

Акционерное общество «Научно-исследовательский центр
«Строительство» (АО «НИЦ «Строительство»)

РЕФЕРАТ - ПРЕЗЕНТАЦИЯ

**Основания и фундаменты нового поколения для сооружений в Арктике и
криолитозоне России**

№	Ф.И.О. авторов, ученые степени и звания, должности по основному месту работы
1	Алексеев Андрей Григорьевич, кандидат технических наук, член-корреспондент Российской инженерной академии, руководитель центра геокриологических и геотехнических исследований (ЦГГИ) научно-исследовательского, проектно-изыскательского и конструкторско-технологического института оснований и подземных сооружений имени Н. М. Герсевича (НИИОСП им. Н. М. Герсевича) АО «НИЦ «Строительство», руководитель работы
2	Безволев Степан Георгиевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории механики мерзлых грунтов и расчета оснований №8 ЦГГИ НИИОСП им. Н. М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство»
3	Виноградова Светлана Александровна, инженер лаборатории механики мерзлых грунтов и расчета оснований №8 ЦГГИ НИИОСП им. Н. М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство»
4	Звездов Антон Андреевич, младший научный сотрудник сектора полевых испытаний грунтов и мониторинга лаборатории механики мерзлых грунтов и расчета оснований №8 ЦГГИ НИИОСП им. Н. М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство»
5	Зорин Дмитрий Васильевич, инженер сектора проектирования и геокриологических исследований лаборатории механики мерзлых грунтов и расчета оснований №8 ЦГГИ НИИОСП им. Н. М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство»
6	Колыбин Игорь Вячеславович, кандидат технических наук, Почетный строитель России и Москвы, директор НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство»
7	Крючков Виталий Геннадьевич, доктор экономических наук, доцент, генеральный директор АО «НИЦ «Строительство»
8	Маилян Левон Рафаэлович, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук, заслуженный строитель Российской Федерации, профессор кафедры строительства уникальных зданий и сооружений Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет» Министерства высшего образования и науки Российской Федерации
9	Сазонов Павел Михайлович, заведующий сектором проектирования и геокриологических исследований лаборатории механики мерзлых грунтов и расчета оснований №8 ЦГГИ НИИОСП им. Н. М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство»
10	Чевеверев Виктор Григорьевич, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией криолитолиза кафедры геокриологии геологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»

В работе представлены результаты, полученные авторами при научных исследованиях и разработках специальной методологической базы в процессе совершенствования строительных норм и правил, а также проектировании и научно-техническом сопровождении строительства более 120 стратегических объектов в Арктике и криолитозоне РФ.

Разработки были выполнены в рамках реализации стратегической госпрограммы «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации», утвержденной постановлениями Правительства РФ от 21 апреля 2014 г. № 366 и от 31 августа 2017 г. № 1064. Программа направлена «на расширение ресурсной базы России, способной обеспечить её потребности в углеводородных, водных, биологических и других видах ресурсов; на сохранение и обеспечение защиты природной среды осваиваемых регионов; на формирование единого информационного пространства с учетом природных особенностей регионов; науку и современные технологии».

Строительство сооружений в Арктической зоне и других схожих по условиям регионах России (Восточной Сибири, центральной Якутии, Дальнем Востоке и др.), особенно на континентальном шельфе и криолитозоне, связано с рядом трудностей, вызванных суровыми климатическими и сложными инженерно-геокриологическими условиями, а также удалённым расположением объектов строительства от индустриальных центров с развитой промышленной базой. Существенно усложняют строительство в этих зонах продолжительные периоды с низкими температурами и необходимость учёта существенного влияния возможных изменений климатических условий на работу оснований и фундаментов (ОиФ) сооружений в течение их срока эксплуатации.

Эксплуатационная надёжность ОиФ является краеугольным камнем обеспечения несущей способности и нормальных условий функционирования сооружения в целом. На долю ОиФ приходится порядка 20% от общего объема строительно-монтажных работ (СМР). Стоящие перед современным гражданским, промышленным и энергетическим строительством задачи показали, что действовавшие до недавнего времени нормативные документы по

проектированию оснований и фундаментов, особенно свайных, в частности, методики СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты», СНиП 2.02.04-88* «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах», ГОСТ 5686-96 «Грунты. Методы полевого испытания сваями» и многие другие нуждались в существенном развитии. Поэтому вопросы учёта отмеченных усложняющих факторов и соответственно усовершенствования конструкций ОиФ с целью снижения их стоимости и повышения эффективности являются важными и актуальными.

Работа проводилась более 5 лет и представляет комплекс решений научных, материаловедческих, проектных, расчётно-теоретических и геотехнических задач по созданию нового поколения фундаментных конструкций арктических, энергетических и газопромысловых объектов. Полученные решения отвечают современным требованиям по безопасности, надёжности и долговечности, высоким экологическим достижениям, обладают научной новизной и обеспечивают экономическую целесообразность.

Наиболее существенные научные результаты и народно-хозяйственное значение можно сформулировать следующим образом:

- разработаны эффективные решения по модификации наиболее важных и ресурсоемких конструкций современного строительства – ОиФ, и их модификации, на основе анализа их напряжённо-деформированного состояния при многообразных расчетных нагрузках и создания технологий улучшения эксплуатационных свойств посредством рационализации структуры конструкций;
- разработаны методики и выполнены прогнозы влияния экстремальных климатических изменений на инженерно-геологические и геокриологические условия строительства в Арктике и криолитозоне РФ;
- сформулированы методы анализа и корректировки конструктивных решений ОиФ при влиянии климатических изменений, в частности ожидаемой деградации многолетнемерзлых («вечномерзлых») грунтов, выполнены пионерные расчётно-теоретические исследования и разработаны методы расчета, обеспечивающие эксплуатационную надёжность проектируемых ОиФ;
- разработаны свыше 15 новых эффективных конструкций ОиФ из местных

материалов и российских комплектующих для экстремального строительства в Арктике и криолитозоне РФ;

- усовершенствованы самые рациональные в мерзлых грунтах фундаменты–буроопускные сваи (БОС): применены в качестве их рационального несущего элемента полимерные композиционные и центрифугированные ж/б трубы, альтернативное бетонному заполнение внутренней полости труб цементно-песчаными или полимерными смесями, учитывающие влияние сложной структуры БОС на несущую способность и долговечность, применены покрытия снижающие в 5-22 раза силы выпучивания и повышающие в 2-8 раз сопротивления вдавливанию;

- разработаны и внедрены методы расчета и конструктивные решения ОиФ с учётом воздействия расчетных вертикальных и горизонтальных нагрузок, в том числе сил кристаллизации воды при промерзании и пучении грунтов;

- в численной и инженерной постановке разработаны актуальные в виду ожидаемой деградации мерзлых грунтов методики учета нелинейных и реологических свойств слабых водонасыщенных талых и пластично-мерзлых грунтов при расчете ОиФ;

- экспериментально и теоретически исследованы более 10 производимых в России специальных конструкций промышленных и экологических фундаментов из винтовых свай в талых и мерзлых грунтах, разработаны численные и инженерные методики их расчета;

- разработана методика для оптимизации конструктивных решений крупномасштабного сооружения двухболоочечного резервуара СПГ диаметром 82 м высотой 40 м с использованием суперэлемента верхнего строения и разработкой суперэлементной модели свайного поля;

- усовершенствован метод расчёта проектной конструкции свайного фундамента путем аппроксимации и экстраполяции данных испытаний опытных и контрольных свай;

- разработаны методы расчетного анализа ОиФ зданий и сооружений для нормативных и научно-методических документов по строительству (своды

правил, специальные технические условия, методические указания, стандарты организаций).

Подготовленные авторами методы расчетного анализа оснований и фундаментов зданий и сооружений, были включены в новые редакции нормативных документов по строительству (Своды правил: СП 24.13330.2011*, СП 25.13330.2012*, Федеральные стандарты: ГОСТ 5686-2012* и др.).

Некоторые методики находятся в стадии апробации изданных по ним стандартов организаций (СТО) и Временных методических указаний (ВМУ). Численная методика расчета винтовых свай была издана в качестве СТО 36554501-060-2018 АО НИЦ «Строительство» и ООО «Синтек». Разработанные численная и инженерная методики были включены в ВМУ ПАО «Газпром» по расчету многолопастных винтовых свай (МВС), изготовленных по ТУ 5260-043-89632342-2015 (с изм.№1 и 2) в немерзлых (талых) и многолетнемерзлых (вечномерзлых) грунтах.

Проведена экспертная оценка строительных проектов ряда уникальных зданий и сооружений и разработаны рекомендации по их оптимизации, что позволило повысить качество и снизить стоимость проектов. Выполнен большой объем работ по проектированию и научно-техническому сопровождению строительства в Арктике и криолитозоне РФ. Это заводы и комплексы по производству и переработке природного газа, уникальные резервуары сжиженного природного газа (СПГ), масштабные магистральные трубопроводы, как правило, построенные в особо сложных инженерно-геологических и климатических условиях. Разработанные конструкции применялись на ряде важных объектов Завода «Ямал-СПГ» (см. Приложение 1П), газовых промыслов (ГП-1 и ГП-2) Бованенковского месторождения, Газопровода «Сила Сибири» и др. Подробная «География» и «Портфолио» основных объектов внедрения представлены в Приложение 2П.

По результатам работы опубликованы более 40 научно-технических статей, подготовлены разделы докторской (Алексеев А.Г.) и кандидатских (Сазонов П.М., Звездов А.А.) диссертаций, доклады и экспонаты Международной и

Общероссийских научных конференций и выставок. Сводный индекс Хирша авторов – 49.

Новизна и эффективность технических решений подтверждена тремя патентами и выполненными многочисленными (более 50) проектными расчетами на российских программных комплексах «КомпГео», «Тепло» и «Механика-Теплофизика», выпуском двух СТО и более 10 специальных технических условий. Общий экономический эффект работ составил более 7,61 млрд. руб.

Полученные результаты работ обеспечивают методологический базис для эффективной проектно-конструкторской и производственной деятельности для строительства в Арктике и криолитозоне России.