ГЕОПРОЕКТСТРОЙАЛТАЙ



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

АЛТАЙСКИЙ КРАЙ

ООО “ГеоПроектСтройАлтай“

ОТЧЕТ

на тему: ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВИНТОВЫФХ СВАЙ « В.А.U» В УСЛОВИЯХ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТОВ

Шифр 36-14/ИИ

БАРНАУЛ 2014

ГЕОПРОЕКТСТРОЙАЛТАЙ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

АЛТАЙСКИЙ КРАЙ

ООО “ГеоПроектСтройАлтай“

ОТЧЕТ

на тему: ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВИНТОВЫФХ СВАЙ « В.А.U» В УСЛОВИЯХ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТОВ

Шифр 36-14/ИИ

УТВЕРЖДАЮ
Технический директор
ООО «ГеоПроектСтройАлтай»

_____ И. В. Носков
«11» декабря 2014г.

БАРНАУЛ 2014

Согласовано

Взаим.

Подп. и

Инв. №

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Фамилия, И.,О.	Должность	Участие	Подпись
Носков И.В. **Технический директор ООО «ГеоПроектСтройАлтай», кандидат технических наук, профессор кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» АлтГТУ им. И. И. Ползунова, советник Российской академии архитектуры и строи-тельных наук**	**научный руководитель**	**Составление и проверка отчета. Разработка программы исследований**	
Цысь Д.И. **инженер ООО «ГеоПроектСтройАлтай»**	**инженер**	**Проведение и обработка полевых испытаний**	
Романенко О.Н. **геодезист ООО «ГеоПроектСтройАлтай»**	**инженер**	**Проведение полевых испытаний, замеры деформаций**	
Носков К.И. **техник ООО «ГеоПроектСтройАлтай»**	**техник**	**Проведение полевых испытаний, замеры деформаций**	

Согласовано

Взаим.

Подп. и

Инв. №

СОДЕРЖАНИЕ

1.Раздел 1. Литературный обзор .

2. Раздел 2. Экспериментальная часть

3. Раздел 3. Результаты исследований

ВЫВОДЫ

Согласовано

Взаим.

Подп. и

Инв. №

Раздел 1

Литературный обзор

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Пучение грунтов — явление сложное и порой приводит к непредсказуемым последствиям в строительстве. Пренебрежение этим явлением приводит к тому, что здания (особенно легкие) поднимаются вместе с фундаментами при замерзании грунтов и опускаются во время их таяния. Неравномерность этих процессов часто приводит здание в аварийное состояние и даже вызывает полное его разрушение.
Из элементарной физики нам известно, что вода при замерзании значительно увеличивается в объеме, разрывая сосуды и трубопроводы. Это же явление происходит и с грунтом.

Присутствующая в грунте влага увеличивается в объеме, в результате чего происходит поднятие грунта. И чем больше влаги присутствует в грунте, тем сильнее он увеличивается в объеме при замерзании.

В пористых грунтах это явление менее заметно, так как при замерзании грунт расширяется в сторону пор, заполняя пустоты. И чем более пористый грунт, тем меньше вероятность его пучения.
Кроме того, промерзание грунта происходит постепенно и начинается этот процесс сверху, проникая все глубже и глубже. Замерзший грунт начинает вытеснять присутствующую в нем влагу, которая через поры уходит в нижние слои грунта.

В пористых грунтах влага беспрепятственно проходит сквозь поры и пучение грунта не происходит.

Глина же, как известно, плохо пропускает влагу, которая не уходит вниз, вызывая тем самым подъем замерзшего грунта.
Силы, действующие на фундамент при морозном пучении грунта, бывают значительными, и не считаться с этим явлением нельзя. Силы морозного пучения разделяют на два вида: *вертикальные и касательные*.

При вертикальных силах грунт поднимает фундамент снизу, упираясь в его подошву или другие части

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

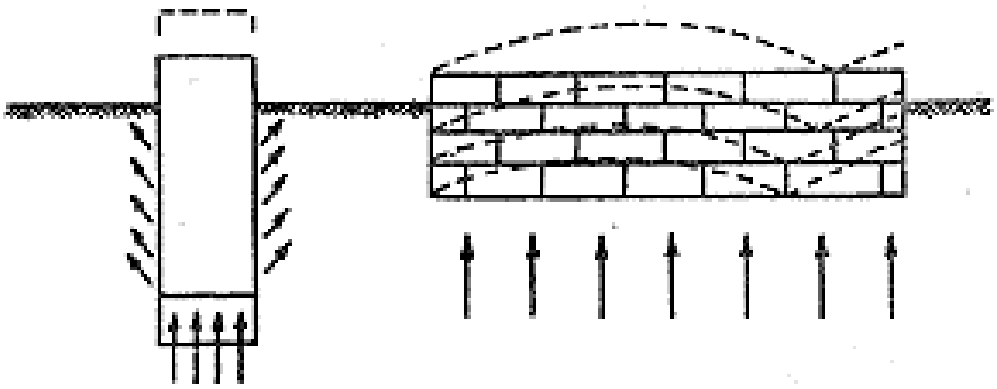


Рис1.1-Воздействие сил морозного пучения на фундаменты

В случае касательных сил грунт примерзает к боковым стенкам фундамента, поднимая их за счет сил бокового трения, образовавшихся при смерзании. Примерзнув к стенкам фундамента, вспучивающийся грунт тоже старается поднимать фундамент, расслаивания его на части. Нужно отметить, что эти силы бывают очень большими и достигают 5 — 7 т на квадратный метр боковой поверхности фундамента. Именно по причине морозного пучения грунта облегченный вариант фундаментов, распространенный во многих странах Запада, для наших условий не подходит. Особенно явление морозного пучения опасно, когда вспучивание грунта происходит неравномерно. За несколько зимних сезонов фундамент поднимается и опускается несколько раз, в результате чего он перекашивается, что в свою очередь сказывается на стенах и перекрытиях. Перекосившиеся стены, деформированные перекрытия теряют свою прочность и здание становится аварийным. Особенно разрушительны силы морозного пучения для бутобетонных, монолитных ленточных фундаментов, где нет армирующего каркаса. Наиболее опасны эти явления, когда уровень грунтовых вод расположен выше точки промерзания грунта. Обилие влаги многократно увеличивает морозное пучение, разрушительная сила которого огромна.

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Конечно, для тяжелых кирпичных строений силы морозного пучения не так опасны, как для легких — деревянных или каркаснощитовых зданий.

Когда сила тяжести строительных конструкций дома превышает силы, приложенные к фундаменту морозным пучением грунта, фундамент не поднимается.

Опасность наступает тогда, когда вес строительных конструкций здания недостаточен, чтобы скомпенсировать силы, приложенные морозным пучением.

Неравномерность вспучивания грунта может происходить не только из-за неравномерной его влажности. Дело в том, что под домом грунт практически не промерзает, а поэтому на внутренние фундаменты силы морозного пучения не действуют (при условии, что дом зимой прогревается). Наружные же фундаменты воспринимают силы морозного пучения, и, если они поднимаются, конструктивные элементы здания деформируются со всеми отсюда вытекающими последствиями.

Но и наружные фундаменты принимают на себя неравномерные нагрузки. С южной стороны дома снег весной тает быстрее, насыщая грунт влагой. Грунт с южной стороны днем оттаивает, а ночью — промерзает.

Фундаменты с этой стороны дома принимают на себя чередующиеся силы вспучивания, а с северной стороны, где днем оттаивание грунта происходит не так сильно, фундаменты находятся под действием более постоянных сил,

Результатом этой неравномерности являются деформации, трещины и разрушения.

Особенно такая неравномерность сказывается на столбчатых фундаментах, когда наружные фундаменты при вспучивании поднимаются на высоту до 10 см, а внутренние — остаются на месте.

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

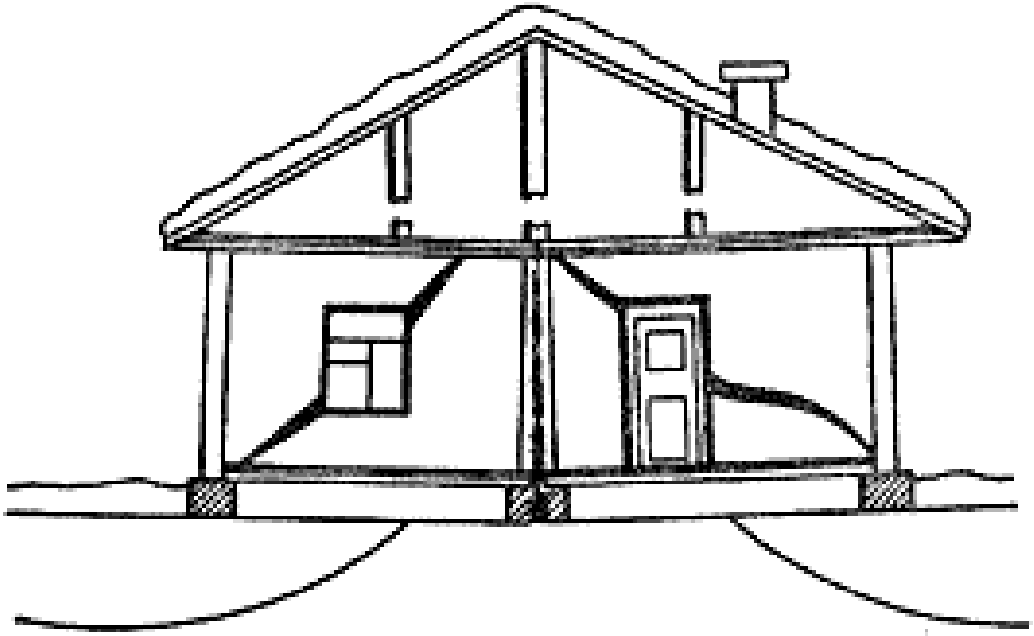


Рис1.2-Деформации здания в результате действия сил морозного пучения.

Когда сила тяжести строительных конструкций дома превышает силы, приложенные к фундаменту морозным пучением грунта, фундамент не поднимается.

Опасность наступает тогда, когда вес строительных конструкций здания недостаточен, чтобы скомпенсировать силы, приложенные морозным пучением.

Неравномерность вспучивания грунта может происходить не только из-за неравномерной его влажности. Дело в том, что под домом грунт практически не промерзает, а поэтому на внутренние фундаменты силы морозного пучения не действуют (при условии, что дом зимой прогревается). Наружные же фундаменты воспринимают силы морозного пучения, и, если они поднимаются, конструктивные элементы здания деформируются со всеми отсюда вытекающими последствиями.

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Но и наружные фундаменты принимают на себя неравномерные нагрузки. С южной стороны дома снег весной тает быстрее, насыщая грунт влагой. Грунт с южной стороны днем оттаивает, а ночью — промерзает. Фундаменты с этой стороны дома принимают на себя чередующиеся силы вспучивания, а с северной стороны, где днем оттаивание грунта происходит не так сильно, фундаменты находятся под действием более постоянных сил, Результатом этой неравномерности являются деформации, трещины и разрушения.

Особенно такая неравномерность сказывается на столбчатых фундаментах, когда наружные фундаменты при вспучивании поднимаются на высоту до 10 см, а внутренние — остаются на месте.

В результате такого перекоса не только деформируется здание, но и появляется угроза пожара, так как печь (которая стоит на независимом фундаменте) остается на месте, а ограждающие конструкции дома сдвигаются со своего места. Нарушаются противопожарные разрывы между дымоходами и деревянными элементами крыши и перекрытия, появляются трещины в дымоходах, через которые искры могут попасть на сгораемые конструкции.

Итак, влияние сил морозного пучения на долговечность, конструктивных элементов здания довольно большое и с ним приходится считаться.

Разделение грунтов на пучинистые и непучинистые является чисто условным. Обычно к пучинистым грунтам относят глины, песчаные пылеватые или крупномоноблочные, в которых глиняный наполнитель превышает 15 %. Но даже чистый песок, который считается непучинистым грунтом, при определенных условиях может вспучиваться под влиянием отрицательных температур. Это происходит тогда, когда песок заключен во влагонепроницаемую оболочку (например, глиняный замок). В этом случае верхние слои грунта, замерзая, не могут вытеснить воду в нижерасположенные горизонты, поэтому они вынуждены подниматься

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

вверх. И наоборот, песчаная подушка под основанием, расположенная ниже расчетной глубины промерзания, впитывает в себя выдавленную с верхних горизонтов влагу, равномерно распределяя ее по всей площади. В этом случае грунт не вспучивается и фундамент не испытывает пучинистых давлений.

Расчет сил морозного пучения представляет собой сложную инженерную задачу, при которой необходимы лабораторные замеры грунта. К основным характеристикам пучения грунтов относят:

- деформация грунта h — абсолютная величина, представляющая собой высоту поднятия грунта в определенной точке;
- коэффициент пучения f, определяемый по формуле F = h / d где d — мощность слоя промерзания грунта.

Классификация глинистых грунтов по степени пучения приведена в таблице:

Таблица 1.1 Классификация глинистых грунтов по степени пучения

Степень пучинистости грунта	Значение коэффициента пучения f
Непучинистый	f < 0,01
Слабопучинистый	0,01 < f < 0,035
Среднепучинистый	0.05 < f < 0,07
Сильнопучинистый	0,07 < f < 0, 012
Чрезмернопучинистый	f > 0,13

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Пучинистые свойства крупнообломочных грунтов и песков, содержащих пылеватоглинистые фракции, определяют через показатель дисперсии D, который имеет значение:

$$\mathbf{KD}=\mathbf{K}/(\mathbf{d}^2_o*\mathbf{e}_o)$$

где **К** — коэффициент, равный 1,85х104 см2;
eo — коэффициент пористости талого грунта;
do — средний диаметр частиц грунта.

В связи с пучинистостью грунтов возник вопрос о применении фундаментов хорошо сопротивляющихся этому явлению.

В Европе и западных регионах нашей страны применительно к малоэтажному строительству в качестве таких фундаментов все чаще используют сваи «!B.A.U.».

Основной отличительной особенностью свай «!B.A.U.». является применение лопастей малых диаметров с большим количеством витков.

Мировая история применения винтовых свай насчитывает уже около 200 лет.

В тоже время по данным Президента международного общества по механике грунтов и геотехнике В.Ф. Ван Импе [1] в период 1997–2001 гг. только 3% всех свай (рис.1.4), использованных в строительстве, были винтовыми.

Винтовые сваи в России получили наиболее широкое применение в электросетевом и военном строительстве, что объясняется рядом их существенных преимуществ по сравнению с традиционными свайными технологиями: высокая скорость и низкая трудоемкость монтажа; безударность погружения; возможность установки свай в труднодоступных местах; отсутствие земляных работ; возможность круглогодичного ведения строительно-монтажных работ.

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

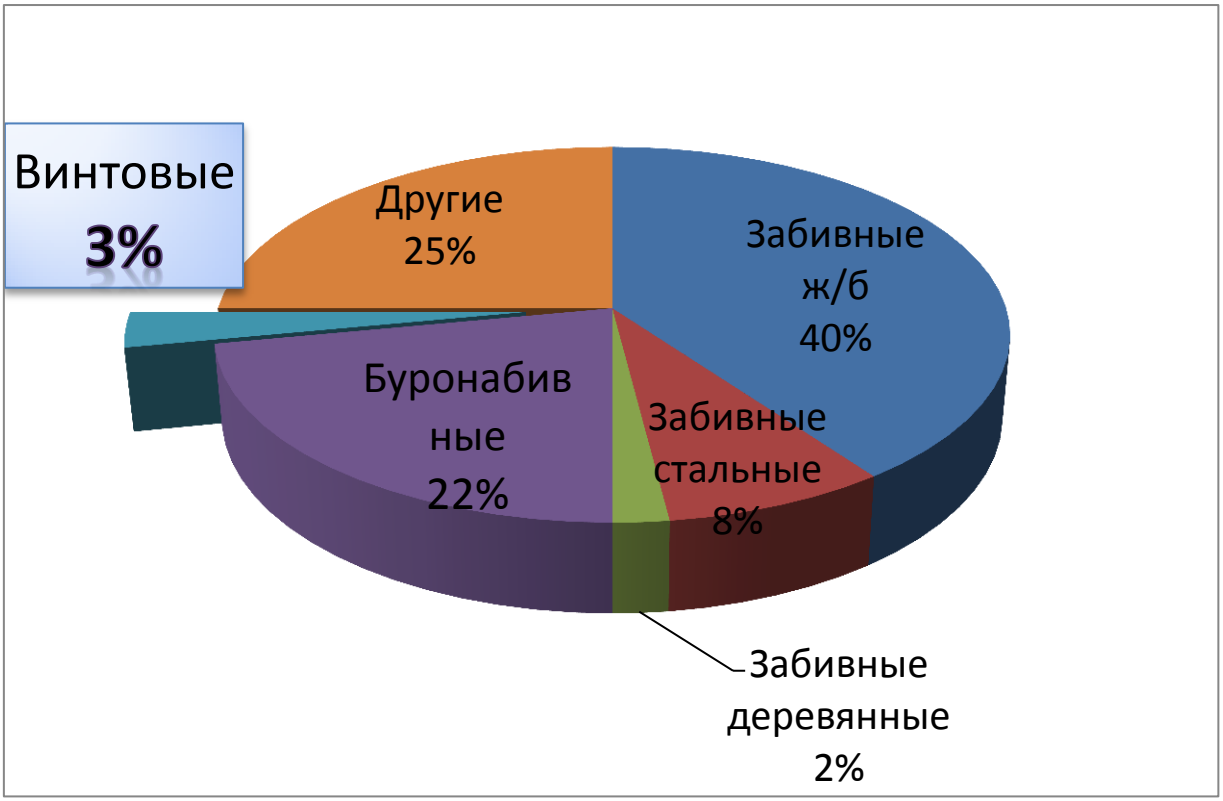


Рисунок 1.4- Использование свай в строительстве

Важна и экологическая составляющая – отсутствие земляных работ и простота полного демонтажа данного типа фундамента сводят к минимуму воздействие на окружающую среду при строительстве временных зданий и сооружений.

Данные преимущества делают целесообразным применение винтовых свай в гражданском и промышленном строительстве. В настоящее время успешно решаются основные проблемы, связанные с данной технологией, а именно потребность в эффективных сваепогружающих машинах и необходимость антикоррозионной защиты свай.

Сегодня основным сдерживающим фактором распространения винтовых свай остается недостаточная изученность их работы.

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Наличие различных видов, конфигураций и размеров винтовых лопастей свай позволяет значительно варьировать характеристики устраиваемых фундаментов.

На российском рынке фундаментостроения представлена продукция компании ООО «Криннер-Сибирь» - Винтовые сваи «! B.A.U.»

Винтовые сваи «! B.A.U.» (рис.1.5) представляет собой кованный конусный корпус из трубной заготовки с приваренной спиралью.

Основной отличительной особенностью свай «! B.A.U.», является применение лопастей малых диаметров с большим количеством витков. Как следствие погружение таких свай можно производить малыми крутящими моментами. Защита от коррозии свай обеспечивается методом горячего цинкования.

Подобная конструкция свай «!B.A.U.» не позволяет использовать существующую в российских нормативных документах, в частности СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты», методику расчетов, которая в первую очередь предназначена для «классических» одновитковых винтовых свай.

Широкое внедрение свай «! B.A.U.» в практику строительства возможно при проведении экспериментальных и расчетно-теоретических исследований с учетом особенностей грунтов регионов.

На территории города Барнаула такие исследования проводятся в настоящее время кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова в рамках договора с ООО «Криннер-Сибирь».

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №



Рисунок 1.5- Разновидности свай «!B.A.U.»

Согласовано

Взаим.

Подп. и

Инв. №

Раздел 2

Экспериментальная часть

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Пучинистые грунты как объект изучения

Пучинистыми называют грунты, которые при промерзании и переходе в мерзлое состояние обладают свойством увеличивать свой объем вследствие замерзания в них воды и образования ледяных включений в виде прослойков, линз, поликристаллов и т. п. При последующем оттаивании в этих грунтах протекает обратный процесс, сопровождающийся их осадкой, разуплотнением и снижением несущей способности.

Грунты относятся к твердым телам, но по составу являются многофазными, включая многообразные по физико-химическим и механическим свойствам компоненты, находящиеся в различном фазовом состоянии (твердом, пластичном, жидком, паро- и газообразном).

Твердые минеральные частицы оказывают существенное влияние на механические свойства мерзлых грунтов. При этом особое значение имеют размеры и форма частиц, их компоновка, а также минеральный состав частиц и состав поглощенных катионов. Дисперсность минеральных частиц в мерзлых грунтах обусловливает физико-химические поверхностные процессы, интенсивность которых зависит от удельной поверхности и минерального состава. Одни минералы (кварц, полевой шпат) менее активно взаимодействуют с водой, другие (например, монтмориллонит, каолинит) – более активно, обладая значительной энергией химических связей с грунтовой влагой и льдом. Существенное влияние на свойства грунтов оказывает форма твердых минеральных частиц, которая в значительной мере определяет величину контактных усилий, передаваемых от внешней нагрузки.

Биогенные включения имеют меньшую прочность, чем минеральные частицы. Они обладают повышенной гидрофильностью, т.е. способностью удерживать значительное количество влаги. Мерзлые грунты с биогенными

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

остатками имеют повышенную льдистость и содержат больше незамерзшей воды. В связи с этим наличие биогенных включений в мерзлых грунтах приводит к снижению их прочности, проявлению вязких деформаций под нагрузками.

Вода имеет исключительное влияние на механические свойства мерзлых грунтов, цементируя при замерзании минеральные и биогенные частицы, увеличивая в десятки раз прочность и вместе с тем обусловливая длительную ползучесть. Температура замерзания влаги, находящейся в грунте, понижается в связи с тем, что она попадает в поле электромолекулярного взаимодействия с минеральными и биогенными частицами, кристаллами льда, растворенными солями. Простейшая схема такого взаимодействия, обычно рассматриваемая в механике мерзлых грунтов, базируется на известной классификации А.Ф. Лебедева, в соответствии с которой вода в грунтах подразделяется на свободную, рыхлосвязанную и прочносвязанную. Замерзание грунтовой влаги происходит в диапазоне отрицательной температуры. В тонкодисперсных мерзлых грунтах практически всегда содержится определенное количество воды в жидкой фазе. Неполное замерзание воды в глинистых грунтах выявлено экспериментально Е. Юнгом в 1932 г. С тех пор накоплен большой фактический материал о содержании незамерзшей воды в разных видах грунтов в зависимости от температуры, разработан комплекс методов ее определения. Установлено, что при температуре начала замерзания грунтовой влаги в лед переходит свободная вода. Затем наблюдается постепенное замерзание рыхлосвязанной и частичное замерзание прочносвязанной воды

Лед, содержащийся в мерзлых грунтах, называется подземным. Подземные льды, существенно влияют на формирование прочности массива мерзлых грунтов. Термодинамические и молекулярно-физические свойства льда, закономерности фазовых переходов в грунтах до настоящего времени полностью не изучены. Лед – мономинеральная криогидратная порода,

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

представляющая собой твердые модификации воды. В настоящее время выделяют от 8 до 10 кристаллических и одну аморфную модификацию льда. Аморфная модификация льда образуется при низких температурах в условиях быстрого замерзания. В обычных природных условиях существует лишь одна кристаллическая модификация льда – лед-1. Образование остальных модификаций связано с весьма высокими давлениями и вариациями температуры, как отрицательной, так и положительной (Глинка, 1976). Лед в мерзлых грунтах, как правило, содержит различные примеси, которые могут находиться в твердом, жидком и газообразном состоянии.

Под действием внешних нагрузок во льду проявляются как упругие, так и пластические деформации, а также хрупкое разрушение. Напряжение, при котором происходит разрушение льда, зависит от величины и скорости приложения нагрузки. При длительном ее воздействии развивается ползучесть. Пластическое деформирование может протекать без изменения объема и видимых разрушений. Это связано с процессами рекристаллизации, проявляющимися в пространственном перемещении границы между кристаллами, изменением размеров, формы и общего количества кристаллов, а также их ориентации.

Газообразные компоненты мерзлых грунтов представляют собой газы и пары воды. Пары воды, хотя и содержатся в незначительном количестве, могут существенно влиять на процессы в мерзлых грунтах при наличии температурных градиентов. Они перемещаются и могут являться основной причиной перераспределения влажности в процессе замерзания грунтовой влаги. Наличие газов оказывает существенное влияние на формирование напряженно-деформированного состояния мерзлых грунтов в процессе их промерзания и оттаивания. Прежде всего, это связано со значительным изменением объема газов при повышении или понижении температуры. При понижении температуры сокращение объема газов обусловливает образование вакуума в порах, что является одной из существенных причин миграции грунтовой влаги к границе промерзания.

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Соли, содержащиеся в мерзлых грунтах, относятся к легко- и среднерастворимой категории. Легкорастворимые – хлориды, бикарбонаты, карбонат натрия, сульфаты магния и натрия. К среднерастворимым солям принадлежат гипс и ангидрит. При наличии солей грунтовая влага становится раствором, в результате чего понижается температура замерзания, увеличивается содержание незамерзшей воды.

Все компоненты находятся в механическом, физическом и химическом взаимодействии, которое формирует физико-механические свойства, обусловливающие поведение грунтов при внешних нагрузках.

Механизм пучения

Под морозным пучением понимается внутриобъемное деформирование промерзающих влажных почв, нескальных горных пород и грунтов, приводящее к увеличению их объема вследствие кристаллизации в них воды и образования ледяных включений в виде прослойков, линз, поликристаллов и т. п.

Увеличение объема грунта может достигать 10…15%, в исключительных случаях до 40%. Замерзая, вода увеличивается в объеме на 9%. Обычно она занимает 1/3-1/10 общего объема грунта, поэтому максимальное пучение должно было бы составлять 0,9…2,7%. Такое пучение характерно для песков, в составе которых преобладают крупные фракции, и не представляют серьезной опасности для большинства сооружений. Пучение пылевато-глинистых грунтов может быть в несколько раз больше указанных значений. Объясняется это миграцией влаги из нижних горизонтов в зону промерзания.

В общем виде подъем поверхности за счет пучения грунта можно описать следующей зависимостью

$$h_f = h_I + h_{II} = 0{,}09(w_{tot} - w_w)\frac{\rho_d}{\rho_w} z + 1{,}09\int_0^{t_c} q_{wf}\, dt \,,$$

(1.1)

где h_I – пучение за счет воды, первоначально содержащейся в порах;

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

h_{II} – пучение за счет миграционного льдовыделения;

w_{tot} – суммарная влажность грунта;

w_w – влажность грунта за счет незамерзшей воды;

ρ_d/ρ_w – коэффициент пересчета массовой влажности в объемную;

z – глубина промерзания грунта;

q_{wf} – интенсивность подтока влаги к фронту промерзания.

Интенсивность подтока влаги к фронту промерзания q_{wf} зависит от многих факторов: состава грунта, формы и размера пор, близости грунтовых вод, наличия в них солей.

Единого мнения о причинах и механизмах миграции влаги к фронту промерзания нет. Для объяснения этого явления были выдвинуты капиллярная, осмотическая, гидродинамическая, адсорбционная теории

Наиболее полное объяснение механизма пучения дает адсорбционная теория, в основе которой лежит понятия связной, или адсорбированной влаги и расклинивающего давления. Суть теории согласно Б.В. Дерягину состоит в следующем. Тонкая пленка связной воды, заключенная между двумя пластинками, оказывает на них расклинивающее давление P_R (рисунок 2.1). Если внешнее давление на пластинки p меньше P_R и к пленке есть приток воды, пластинки начинают раздвигаться. По мере увеличения зазора расклинивающее давление падает.

Процесс прекращается при достижении состояния равновесия ($p = P_R$).

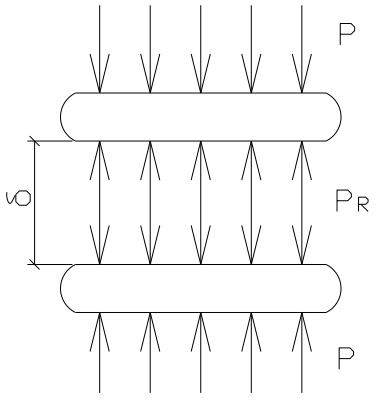


Рисунок 2.1 – Расклинивающее давление тонкой пленки связанной воды между частицами грунта

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Учение о расклинивающем давлении воды нашло применение для объяснения процесса набухания дисперсных грунтов.

При увлажнении глин пленки связанной воды, заключенными между частицами, оказывают на них расклинивающее давление, здесь его называют давлением набухания. В том случае, когда внешнее давление, обусловленное весом вышележащего грунта и нагрузкой от сооружения, меньше P_R, грунт увеличивается в объеме и опирающиеся на него конструкции поднимаются на несколько сантиметров.

При охлаждении грунта в первую очередь превращается в лед свободная вода в крупных порах, затем постепенно замерзают пленки связанной воды. Чем ниже опускается температура, тем тоньше становится слой незамерзшей влаги на поверхности частиц. Если расклинивающее давление оказывается больше внешнего давления, то пленки, следовательно, и весь массив грунта увеличивается в объеме. Влага в растущие пленки подсасывается снизу из талой зоны в фронт промерзания (рисунок 2.2). Причем преимущественно развиваются горизонтально ориентированные пленки. Росту пленок вертикальной ориентации препятствует давление окружающего грунта. Исключением является грунт в откосах траншей, насыпей.

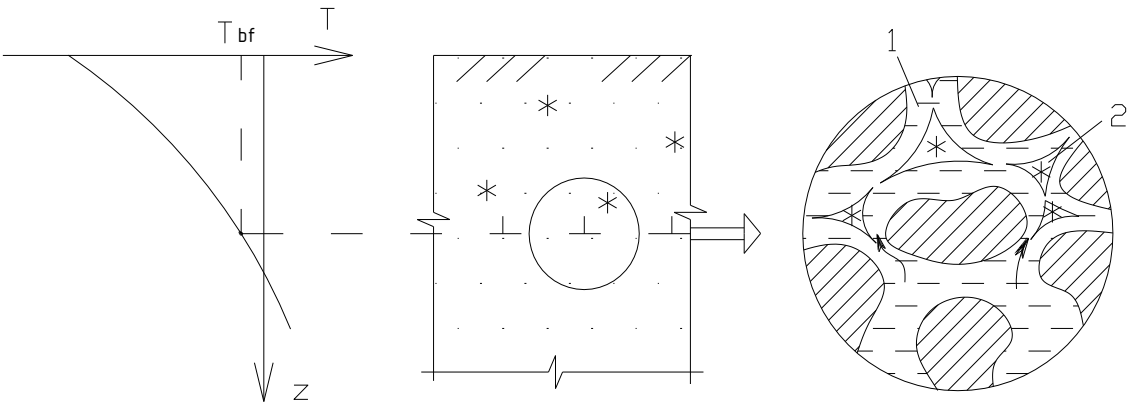


Рисунок 2.2 – Состояние воды около фронта промерзания; 1 – незамерзшая влага, 2 – лед (стрелками показано направление миграции); T – температура грунта, T_{bf} – температура начала замерзания грунта

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Вода в периферии растущих пленок продолжает замерзать, образуя сплошные прослойки льда, блокирующие миграцию влаги внутрь мерзлого слоя. Начинается подсос воды в пленки, расположенные на контакте ледяной прослойки и твердых частиц. При перемещении фронта промерзания ледяные прослойки образуются в мерзлом грунте все ниже и ниже, формирую слоистую криогенную текстуру. Остановки фронта промерзания способствуют росту прослоек и превращению их в линзы толщиной до нескольких сантиметров.

И.В. Шейкин, П.А. Гришин, Ю.А. Никитин установили, что пучение грунтов деятельного слоя происходит не только при осенне-зимнем промерзании, но и весной (май-июнь), объясняя это знакопеременным ходом температуры воздуха, вызывающего циклы промерзания-протаивания грунта сверху (с подтоком воды).

Интенсивность миграции влаги, следовательно, и деформации пучения, определяются в первую очередь типом грунта. Наибольшие значения наблюдаются в суглинках. В глинах, несмотря на максимальное содержание незамерзшей влаги, миграции препятствует плохая водопроницаемость. В песках крупных и средней крупности пленочной влаги практически нет, капиллярное поднятие для них не характерно, поэтому так называемое вторичное пучение не прослеживается. Супеси, пески мелкие и пылеватые занимают промежуточное место и в них могут проявляться деформации пучения.

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Методика полевых испытаний

В соответствии с программой работ по определению влияния сил морозного пучения на работу винтовых свай «B.A.U.» в зимних условиях проведено испытания 16 свай на экспериментальной площадке с грунтовым основанием, сложенным супесями, лессовидными, пластичными, сильнопучинистыми (рисунок 2.2). Испытания проводились с декабря 2010 года по апрель 2014 года.



Рисунок 2.3 – Винтовые сваи «B.A.U.»на экспериментальной площадке

Винтовые сваи были погружены в пучинистые грунты в зону их промерзания (длина свай – 2,0 м, нормативная глубина промерзания супесей на экспериментальной площадке -2,3 м.) до наступления отрицательных температур.

Сваи были оставлены в грунте без нагрузки и в течении зимнего периода снимались показания деформаций свай от воздействия сил морозного пучения (рисунок 2.4).

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №



Рисунок 2.4 – Снятие вертикальных перемещений винтовых свай «В.А.U.»от воздействий сил морозного пучения

<u>Площадка расположена в жилом массиве «Чистые пруды» в с.Фирсово Первомайского района Алтайского края</u>

В геоморфологическом отношении участок работ находится в пределах поймы р. Оби.

В геологическом строении площадки до глубины 10,0 м принимают участие: современные отложения (IV), представленные почвой, мощностью до 0.5м; современные аллювиальные отложения поймы реки Оби (a IV) представленные суглинками, супесями и песками пылеватыми средней плотности.

Под почвой залегают суглинки серые, синевато-серые от мягкопластичного до текучего состояния с прослойками песка и супеси. Под суглинками залегают супеси серые, синевато-серые, пластичные с прослойками песка и

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

суглинка. Под супесями залегает песок пылеватый, средней плотности, синевато-серый, водонасыщенный.

Физико-механические характеристики грунтов оснований приведены в таблицах 1.

По происхождению, составу и состоянию в пределах 10,0-ти метровой толщи выделено 4 инженерно-геологических элементов:

1 –почва;

2–суглинок серый, синевато-серый от мягкопластичного до текучего состояния с прослойками песка и супеси с включениями неразложившихся корней растений;

3 –супесь серая, синевато-серая, пластичная с прослойками песка и суглинка;

4 -песок пылеватый, средней плотности, синевато-серый, водонасыщенный.

Грунтовые воды на период изысканий вскрыты на глубине 2.8-3.2 м.

По относительной деформации пучения грунты элемента 2 и 3 сильнопучинистые при попадании в зону промерзания.

По химическому составу воды гидрокарбонатно-кальцеевые I типа (классификация О.А.Алексина) с минерализацией 0.5-0.8 г/л.

По отношению к бетонам и арматуре железобетонных конструкций грунтовые воды неагрессивны, при периодическом смачивании к арматуре-слабоагрессивные. Степень агрессивного воздействия грунтов элементов 2,3,4 и 5 на бетоны и железобетоны по содержанию SO_4 и Cl – неагрессивная.

Коррозионная активность грунтов к стали – низкая.

Нормативная глубина сезонного промерзания суглинка – 1,9 м.

Геологические и инженерно-геологические процессы, отрицательно влияющие на строительство и эксплуатацию проектируемого поселка обуславливаются тем, что территория затапливается паводковыми водами р.Оби до абсолютной отметки 136.06м.

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №



Рисунок 2.5- Экспериментальная площадка.

Выводы

1. В геоморфологическом отношении участок работ находится в пределах поймы р. Оби. В геологическом строении площадки до глубины 10,0 м принимают участие: современные отложения (IV), представленные почвой, мощностью до 0.5м; современные аллювиальные отложения поймы реки Оби (а IV) представленные суглинками, супесями и песками пылеватыми.

2. По происхождению, составу и состоянию в пределах 10,0-ти метровой толщи выделено 4 инженерно-геологических элементов:

1 –почва;

2–суглинок серый,синевато-серый от мягкопластичного до текучего состояния с прослойками песка и супеси с включениями неразложившихся корней растений ;

3 –супесь серая, синевато-серая, пластичная с прослойками песка и суглинка;

4 -песок пылеватый, средней плотности, водонасыщенный.

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

3. Грунтовые воды на период изысканий вскрыты на глубине 2.8-3.2 м.

По химическому составу воды гидрокарбонатно - кальцеевые I типа (классификация О.А.Алексина) с минерализацией 0.5-0.8 г/л.

По отношению к бетонам и арматуре железобетонных конструкций грунтовые воды неагрессивны, при периодическом смачивании к арматуре-слабоагрессивные.

4.Грунты выделенных элементов по содержанию CL и SO_4 агрессивными свойствами к бетонным и железобетонным конструкциям не обладают.

5. Коррозионная агрессивность супесей элемента 2 и 3 к углеродистой стали - низкая.

6. При определении блуждающих токов установлены неустойчивые положительные и отрицательные значения разности потенциалов с размахом 0,08-0,13 В, что меньше 0,5 В и согласно ГОСТ 9,602-89 (приложение 4) не характеризует наличие блуждающих токов.

7. Нормативная глубина сезонного промерзания суглинка -1.9 м.

8. По относительной деформации пучения грунты элемента 2 и 3 сильно- пучинистые при попадании в зону промерзания.

9. Геологические и инженерно-геологические процессы, отрицательно влияющие на строительство и эксплуатацию проектируемого поселка обуславливаются тем, что территория затапливается паводковыми водами р.Оби до абсолютной отметки 136.06м.

10. Сейсмичность района работ для объектов массового строительства по карте ОСР- 97А 6 баллов, для объектов повышенной ответственности (карта ОСР-97В) – 7 баллов. Категория грунтов по сейсмическим свойствам (табл.1, СНиП II-7-81*) – вторая, но в случае замачивания глинистых грунтов до показателя текучести >0,5 и мощности замоченных грунтов в 10-метровой толще более 5,0 метров, категория перейдет в третью.

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

11.Физико-механичесие характеристики грунтов основания и данные для определения группы грунтов по трудности разработки приведены в таблице 1.

12. В целях нормальной эксплуатации зданий и сооружений на территории поселка необходимо при планировочных работах обеспечить нормальный поверхностный сток и не допускать утечек из водонесущих коммуникаций.

Таблица 1- НОРМАТИВНЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Номер элемента	Номенклатурный вид грунта	Удельный вес, кН/ м^3			Угол внутреннего град.			Удельное сцепление, трения, кПа			Модуль деформации, МПа,	Номер позиции по СНиП IV-5-82
		$\gamma_н$	γ_I	γ_{II}	$\varphi_н$	φ_I	φ_{II}	$C_н$	C_I	C_{II}		
1	**Суглинок мягкопластичный до текучего**	**16.8**	**16.4**	**16.6**	**15**	**12**	**13**	**18**	**15**	**17**	**2.2**	**33а**
2	Супесь пластичная	18.7	18.5	18.5	19	17	18	11	9	10	5.0	34а
3	Песок пылеватый, средней плотности, водонасыщенный	19,7 / 12.4	19.4	19.5	26*	24	26	2*	1	2	13$^+$	27а

Примечание: 19,4 __ удельный вес в водонасыщенном состоянии
11,4 удельный вес во взвешанном сотоянии
- по данным СНиП 2.02.01-83 тб.1,приложение 1.
\+ - значения показателей получены по результатам статического зондировании.

Согласовано

Взаим.

Подп. и

Инв. №

Этапы проведения экспериментальных наблюдений за деформациями свай от сил морозного пучения.

1 ЭТАП: декабрь 2010 г. – февраль 2011г.

2 ЭТАП: январь – апрель 2012 г.

3 ЭТАП: январь – апрель 2013 г.

1 ЭТАП: декабрь 2010 г. –февраль 2011г.



2 ЭТАП: январь –апрель 2012 г.

.



Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

3 ЭТАП: январь –апрель 2013 г.





Согласовано

Взаим.

Подп. и

Инв. №

Методика лабораторных испытаний

На кафедре «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» АлтГТУ им. И.И. Ползунова разработана лабораторная установка ОСПГ-1(Определение степени пучинистости грунтов) для проведения испытаний по ГОСТ 28622-90 «Метод лабораторного определения степени пучинистости», моделирующая условия промерзания грунта в естественных условиях.

В конструкцию лабораторной установки ОСПГ-1 (определение степени пучинистости грунтов) входит:

1. Приборы пучения (2 шт.) ;

2.Морозильная ларь ;

3.Электроизмерительная аппаратура (термодат, термосопротивления, индикаторы, преобразователь интерфейса и т.п.);

4.Защитный шкаф для размещения аппаратуры ;

5.Персональный компьютер.



Рисунок 2.6 - Лабораторная установка ОСПГ-1 для проведения испытаний по ГОСТ 28622-90 «Метод лабораторного определения степени пучинистости».

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Изготовленный прибор пучения предназначен для определения пучинистых характеристик грунтов. Конструкция прибора соответствует общим требованиям ГОСТ 28622-90 «Метод лабораторного определения степени пучинистости».

Образец грунта 3 (рисунок 2.7) (монолит или образец нарушенного сложения) изначально погружается в кольца 12, предварительно внутренняя поверхность которых покрыта морозоустойчивой смазкой (литол). Пять колец сделаны для того, что бы уменьшить силы трения, возникающие между боковой поверхностью образца грунта и внутренней поверхностью колец, за счет их раздвижки во время деформации грунтового образца. Кольца выполнены из материала с низкой теплопроводностью (капралон). Образец (в кольцах) погружается в обойму 13, выполненную из такого же материала и смазанную по внутренней поверхности так же для уменьшения сил трения. Весь образец в обойме устанавливается на нижнюю часть прибора 8, непосредственно на крышку 10 емкости для воды 6. Между образцом и крышкой укладывается фильтр 4 для равномерного распределения влаги по нижней кромки образца. Влага к фильтру подтягивается по фитилям 5 из емкости 6 через отверстия в крышке 10 к фронту промерзания во время промораживания. Корпус нижней части прибора выполнен из среднезернистого пенопласта. Он служит теплоизоляционным кожухом, препятствующим попаданию холода через стенки и низ конструкции. Далее на установленный грунтовый образец в обойме 13 плавно устанавливается верхняя часть прибора 11, также выполняющая роль теплоизоляционного кожуха. Далее на верхнюю поверхность образца ставится термостатированная плита 14, относительно которой индикаторы положения 1 (2 шт.), закрепленные на перекладине 15 показывают деформации поднятия-опускания образца. В плите 14, крышке 10 и емкости под воду 6 устроены каналы для датчиков измерения температуры соответственно в верхней части образца 6, нижней части этого же образца и в камере для воды, что и позволяет в дальнейшем

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

контролировать процесс замораживания при помощи термодатчиков. Перекладина 15 с помощью резьбового соединения крепится к кронштейнам 2, которые закреплены в основании установки 7. Эта конструкция представляют собой жесткую статически не изменяемую систему.Конструкция прибора позволяет нагружать образец грунта вертикальной нагрузкой (начальная нагрузка), которая моделирует нагрузку от собственного веса выше расположенных слоев грунта, если образец отобран с некоторой глубины с помощью устройства 17 и пригрузов необходимого веса 16.

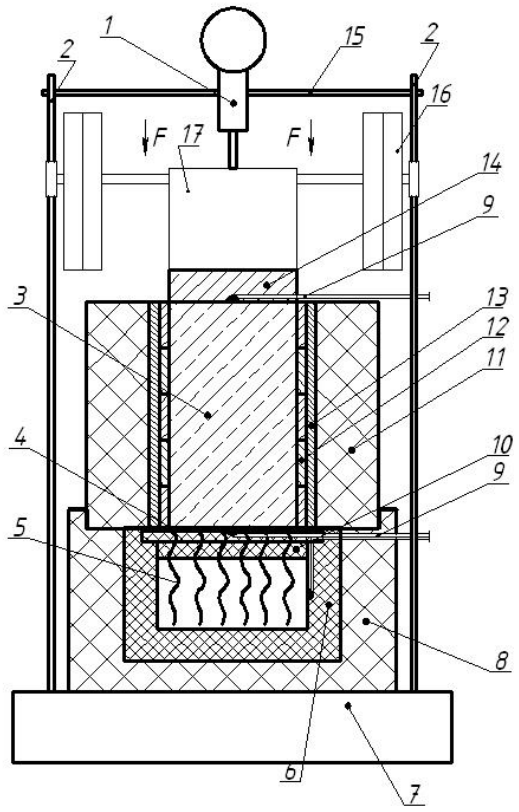


Рисунок 2.7 – Принципиальная схема установки прибора для определения степени пучинистости грунтов: 1 – индикатор положения; 2 - кронштейн; 3 - образец грунта; 4 - фильтр; 5 - влагоподводящий фитиль; 6 - емкость для воды; 7 - основание установки; 8 - теплоизоляционный кожух (нижняя часть); 9 - датчики температуры; 10- крышка емкости под воду; 11 - теплоизоляционный кожух (верхняя часть); 12 - обойма колец; 13 - кольцо; 14 - термостатированная плита; 15 - перекладина, 16 - пригрузы, 17 - пригрузное устройство.

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Исследования на определение максимальной плотности скелета грунта при оптимальной влажности грунта проводятся на приборе стандартного уплотнения (рисунок 2.8). Схема установки показана на рисунке 2.9. За основу принят прибор, рекомендуемый ГОСТ 22733-77.

Метод стандартного уплотнения заключается в установлении зависимости плотности сухого грунта от его влажности при уплотнении образцов грунта с постоянной работой уплотнения и последовательным увеличением влажности грунта.



Рисунок 2.8 – Прибор стандартного уплотнения

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

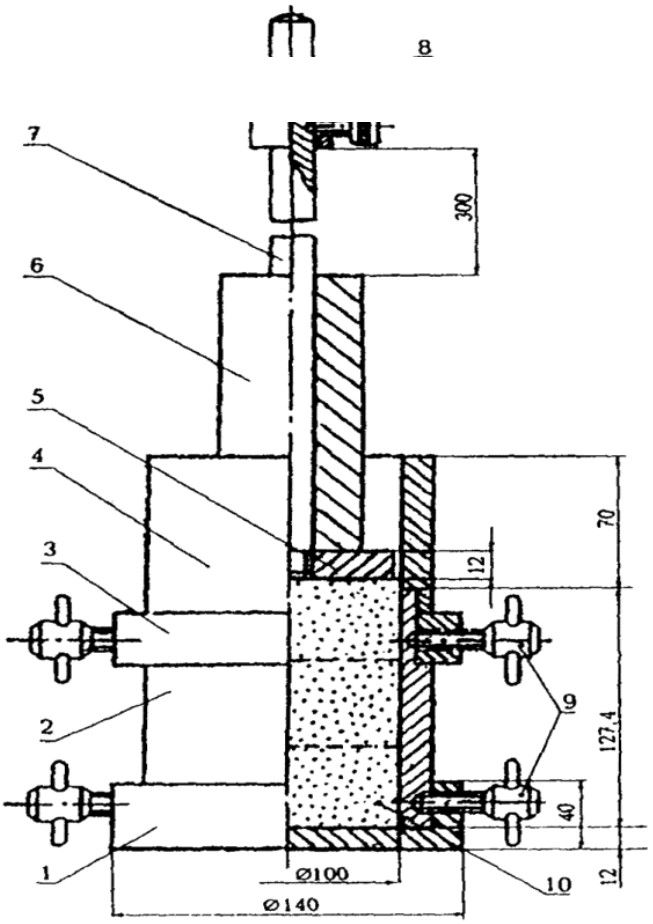


Рисунок 2.9 – Принципиальная схема установки для испытания грунта методом стандартного уплотнения СоюздорНИИ: 1 - поддон; 2 - разъемная форма; 3 - зажимное кольцо; 4 - насадка; 5 - наковальня; 6 - груз массой 2,5 кг; 7 - направляющая штанга; 8 - ограничительное кольцо; 9 - зажимные винты; 10 - образец грунта

Применяют следующие средства измерения и вспомогательное оборудование и инструменты:

- весы для статического взвешивания на 2-5 кг среднего класса точности по ГОСТ 29329;

- весы лабораторные на 0,2-1,0 кг 4-го класса точности по ГОСТ 24104;

- линейка длиной не менее 300 мм по ГОСТ 427;

- цилиндры мерные вместимостью 100 мл и 50 мл с ценой деления не более 1 мл по ГОСТ 1770;

- чашки металлические для испытаний вместимостью 5 л;

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

- стаканчики для взвешивания с крышками;

- устройство растирочное или ступка фарфоровая с пестиком по ГОСТ 9147;

- шкаф сушильный;

- набор сит с диаметром отверстий 20, 10 и 5 мм;

- эксикатор Э-250 по ГОСТ 23932;

- шпатель металлический;

- нож лабораторный с прямым лезвием длиной не менее 150 мм.



Рисунок 2.10 – Вспомогательное оборудование и инструменты

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Определение степени пучинистости

Испытания проводят на искусственно приготовленных образцах грунта с заданной максимальной плотностью и оптимальной влажностью, значения которых устанавливаются программой испытаний.

Испытания проводят не менее чем для трех параллельных образцов исследуемого грунта.

Отбор, упаковка, транспортирование и хранение монолитов и образцов грунта нарушенного сложения должны производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12071.

Образец грунта в обойме, смазанной внутри тонким слоем технического вазелина или покрытой слоем антифрикционного материала, помещают в установку ОСПГ-1 на увлажненный капиллярно-пористый материал поддона и проводят следующие операции:

- на верхний торец образца устанавливают термостатированную плиту;

- проверяют положение штока механизма для нагружения образца по отношению к центру образца;

- устанавливают прибор для измерения вертикальных деформаций образца грунта;

- подключают систему непрерывного подтока воды к образцу;

- к образцу грунта плавно, не допуская ударов, прикладывают нагрузку, создавая давление;

- записывают начальные показания приборов.

Установку помещают в холодильную камеру и выдерживают при температуре плюс (1±0,5)°С не менее суток. Включают автоматизированную систему для задания температурного режима промораживания образца.

В ходе испытания через каждые 12 ч снимают показания приборов для измерения вертикальной деформации образца грунта и температуры верхней и нижней термостатированной плиты.

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Во избежание переохлаждения грунта через 12 ч с начала испытания следует вызвать начало кристаллизации влаги в образце легким постукиванием по верхней термостатированной плите.

В обоснованных случаях допускается проведение испытаний без увлажнения образца грунта. При этом между образцом и капиллярно-пористым материалом укладывают влагонепроницаемую пленку.

Испытание прекращают при достижении температуры 0°С на нижнем торце образца.

Сразу после окончания испытания образец извлекают из обоймы, разрезают вдоль вертикальной оси, измеряют фактическую толщину промерзшего слоя (за исключением зоны пластично-мерзлого грунта) и описывают его криогенную текстуру.

Относительную деформацию морозного пучения образца грунта ε_{fh} вычисляют с точностью 0,01 по формуле

$$\varepsilon_{fh} = h_f / d_i, \qquad (1,2)$$

где h_f – вертикальная деформация образца грунта в конце испытания, мм;

d_i – фактическая толщина промерзшего слоя образца грунта, мм.

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Раздел 3

Результаты исследований

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Результаты полевых испытаний грунтов винтовыми сваями

На каждом этапе испытаний проводились замеры превышений и строились графики изменения положения свай по годам. Ниже приведены графики и таблица 2 обработки испытаний для первого этапа наблюдений.

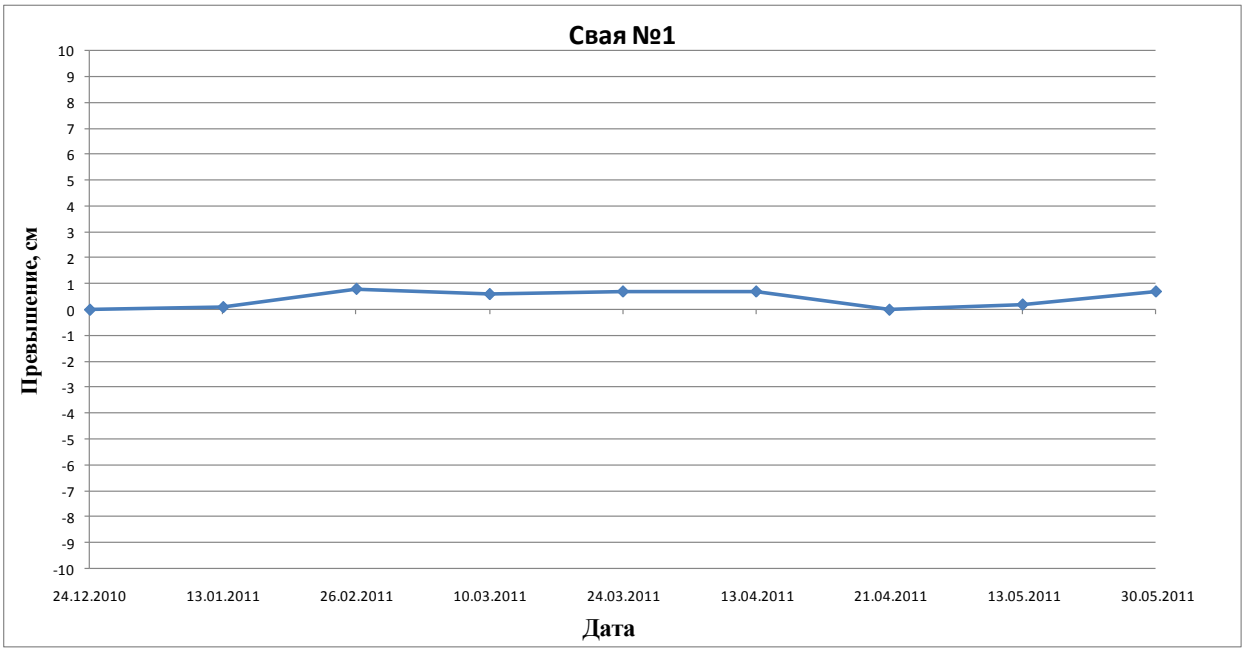
В таблице 3 приведены обобщающие результаты за три периода наблюдений. Сваи I,II,III – в кусте, сваи 1- 13 одиночные.

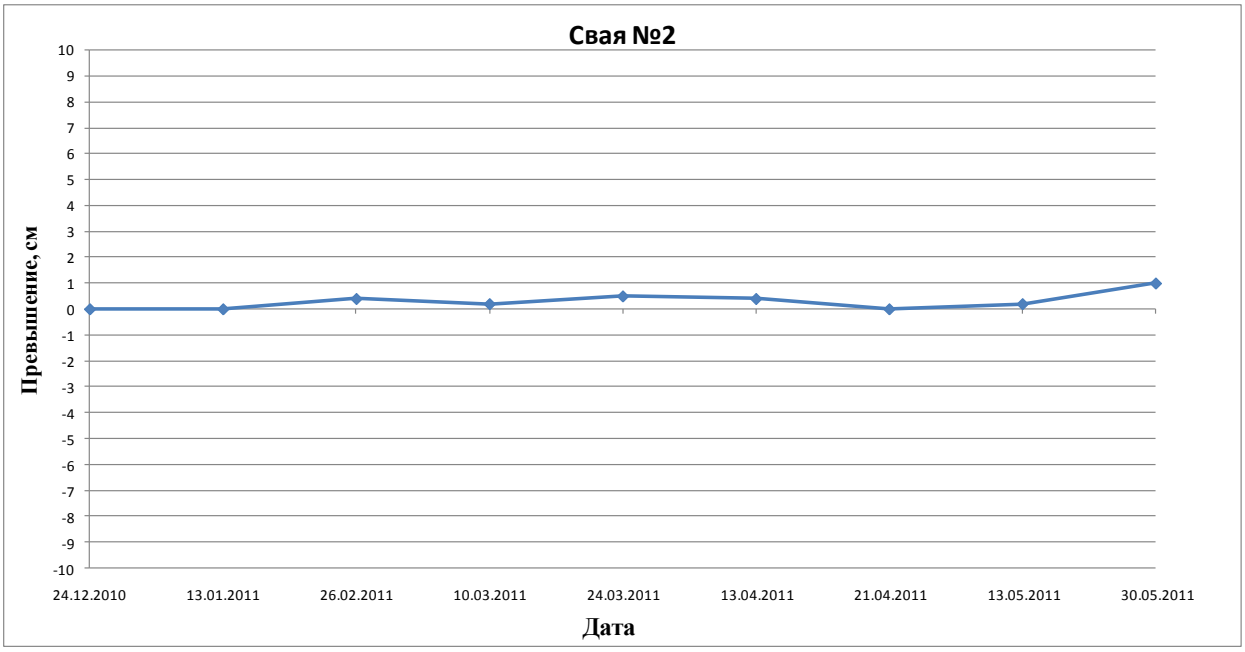
Таблица 2. Превышения свай « B.A.U.»

	Превышения, мм								
№ свай	**24.12. 2010г.**	**13.01. 2011г.**	**26.02. 2011**	**.03.11 2011**	**24.03. 2011**	**13.04. 2011**	**21.04.1 201**	**13.05. 2011**	**30.05. 2011**
I	-1028	-1022	-1024	-1025	-1023	-1025	-1028	-1023	-1017
II	-1028	-1028	-1024	-1026	-1024	-1022	-1028	-1024	-1015
III	-1020	-1019	-1011	-1012	-1021	-1017	-1023	-1016	-1010
1	-0942	-0941	-0934	-0936	-0935	-0935	-0942	-0940	-0935
2	-1042	-1042	-1038	-1040	-1037	-1038	-1042	-1040	-1032
3	-1022	-1021	-1018	-1021	-1019	-1019	-1023	-1021	-1012
4	-1022	-1023	-1020	-1022	-1020	-1020	-1023	-1019	-1012
5	-1022	-1021	-1019	-1021	-1022	-1019	-1023	-1021	-1015
6	-1038	-1039	-1035	-1039	-1039	-1038	-1042	-1040	-1030
7	-1021	-1020	-1017	-1019	-1018	-1017	-1022	-1019	-1022
8	-0982	-0981	-0976	-0980	-0978	-0978	-0982	-0983	-0973
9	-1039	-1041	-1035	-1039	-1037	-1036	-1040	-1037	-1039
10	-0950	-0948	-0943	-0943	-0941	-0940	-0948	-0948	-0939
11	-1061	-1060	-1053	-1056	-1053	-1054	-1062	-1057	-1046
12	-1450	-1048	-1043	-1046	-1043	-1044	-1048	-1046	-1039
13	-1070	-1069	-1066	-1070	-1066	-1066	-1070	-1070	-1061

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №

Графическая обработка данных.



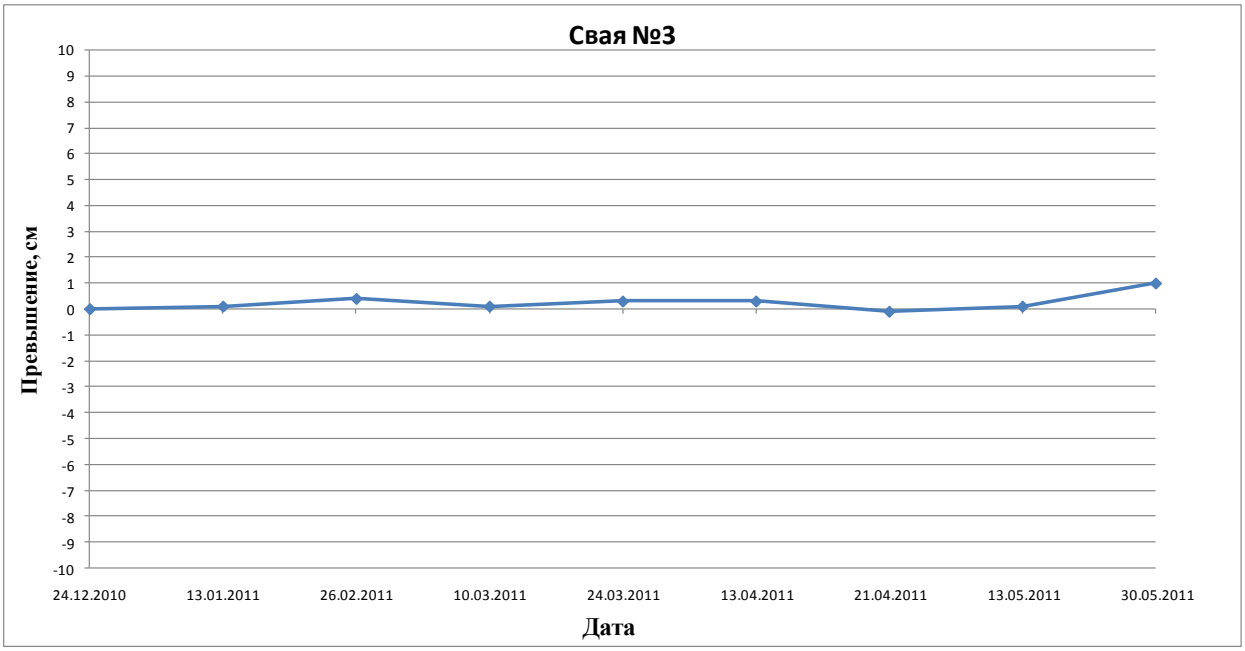


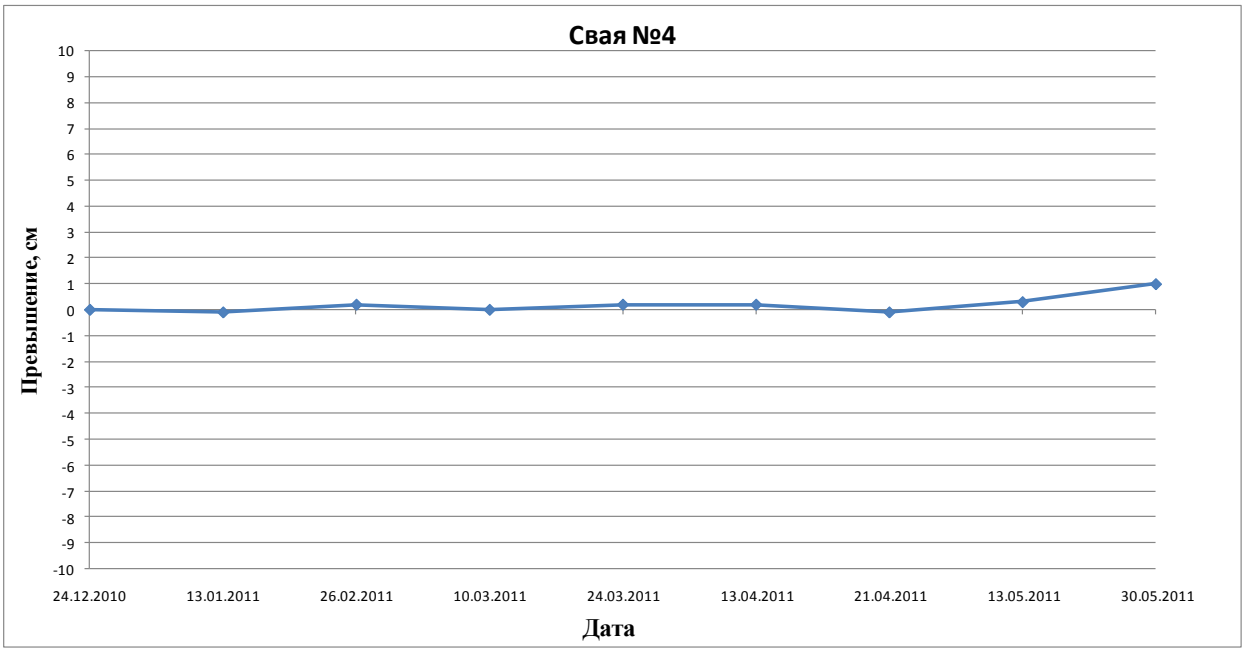
Согласовано

Взаим.

Подп. и

Инв. №



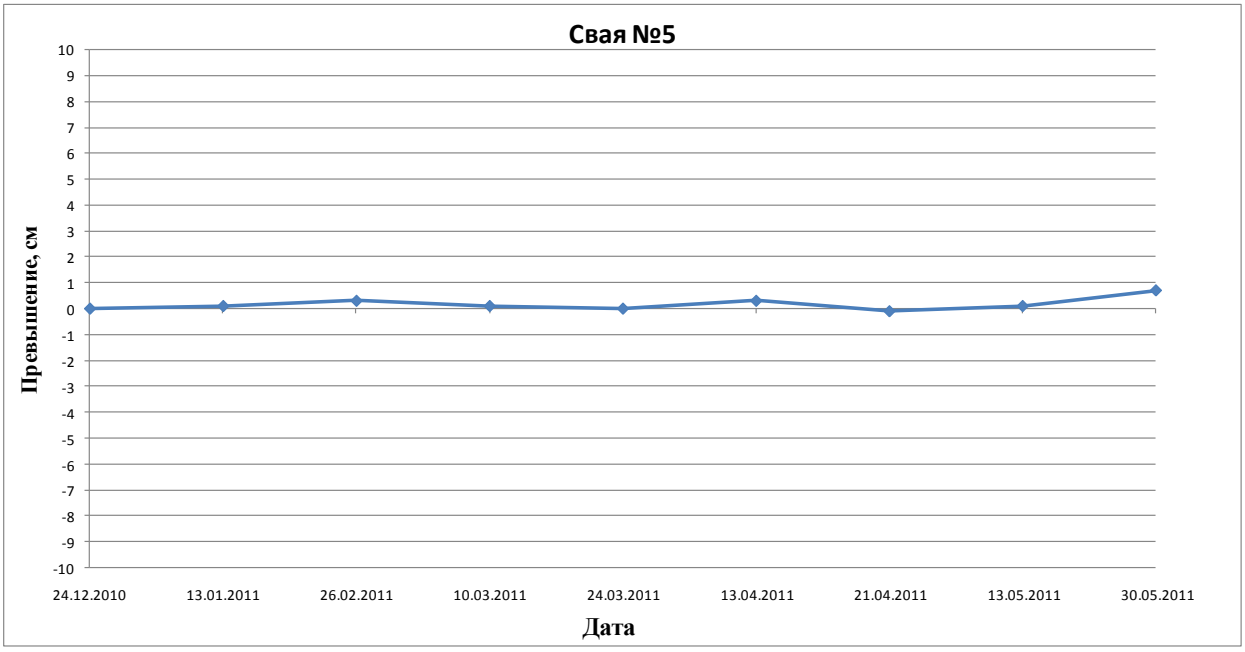


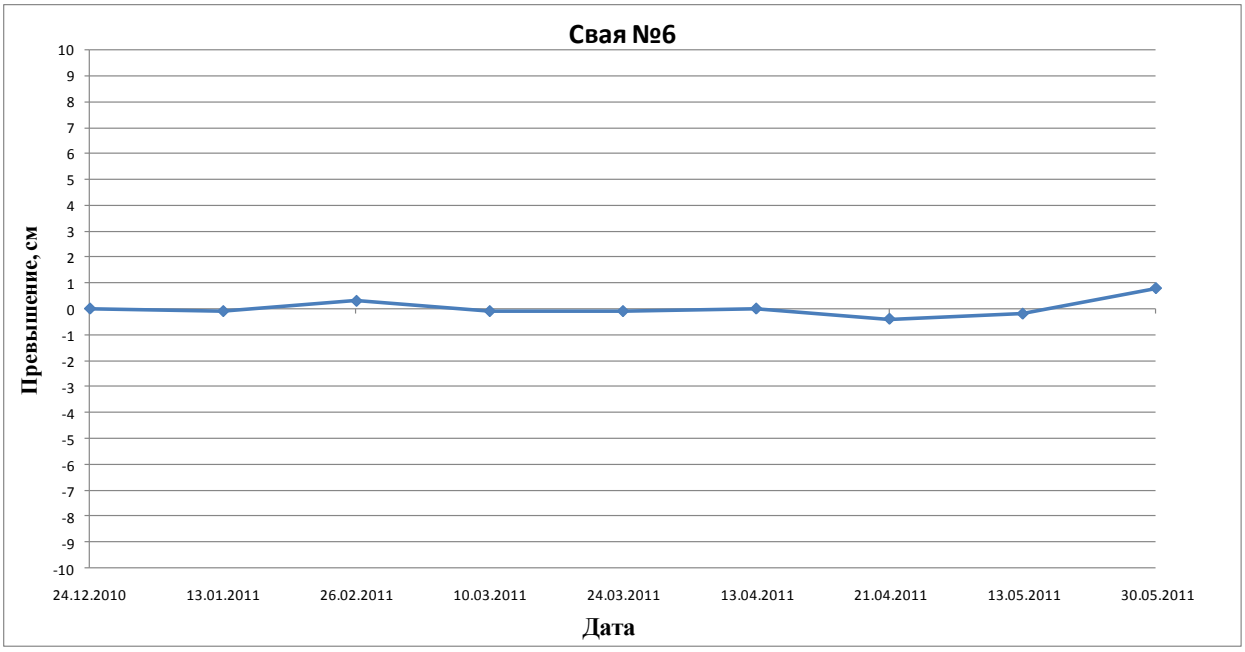
Согласовано

Взаим.

Подп. и

Инв. №



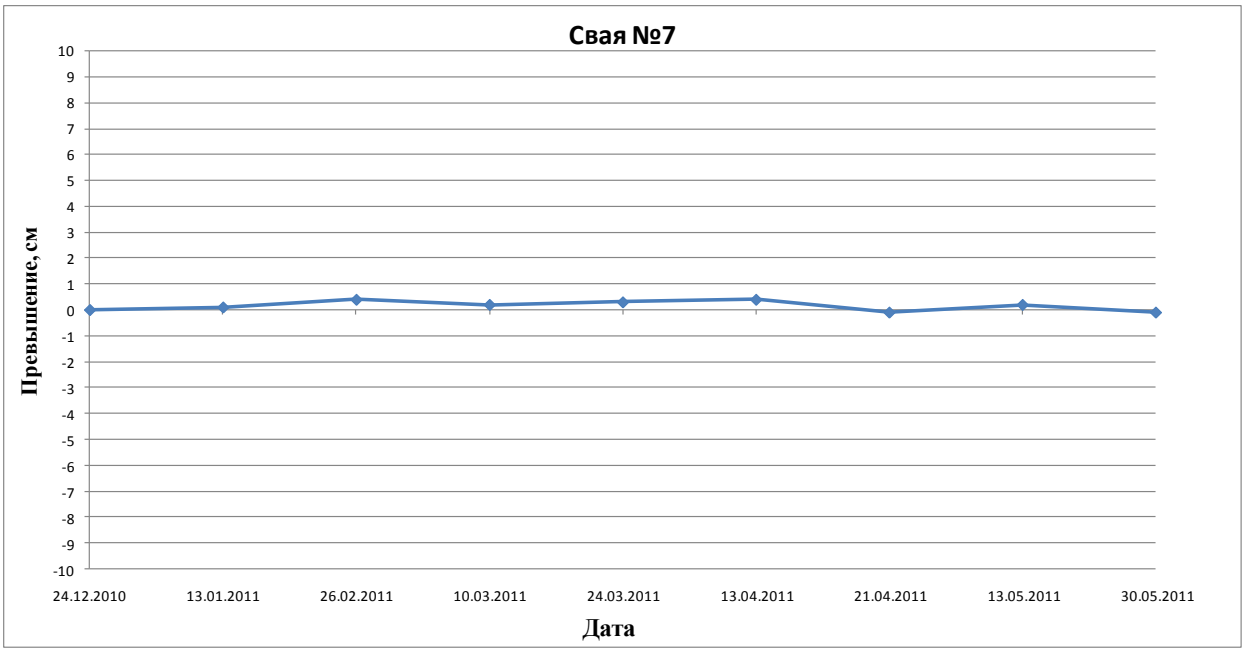


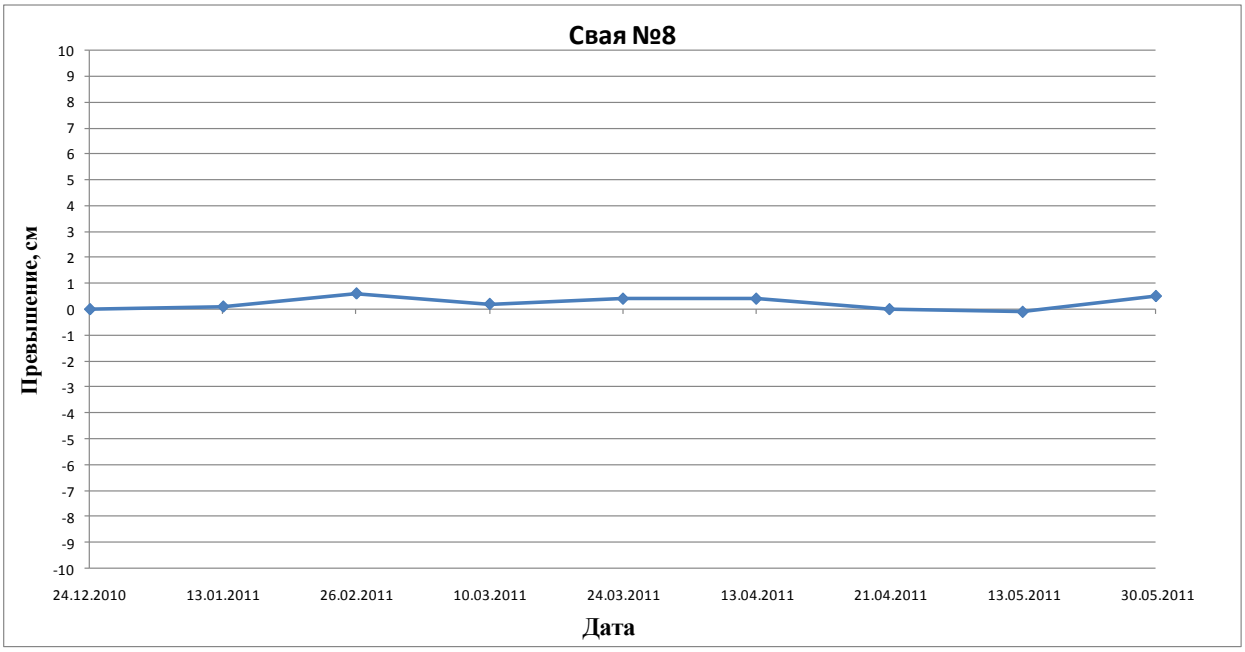
Согласовано

Взаим.

Подп. и

Инв. №



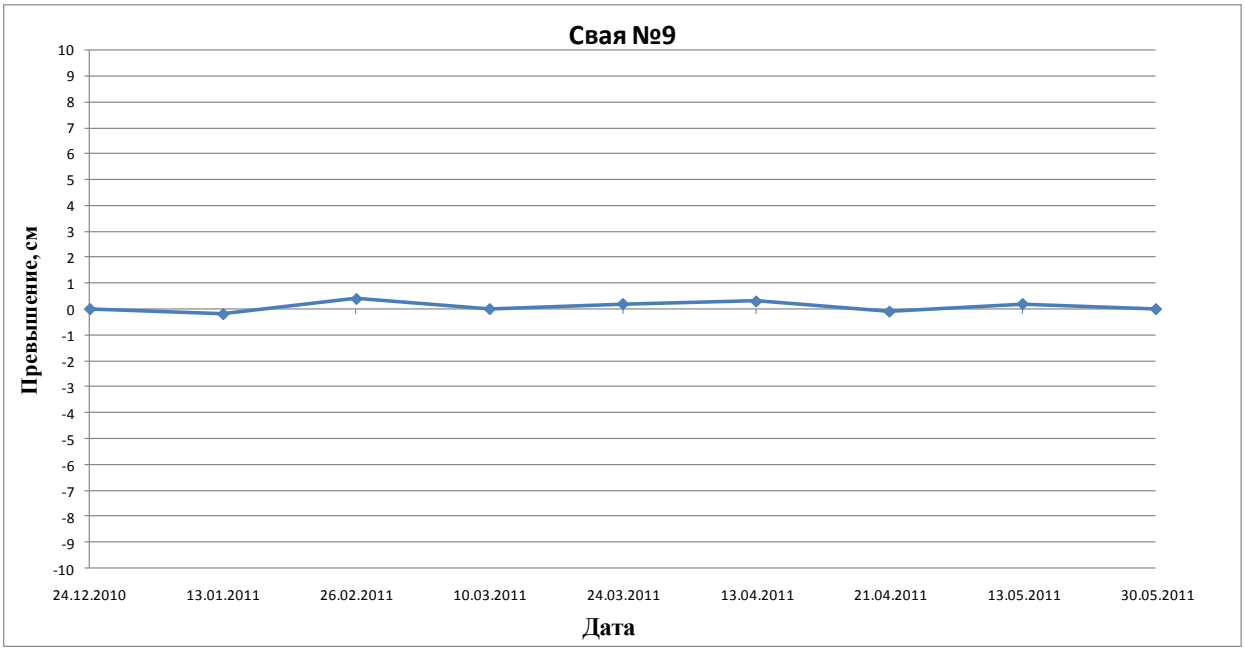


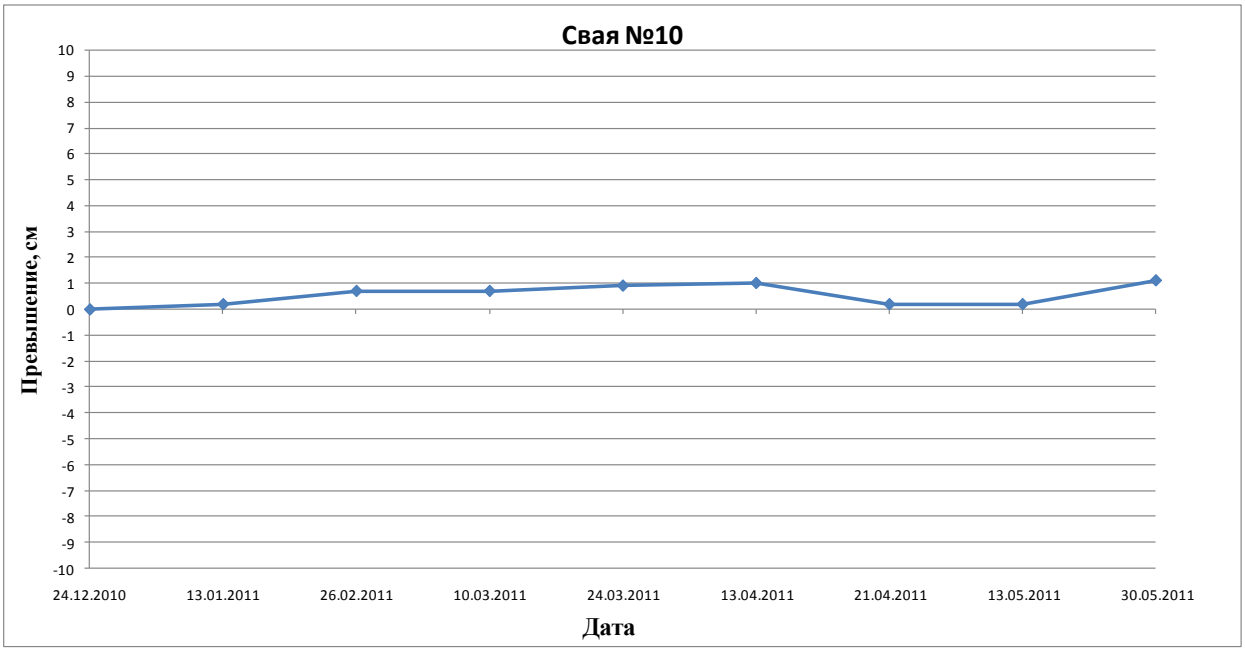
Согласовано

Взаим.

Подп. и

Инв. №



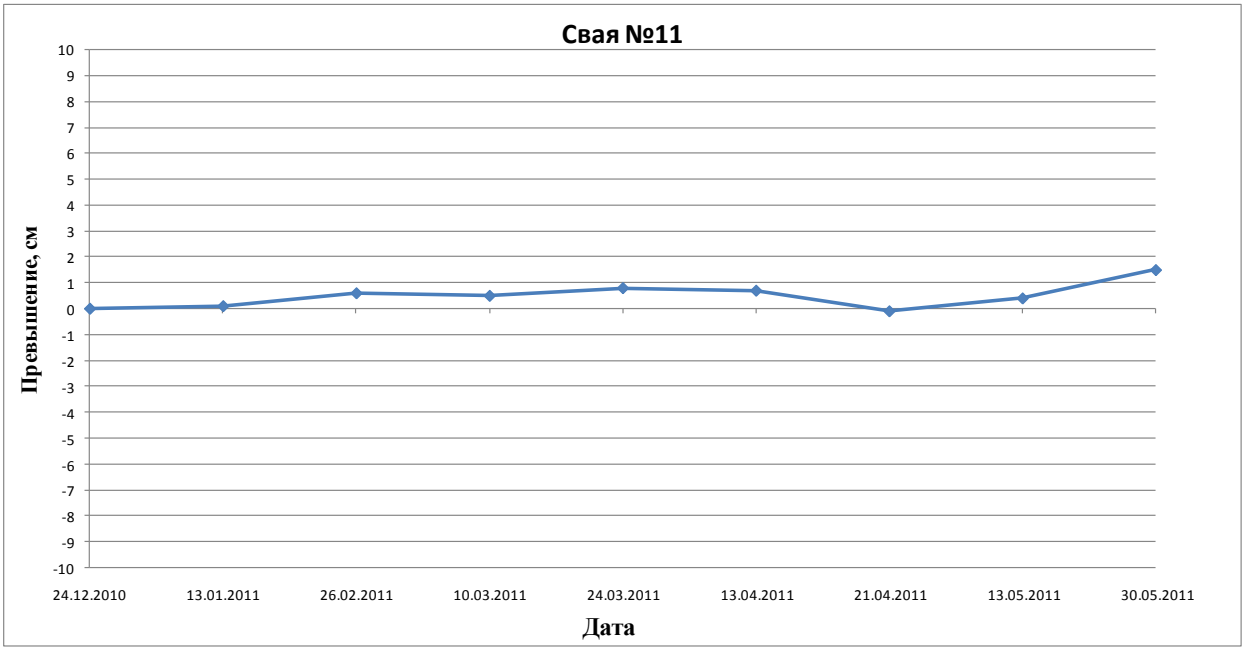


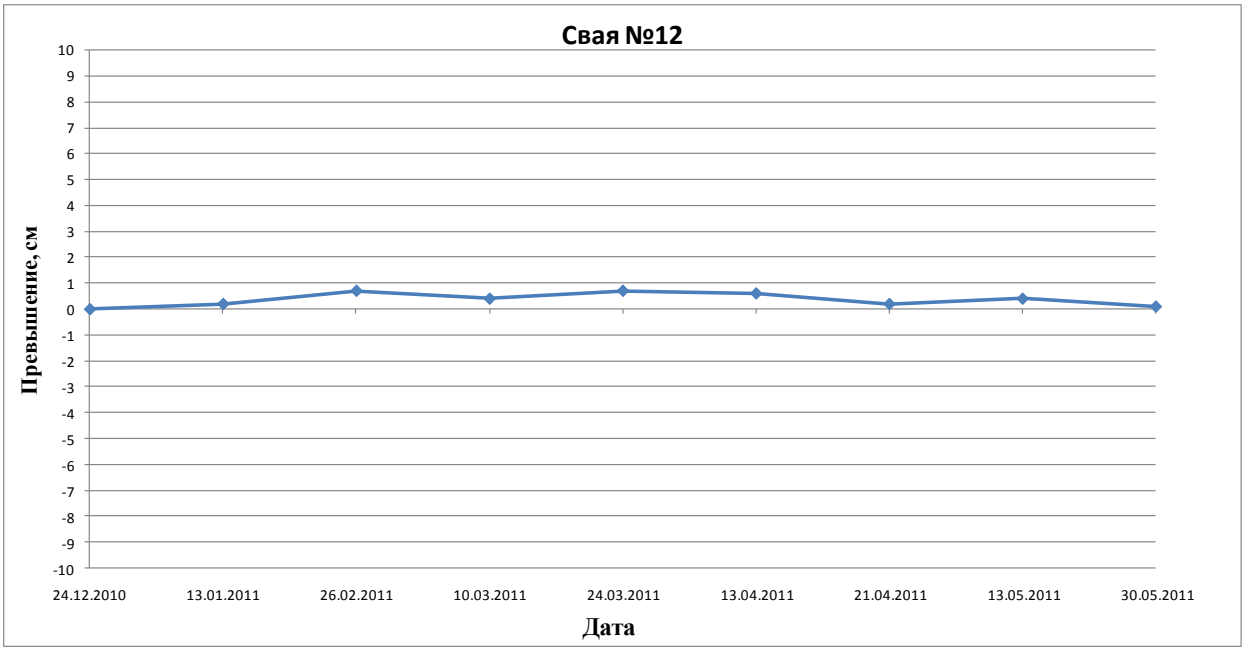
Согласовано

Взаим.

Подп. и

Инв. №



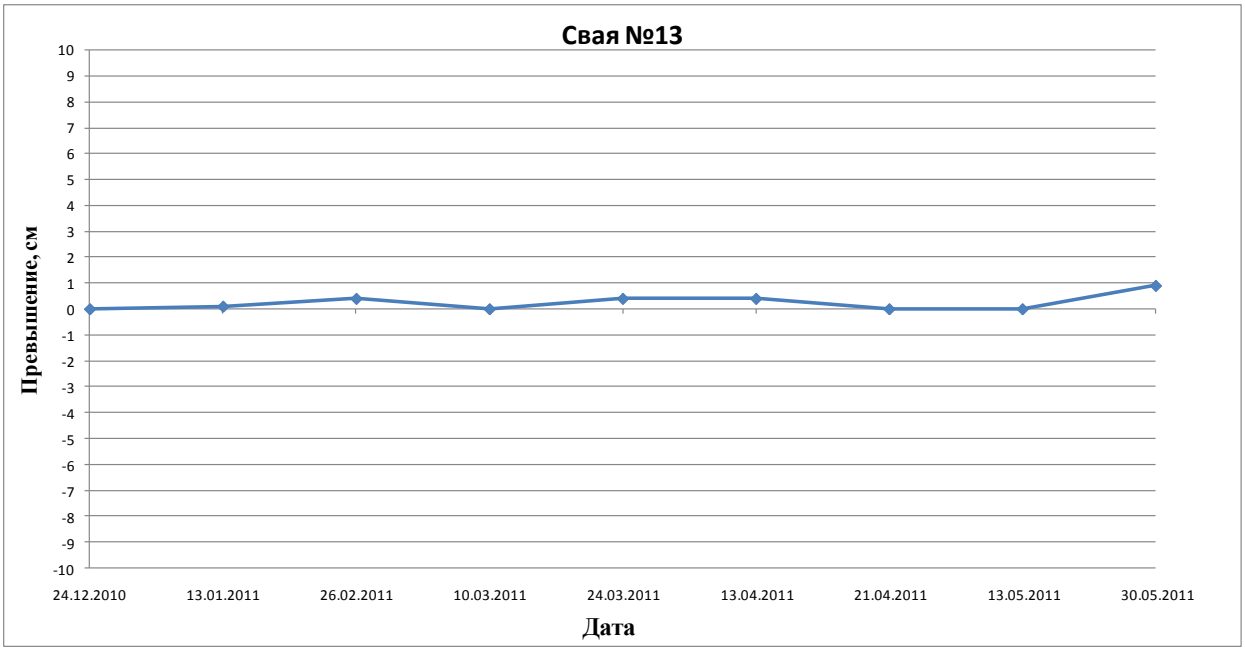


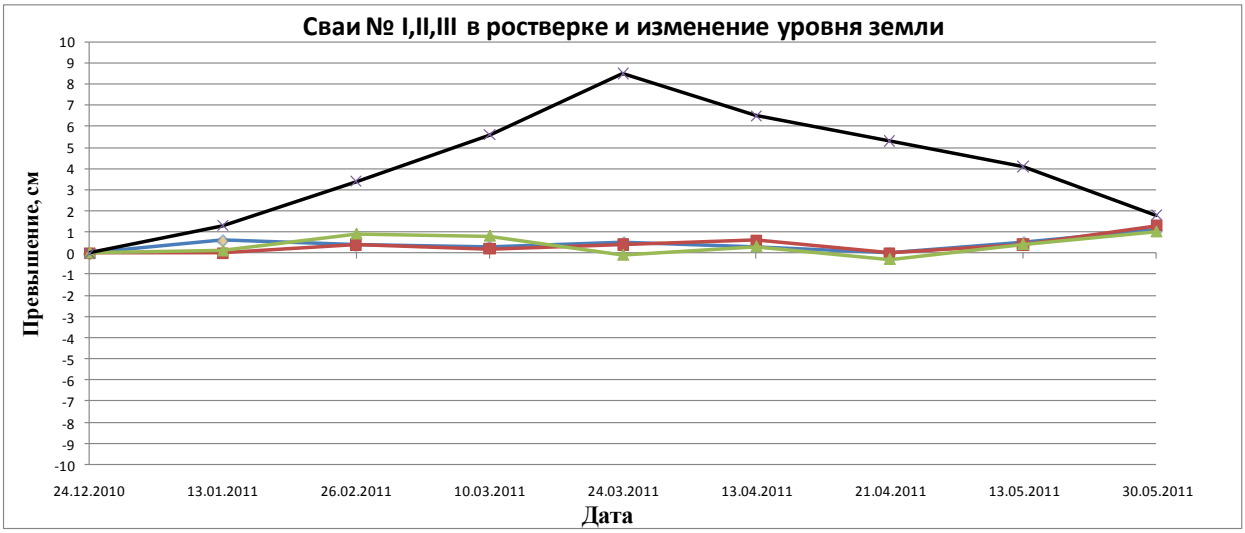
Согласовано

Взаим.

Подп. и

Инв. №





Согласовано

Взаим.

Подп. и

Инв. №

Таблица 3. Результаты наблюдений

	Превышения, мм								
№ свай	24.12. 2010г.	13.01. 2011г .	26.02. 2011	10.01. 2012	24.03. 2012	13.04. 2012	21.01. 2013	14.02. 2013	30.04. 2013
I (куст)	- 1028	- 1027	- 1027	- 1026	-1026	-1025	- 1027	- 1027	- 1025
II (куст)	- 1028	- 1026	- 1026	- 1027	- 1027	- 1025	- 1028	- 1028	- 1024
III(куст)	- 1027	- 1026	- 1026	- 1026	-1027	- 1026	- 1028	- 1028	- 1026
1	- 0942	- 0941	- 0942	- 0940	- 0938	- 0936	- 0938	- 0940	- 0938
2	- 1042	- 1042	-1043	- 1040	- 1039	- 1038	- 1042	- 1042	- 1039
3	- 1022	- 1021	- 1023	-1021	- 1020	- 1019	- 1021	- 1021	- 1018
4	- 1022	- 1023	- 1024	- 1022	- 1020	- 1020	- 1023	- 1024	- 1020
5	- 1022	- 1021	- 1023	- 1024	- 1024	- 1020	- 1023	- 1024	- 1021
6	- 1038	- 1039	- 1040	- 1039	- 1039	- 1038	- 1040	- 1040	- 1038
7	- 1021	- 1020	- 1023	- 1022	- 1023	- 1021	- 1022	- 1022	- 1020
8	- 0982	- 0981	- 0984	- 0983	- 0983	- 0979	- 0982	- 0983	- 0978
9	- 1039	- 1041	- 1043	- 1039	- 1037	- 1036	- 1040	- 1041	- 1039
10	- 0950	- 0948	- 0949	- 0947	- 0946	- 0943	- 0944	- 0945	- 0941
11	- 1061	-1060	- 1063	-1059	-1058	- 1056	- 1060	- 1061	- 1057
12	- 1450	- 1048	- 1048	- 1046	- 1044	- 1044	- 1048	- 1048	- 1044
13	- 1070	- 1068	- 1070	- 1070	- 1068	- 1066	- 1070	- 1070	- 1066

Согласовано

Взаим.

Подп. и

Инв. №

ВЫВОДЫ

1.Полученные результаты свидетельствуют о существенных различиях в работе винтовых свай «B.A.U» при воздействии сил морозного пучения в отличии от забивных и набивных свай.
В период проведения экспериментальных наблюдений деформаций свай от действия сил морозного пучения грунтов практически не наблюдалось. Разница между начальными измерениями (при минимальных отрицательных температурах) и последующими измерениями деформаций (при максимальных отрицательных температурах) находится в пределах ошибки измерений.

2.Небольшая площадь соприкосновения винтового фундамента "B.A.U" с грунтом в сочетании со спиралью не позволяет фундаменту двигаться даже при глубоком промерзании грунта.

3. При завинчивании в межвитковых промежутках грунт не разрыхляется, а наоборот - уплотняется спиралью, уменьшая пористость грунта. отжатие грунтовой воды и увеличивая несущую способность сваи.

4.Полученные экспериментальные результаты показали отсутствие вертикальных деформаций винтовых свай «B.A.U» вызванных силами морозного пучения грунтов основания.

5. Винтовые сваи «B.A.U» эффективно противостоят силам морозного пучения и могут успешно эксплуатироваться в зимних условиях при строительстве малонагруженных зданий и сооружений на пучинистых грунтах.

Согласовано
Взаим.
Подп. и
Инв. №