суглинок легкий, мягкопластичный», что применяется при описании талых грунтов, в наименовании же мерзлых грунтов указывается льдистость, криотекстура и т.д.

3. На странице 70 сказано, что «...В рамках диссертационной работы установлены зависимости предельно длительного сопротивления сдвигу мерзлых глинистых и песчаных грунтов, искусственно засоленных в результате устройства буровой сваи, от температуры...». Данные зависимости справедливы для всего диапазона льдистости и всех разновидностей глинистых и песчаных грунтов?

4. Согласно рисунку 3.11 сопротивление сдвигу песчаных и глинистых грунтов одинаково при температуре минус 1°C . Это совпадение для данных грунтов или может быть распространено на все другие грунты?

5. В таблице 5.1 диссертации представлены разработанные автором коэффициенты условий работы для буровых свай. Грунты в таблице подразделяются на суглинки и глины, пески и супеси. В лабораторных экспериментах исследовались пески и суглинки, при натурных испытаниях площадка была сложена песчаными грунтами. На основании чего получены данные для глин и супесей? Льдистость грунта не имеет значения?

Следует отметить, что указанные замечания не снижают значимости и законченности проведенных исследований соискателя Зорина Дмитрия Васильевича. Указанные замечания отражают сложность, уникальность и многогранность рассматриваемой автором проблемы.

Соответствие диссертации научной специальности

Диссертация Зорина Дмитрия Васильевича соответствует паспорту научной специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения в части следующих пунктов:

- п. 1. Разработка научных основ и практических методов инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, основанных на математических моделях грунтовой среды и горных пород и обеспечивающих методы расчёта оснований и фундаментов и подземных сооружений исходной информацией о физико-механических характеристиках грунтовой среды и горных пород и их изменениях в результате различных воздействий;

- п. 5. Разработка новых методов расчета, проектирования и испытаний высокоэффективных конструкций, способов и технологий устройства оснований и фундаментов в особых инженерно-геологических условиях: на слабых, насыпных, просадочных, засоленных, набухающих, закарстованных, вечномёрзлых, пучинистых и других грунтах;

- п. 15. Экспериментальные исследования, направленные на изучение процессов взаимодействия фундаментов и грунтового основания, с целью выявления новых особенностей такого взаимодействия, оценки эффективности новых конструкций фундаментов, обоснования расчетно-теоретических моделей грунтового основания и численных решений геотехнических задач.

Заключение

Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод, что

диссертация Зорина Дмитрия Васильевича на тему «Несущая способность буровых свай в искусственно засоленных многолетнемерзлых грунтах» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, научной и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития соответствующей отрасли наук.

Диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Зорин Дмитрий Васильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Официальный оппонент

Доктор технических наук по специальности 2.1.2 (05.23.02). Основания и фундаменты, подземные сооружения, профессор, профессор кафедры «Строительное производство и геотехника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет»

Адрес: 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38

Телефон: 8(922)-260-20-83

E-mail: pronozinja@tyuiu.ru

Согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Пронозин Яков Александрович

«1» 12 2025 г.

