

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, доцента кафедры геотехники
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет» (ФГБОУ ВО «СПбГАСУ»)

Бояринцева Андрея Владимировича

на диссертационную работу Зорина Дмитрия Васильевича на тему:

«Несущая способность буровых свай в искусственно засоленных многолетнемерзлых грунтах»,

Представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения

Актуальность темы диссертации

В современных условиях в криолитозоне России для передачи нагрузок от зданий и сооружений на основание в большинстве случаев применяются свайные фундаменты, а их основания используются по принципу I, с сохранением многолетнемерзлого состояния на весь период эксплуатации. Известно, что механические свойства грунтов основания изменяются при различных физических и химических процессах, возникающих в ходе устройства свай, и определяют их дальнейшую несущую способность. В связи с вышеизложенным, а также с учетом необходимости реализации основных задач в сфере социального развития Арктической зоны страны разработка расчетных методик, применяемых при проектировании оснований свайных фундаментов в районах распространения многолетнемерзлых грунтов, является важным направлением для научных исследований, а выбранная тема диссертационной работы – актуальной, позволяющей усовершенствовать нормативно-техническую базу для практического применения буровых свай, изготовленных с применением химических добавок.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и приложения. Общий объем диссертации составляет 152 страницы, включая 63 рисунка, 21 таблицу и список литературы из 174 пунктов. Целью работы является совершенствование методики определения несущей способности буровых свай в искусственно засоленных многолетнемерзлых грунтах.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, приведена общая характеристика работы, цель и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость. Представлены положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен обзор работ, посвященных особенностям и опыту устройства буровых свай с химическими добавками в многолетнемерзлых грунтах, тепло- и массообмену, возникающим при их устройстве. Выполнен анализ методики расчета несущей способности таких свай по грунту.

Отмечено, что существующая методика обладает низкой достоверностью. По результатам выполненного аналитического обзора автором определены цель и задачи диссертационного исследования, решение которых позволит получить уточненную методику определения несущей способности свай, учитывающую степень искусственного засоления многолетнемерзлых грунтов основания и позволяющую повысить достоверность расчета.

Во второй главе в соответствии с поставленными целями и задачами описана методология экспериментальных исследований, включающая комплекс лабораторных и полевых испытаний мерзлых грунтов, подвергшихся искусственному засолению. Описаны методы проведения испытаний, способы подготовки образцов, в том числе предложенные автором, приведены свойства использованных в работе грунтов, а также состав и параметры бетонной смеси. Лабораторные исследования проведены на грунтовых пастах. Исследованию подвергались суглинок легкий, мягкопластичный в оттаявшем состоянии и песок средней крупности, влажный в оттаявшем состоянии. Предельно длительное сопротивление сдвигу грунтов определялось по результатам испытаний на одноплоскостной срез на приборах конструкции Садовского А.В. Для статистической обработки результатов испытаний использовалась корреляционная зависимость, аппроксимирующая опытные данные по сопротивлению грунтов сдвигу линейной функцией от температуры. По результатам лотковых испытаний также определялось сопротивление сдвигу, а также степень засоленности грунтов на боковой поверхности фрагментов свай диаметром 350 мм. Степень засоленности определялась через концентрацию водного раствора кондуктометрическим методом путем измерения электрической проводимости вытяжек по заранее полученной автором зависимости. Полевые испытания натурных буронабивных свай для определения несущей способности проводились по стандартной методике до срыва на опытной площадке, сложенной многолетнемерзлыми песчаными грунтами, в городе Якутске.

В третьей главе представлены результаты лабораторной части проведенных экспериментальных исследований. Приведены зависимости предельно длительного сопротивления сдвигу мерзлых глинистого и песчаного грунтов от температуры и степени засоленности, полученные автором с использованием собственных и сторонних экспериментальных данных. Представлены результаты испытаний на одноплоскостной срез образцов грунта, покрытых слоем жидкой резины в качестве гидроизолирующего материала. Показано, что гидроизоляция грунта позволяет повысить сопротивление сдвигу в 1,2–1,3 раза по сравнению с искусственно засоленными образцами. Сделан вывод о том, что сопротивление сдвигу искусственно засоленных грунтов основания свай изменяется в зависимости от продолжительности протекания массообменных процессов, то есть со временем при выравнивании степени засоленности грунтов вокруг свай имеет место увеличение прочности

основания. Установлено, что сдвиг в процессе нагружения происходит по поверхности грунт — грунт аналогично буронабивным сваям в талых (немерзлых) грунтах.

В четвертой главе представлены результаты расчетно-теоретического исследования, включающего серии численных расчетов теплового взаимодействия бетона и многолетнемерзлого грунта основания буровых свай, выполненных в программном комплексе Борей 3D, и расчетов концентрации порового раствора и степени засоленности грунтов. Путем статистической обработки результатов теплотехнических расчетов получена нелинейная многофакторная зависимость, которую предложено использовать в качестве методики предварительной оценки времени замерзания оснований, оттаявших в процессе устройства свай различных диаметров, от начальной температуры и теплофизических свойств многолетнемерзлых грунтов на этапе проработки конструктивных решений при проектировании фундаментов. Представлена схема для расчета несущей способности свай. Установлены зависимости концентрации порового раствора грунтов вокруг свай на различные моменты времени. С использованием полученных результатов определены величины степени засоленности грунтов основания свай различных диаметров и значений времени замерзания оттаявших оснований, что позволило развить представления о механизме и закономерностях изменения степени засоленности многолетнемерзлых грунтов основания буровых свай.

В пятой главе приведена усовершенствованная расчетная методика определения несущей способности буровых свай, изготовленных с применением химических добавок, в рамках которой сопротивление грунтов сдвигу предложено определять с использованием коэффициента условий работы $\gamma_{sh, sal}$, равного отношению сопротивлений сдвигу искусственно засоленного и незасоленного грунтов. Представлено множество значений коэффициента, определенное в рамках диссертационного исследования для принятого состава комплексной химической добавки. С использованием полученных значений выполнена апробация усовершенствованной методики по экспериментальным данным, полученным автором по результатам статических испытаний свай. Апробация результатов показала, что усовершенствование методики приводит к повышению достоверности расчета несущей способности свай на 40% по сравнению со стандартной методикой. Представлен разработанный автором способ устройства буровой сваи в многолетнемерзлом грунте, исключаящий массообмен между бетоном и грунтом за счет гидроизоляции стенок скважины.

В заключении приведено обобщение результатов работы, даны общие выводы по результатам проведенных исследований и перспективы дальнейшей разработки темы исследований. В качестве перспективных направлений выделено изучение механизмов и закономерностей изменения прочностных и деформационных свойств многолетнемерзлых грунтов основания буровых свай, изготовленных с применением других составов современных бетонов, развитие инженерных методов

расчета температурного состояния оснований буровых свай, и оценка эффективности применения других защитных материалов для гидроизоляции грунта с целью исключения массообмена.

В приложении приведены справки с информацией о внедрении результатов исследования.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений, рекомендаций и выводов, полученных автором, подтверждается использованием общепринятых подходов и принципов механики грунтов, стандартных методов испытаний, а также применением для решения задач тепло- и массообмена известных моделей взаимодействия бетона с окружающим многолетнемерзлым грунтом. Для сопоставления и воспроизводимости результатов всего комплекса экспериментальных исследований использован единый состав комплексной химической добавки. Результаты расчетов подвергнуты сравнительному анализу с опытными данными, полученными по результатам лабораторных и полевых испытаний, чем обеспечена соответствующая степень достоверности. Научные положения, рекомендации и выводы обоснованы в достаточной мере и соответствуют полученным результатам диссертационного исследования.

Научная новизна работы состоит в научном обосновании полученных закономерностей изменения времени замерзания грунтов основания буровых свай различных диаметров после их устройства, а также степени засоленности и предельно длительного сопротивления сдвигу мерзлых глинистых и песчаных грунтов во времени. В рамках исследования предложен новый способ подготовки образцов для определения сопротивления сдвигу искусственно засоленных грунтов, включающий заливку цементного раствора положительной температуры, изготовленного с применением химической добавки, на мерзлый грунт как с использованием гидроизолирующего материала, так и без него. Усовершенствована методика определения несущей способности буровых свай в искусственно засоленных многолетнемерзлых грунтах, позволяющая повысить достоверность расчета на 40 %. Экспериментально доказана перспективность использования в практике гидроизоляционного покрытия стенок скважины при устройстве буровых свай, исключающего массообмен между бетоном и грунтом.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии представлений о механизме и закономерностях изменения степени засоленности и прочностных свойств многолетнемерзлых грунтов основания буровых свай, изготовленных с применением химических добавок. Автором установлена зависимость сопротивления сдвигу искусственно засоленных многолетнемерзлых глинистых и песчаных грунтов от температуры с помощью разработанного автором способа подготовки образцов и стандартных методов лабораторного определения свойств грунтов. Получена

нелинейная многофакторная зависимость времени замерзания основания буровой сваи после устройства от ее диаметра, начальной температуры и теплофизических свойств грунтов с использованием регрессионного анализа результатов численных теплотехнических расчетов. Выполнен сравнительный анализ зависимостей температуры и степени засоленности грунтов от расстояния до сваи и времени, полученных экспериментальным и расчетным путем.

Практическая значимость проведенных исследований заключается в следующем. Автором предложена усовершенствованная методика определения несущей способности апробирована на основе результатов статических испытаний буронабивных свай, изготовленных с применением комплексной химической добавки в многолетнемерзлых грунтах, на опытной площадке. Определены частные значения коэффициента условий работы буровой сваи, изготовленной с применением выбранной комплексной химической добавки, в многолетнемерзлом грунте, которые могут использоваться в практике при расчете несущей способности. Разработана методика предварительной оценки времени замерзания оснований, оттаявших в процессе устройства свай различных диаметров, от начальной температуры и теплофизических свойств многолетнемерзлых грунтов, которую возможно использовать в этапе проработки конструктивных решений при проектировании фундаментов. Разработан способ, обеспечивающий набор прочности бетона без электропрогрева и исключающий возможность массообмена между бетоном и грунтом при устройстве буронабивной сваи в многолетнемерзлом грунте.

Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки

Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, имеют непосредственное значение для строительства, в части проектирования и устройства оснований и фундаментов в районах распространения многолетнемерзлых грунтов.

Рекомендации по использованию результатов

Научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы обуславливают возможность использования результатов диссертационного исследования при инженерно-геологических изысканиях и проектировании свайных фундаментов на многолетнемерзлых грунтах, используемых в качестве оснований по принципу I, а также могут учитываться при актуализации действующей нормативной документации.

Общие вопросы и замечания по диссертационной работе

1. Из текста автореферата и диссертационной работы при описании результатов лабораторных и лотковых экспериментов не совсем ясным остаётся первоначальная концентрация солей в испытуемых грунтах, а также концентрация солей, добавленная в раствор при его изготовлении.

2. По тексту диссертации и автореферата автор оперирует понятиями «глинистый и песчаный грунт». Приведённые результаты и показанные закономерности актуальны для всех типов глинистых и всех типов песчаных грунтов, количество которых достаточно большое? Разновидности глинистых грунтов: супеси, суглинки, глины. Разновидности песчаных грунтов: пылеватые, мелкие, средней крупности и крупные.
3. Из автореферата не понятным остаётся, что формулы (1) и (2) выведены с использованием обработки экспериментальных данных другого учёного. Рекомендуются уточнить данный момент.
4. В автореферате и диссертации, автор предлагает формулу для определения коэффициента $\gamma_{sh,sal}$, значение которого зависит от величины $R_{sh,sal,calc}$, которую автор предлагает определять с помощью формул (1), (2) и (4) автореферата. В формулах (1) и (2) используется D_{sal} - степень засоленности, а формула (4) позволяет определить величину C_{ps} - концентрацию порового раствора. Это разные вещи. Как перейти от одной к другой? Возможно лучше строить работу вокруг одних и тех же понятий?
5. Автором в качестве добавки выбран формиат натрия, при этом в экспериментальной работе не используется никакая из других широко распространённых добавок. Чем обусловлен отказ от использования других добавок? Кроме того, автор сравнивает результаты собственных экспериментов с литературными данными – насколько это сравнение обосновано, насколько условия экспериментов двух независимых учёных соответствуют друг другу?
6. Автор выполнял экспериментальную оценку изменения концентрации мигрировавших солей из сваи в грунт в течение времени? Существуют исследования, посвящённые мелиоративным способам (засаливанием грунтов) при борьбе с морозным пучением. Результаты показывают, что соли полностью растворяются через 2-3 года и все процессы возобновляются. Возможно, через какой-то промежуток времени и вокруг буровой сваи концентрация солей снизится, и её несущая способность восстановится. С практической точки зрения было бы полезным знать, через какой промежуток времени, буровую сваю, изготовленную с использованием противоморозных добавок, можно нагружать.

Заключение

Описанные выше замечания не снижают ценности представленной работы, не влияют на основные теоретические и практические результаты и не меняют общую положительную оценку. Диссертационное исследование Зорина Дмитрия Васильевича на тему: «Несущая способность буровых свай в искусственно засоленных многолетнемерзлых грунтах» имеет корректно поставленную цель и описание процесса решения поставленных задач. Цель соответствует и названию работы, и полученным результатам. Объект и предмет исследования установлены верно. Текст диссертации структурирован, а главы имеют четкую взаимосвязь между друг другом. Анализ

работы позволяет сделать обоснованный вывод о том, что диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения в части пунктов 1, 5 и 15. Основные положения диссертационной работы опубликованы автором в научных статьях, в том числе в источниках по перечню ВАК РФ, а также апробированы на множестве конференций. Объем и содержание выполненной работы отвечают требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в Положении о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. Автор диссертации Зорин Дмитрий Васильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения.

Официальный оппонент

Кандидат технических наук по специальности

2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения,

доцент кафедры геотехники

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Адрес: 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

Телефон: +7 (911) 103-70-25, +7 (812) 316-03-41

E-mail: andrey_boyarintsev@mail.ru, geotechnica@spbgasu.ru

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

Бояринцев Андрей Владимирович

«04» декабря 2025 г.

