

ПРИМЕНЕНИЕ ИЗВЕСТИ В ПРАКТИКЕ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ АВАРИЙНЫХ ПРОСАДОК ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В.И. Крысан, ООО НПО "РемБуд", Украина

В.В. Крысан, ООО "Паритет", Украина

А.С. Выхрюк, Национальный горный университет, Украина

Приведен способ закрепления просадочных грунтов с применением известковых колонн из негашеной извести. Рассмотрены особенности формирования просадочных свойств лессовых грунтов и проявления просадочных деформаций в грунтах при строительстве инженерных сооружений. Охарактеризованы физико-химические процессы, происходящие при обработке негашеной известью лессовых грунтов, раскрыт механизм уплотнения просадочных грунтов при формировании известковых колонн.

Изношенность водонесущих сетей и отсутствие ливневых канализаций вызывают замачивание грунтов. Аварийные утечки особо опасны при наличии просадочных грунтов большой мощности, так как их замачивание вызывает просадки и осадки, которые опасны для конструкций зданий и сооружений. Кроме того, значительная часть зданий и сооружений в своем основании имеют лессовые просадочные грунты и накатанные на них подушки. Такое конструктивное решение при замачивании не всегда способно предотвратить развитие критических деформаций.

Лессовые и лессовидные грунты отличаются своеобразным составом и свойствами, и для них характерно наличие просадочных свойств. Просадки являются фактором, вызывающим множество инженерно-геологических процессов, которые, в большинстве своем, приводят к нарушению функционирования коммуникаций и сооружений. Такие процессы очень характерны для Украины, где просадочные грунты распространены почти на 70% территории. В целом, наличие просадочных грунтов отмечается на территории, занимающей около 35% континентальной части СНГ (рис.1). Лессовые и лессовидные грунты охватывают более 25% территории центральной и южной частей Средней Азии.

Впервые просадочные деформации грунтов наблюдались в 1903 году при строительстве железной дороги Оренбург-Ташкент, а в 1928 и 1929 году были описания просадочных деформаций оросительных каналов, вырытых в толще лессовых грунтов в Голодной степи и в Закавказье. В 1930 году было опубликовано описание деформаций жилых домов в районе г. Грозный. Известны ситуации в Днепропетровске, Запорожье, Днепродзержинске, и других городах Украины, где жилые дома и сооружения перешли в аварийное состояние, что привело к отселению жителей.

Для понимания процессов, возникающих при замачивании лессов и лессовидных грунтов, необходимо выяснить и понять причины и физические явления, происходящие при замачивании.

Просадочные свойства лессовых грунтов связаны с их химико-минералогическим составом и строением. А.К. Ларионов [2] выделяет следующие типы структур: зернистый, зернисто-агрегатный и агрегативный. Зернистая структура характеризуется малым содержанием глинистых частиц в грунте, создающих контактовый цемент между частицами.

Краев В.Ф. и Костяной М.Г. [3] рассматривают просадочную деформацию как особый вид деформации сжатия, в котором процесс уплотнения носит резко провальный, иногда ступенчато-провальный характер, тогда как в качественно отличном процессе деформации осадки уплотнения грунта происходит в результате постепенной перестройки структуры грунта.

Как показывают исследования, контактирование песчаных зерен и песчано-глинистых агрегатов в лессовых грунтах идет в основном через глинистые минералы. Это и объясняет как начальную просадочную влажность, так и начальное просадочное давление.

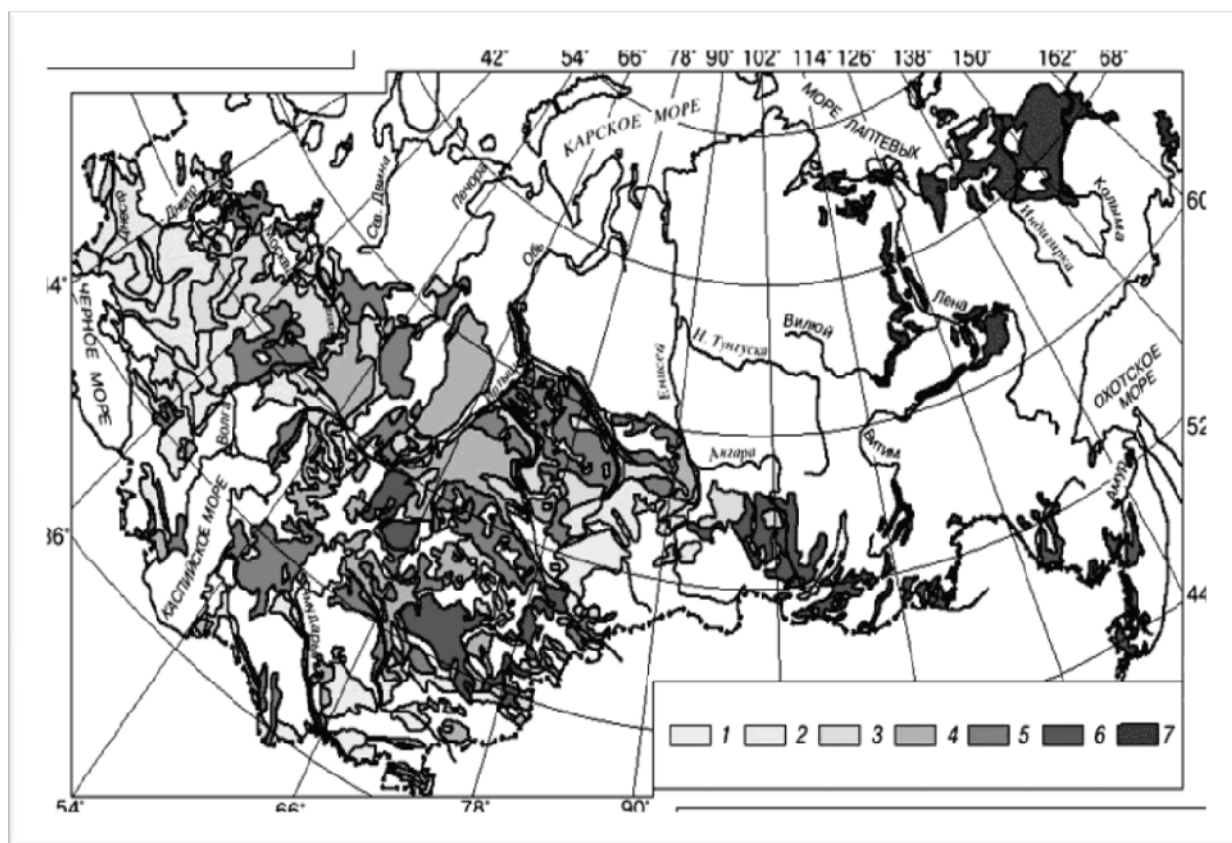


Рис. 1. Карта распространения лессовых пород на территории СНГ: 1 - лессы и лессовые породы большой мощности (больше 10 м), которые проседают под собственным весом; 2 - лессовые породы и лессы мощностью больше 5 м, которые проявляют значительные просадочные деформации при дополнительных нагрузках; 3 - лессовые породы средней мощности (5 ... 10 м), с незначительными просадочными деформациями при дополнительных нагрузках; 4 - лессовые породы не постоянного распространения (3 ... 5 м), не просадочные; 5 - лессовые породы прерывного и локального распространения переменной мощности, неоднородные по просадочности; 6 - лессовидные и покровные глинистые породы локального и прерывного распространения, маломощные, не просадочные; 7 - мерзлые покровные пылеватые глинистые породы, которые проявляют термопросадки в результате оттаивания.

Установлено, что просадочные деформации в замоченных лессовых грунтах возникают лишь при определенном уплотняющем давлении. При определенном давлении и достижении определенной степени влажности глинистых минералов, находящихся на контактах зерен, происходят проскальзывания, это и есть начальное просадочное давление. В просадочных грунтах это давление является бытовым давлением.

На первой стадии процесса просадки происходит интенсивное снижение пористости и перераспределение дисперсного материала за счет пластических необратимых деформаций, приводящих к заполнению крупных пор.

Из выше изложенного следует, что для стабилизации лессовых грунтов при замачивании и недопустимости возникновения аварийного состояния здания необходимо:

- удалить воду из грунта, когда еще не достигнута начальная просадочная влажность грунта;
- уплотнить грунт для уменьшения пористости.

Как видно из поставленных задач, эти работы должны выполняться быстро, и иметь хорошую теоретическую проработку.

Опыт применения традиционных свайных фундаментов показывает, что в условиях развития мощных просадочных толщ не всегда удается исключить просадки грунтовых оснований при их замачивании и, как следствие, развитие аварийных деформаций конструкций инженерных сооружений.

В качестве примера рассмотрено совместное заложение производственного корпуса и дымовой трубы, возведенной на свайном фундаменте. В процессе эксплуатации инженерных сооружений в результате подъема уровня грунтовых вод с отметки 29,9 м (глубина до воды 20,5 м) до отметки 41,6 м (глубина 8,8 м) в просадочной толще произошло развитие неравномерных деформаций, характер которых установлен по результатам численного геомеханического моделирования (рис. 2).

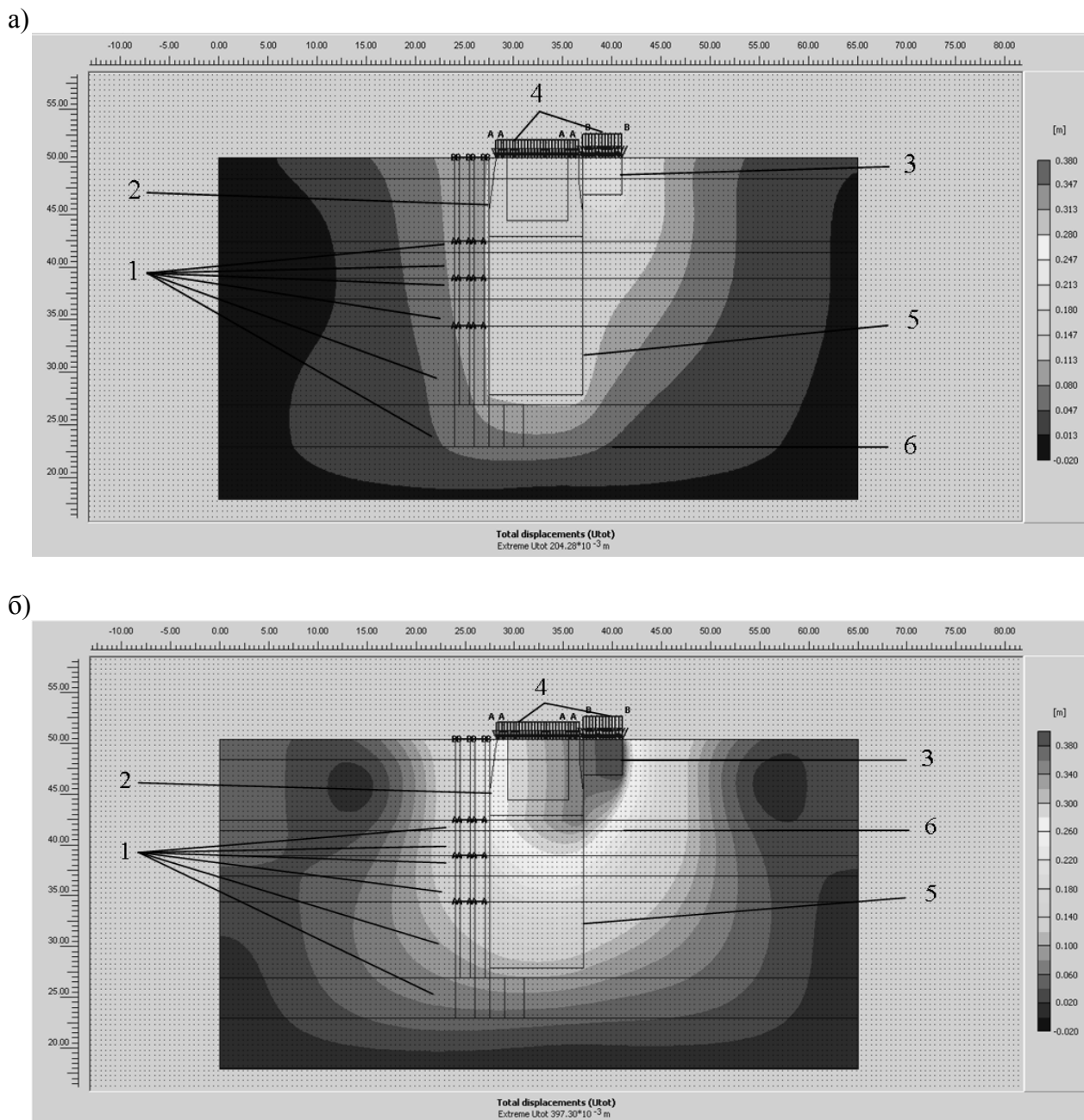


Рис. 2. Характер деформирования грунтовой толщи в основании производственного корпуса и дымовой трубы, возведенной на свайном фундаменте, до замачивания просадочных грунтов (а) и после (б): 1 – просадочная толща, 2 – фундамент дымовой трубы; 3 – фундамент производственного корпуса; 4 – действующая нагрузка; 5 – свайное поле; 6 – уровень грунтовых вод

Перемещения верхних левого и правого контуров свайного фундамента дымовой трубы, установленные по результатам расчетов, соответствовали фактически измеренным, и составили соответственно 0,24 м и 0,36 м, что при высоте трубы 80,0 м привело к ее отклонению от вертикальной оси на 0,50 м.

Случаи замачивания просадочных грунтов вследствие поднятия уровня грунтовых вод особенно характерны для многих застроенных территорий с зарегулированным стоком и потерями из водонесущих коммуникаций, в том числе и для города Днепропетровска.

По нашим опытным работам и опыту практического применения, существующая задача укрепления просадочных оснований решается путем устройства известковых колонн (столбов), которые будут играть роль водопоглощающих колодцев и создавать уплотняющий эффект.

Применение извести для усиления замоченных лессовых грунтов целесообразно из-за ее характерных особенностей.

Строительную известь получают путем обжига кальциево-магниевого карбонатных пород при температуре 900...1200°C, не доводя материал до спекания. Исходным сырьем для изготовления строительной извести служат горные породы, в составе которых преобладают карбонаты кальция (CaCO_3) и магнезия (MgCO_3): мел, известняк, доломит, мергелистый известняк. В этих породах могут находиться примеси глины в различных количествах (до 20%), что оказывает влияние на качество получаемого после обжига вяжущего вещества. При содержании глины до 6% получают воздушную известь, а если в карбонатном сырье находится 6...20 % глинистых примесей – гидравлическую.

В процессе обжига карбонатная порода под действием высокой температуры разлагается по реакции $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$. Углекислый газ удаляется из печи вместе с продуктами горения. По такой же схеме происходит и диссоциация MgCO_3 .

Основной продукт обжига – воздушная известь, состоит, таким образом, из оксидов кальция и магнезия. В зависимости от соотношения $\text{CaO} : \text{MgO}$ различают воздушную известь следующих типов: кальциевую, в которой преобладает CaO , магнезиальную (MgO от 5 до 20%) и доломитовую (MgO в пределах 20...40%). К наиболее высококачественной относится кальциевая воздушная известь.

Различают негашеную и гашеную (гидратную) воздушную известь.

Негашеная известь, в состав которой входят CaO и MgO , бывает двух видов: комовая (куски размером 10...20 мм) и молотая.

Гашеную известь, которую чаще всего употребляют в строительстве, получают, воздействуя на комовую негашеную известь водой: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$;

Процесс сопровождается выделением теплоты в больших количествах – до 1160 кДж/кг. Известковая масса сильно разогревается, и крупные комья самопроизвольно распадаются на тонкие частицы размером 5...20 мкм (это меньше, чем у портландцемента). Воздушная известь – единственное минеральное вяжущее вещество, которое можно измельчать не механическим, а химическим путем, т.е. используя скрытую в материале химическую энергию.

Гидратация вызывает увеличение объема извести. При этом воды для гашения необходимо от 30% до 50% от объема извести. Негашеная известь имеет различный химический состав, и по этой причине при гашении увеличение ее объема разное.

Способность извести поглощать из окружающей среды воду и значительно увеличивать объем при гашении и используется нами при выполнении работ. Даже при минимальном увеличении объема, который составляет 50% от начального, диаметр известкового столба с 420 мм возрастает до 514 мм, увеличиваясь на 94 мм.

Приложение нагрузки, создаваемой силами, развивающимися при гашении, вызывает процесс уплотнения грунта. Если влажность грунта такова, что структурное его сцепление довольно высокое, то часть силы будет воспринята скелетом грунта через контакты твердых частиц, а часть водой, заключенной в порах грунта, при этом будет создаваться напор, вызывающий передвижение воды. При этом происходит уменьшение пористости грунта.

Высокая температура, возникающая при гашении извести, превращает находящуюся в грунте воду в пар, который уменьшает сцепление между частицами грунта, что дополнительно способствует его уплотнению.

В ходе гидратации негашеная известь, в зависимости от химического состава, связывает от 32% до 52% воды от своего первоначального веса, а значит, что один известковый столб диаметром 420 мм и длиной 4,5 м извлечет из грунта от 135 л до 212 л воды.

При обработке грунтов известью происходят следующие физико-химические процессы:

- пропитывание исходного грунта коллоидально-раздробленным гидратом окиси кальция;
- уплотнение и кристаллизация гидрата окиси кальция с образованием жестких структурных связей между грунтовыми частицами;
- поглощение тонкодисперсной и коллоидной частью грунта ионов кальция и свертывание в прочные агрегаты;
- частичная карбонизация гидрата окиси кальция с образованием жестких структурных связей из углекислой извести (кальцита);
- образование силикатов кальция при взаимодействии гидратов окиси кальция с подвижными формами кремнекислоты.

Одновременно происходит уплотнение грунта в результате уменьшения пористости, чему способствует развитие сил при гашении извести, уплотнение воздействием разогретых газов, а также уплотнение в процессе отбора воды из грунта.

Таким образом, основное свойство известковых столбов (колонн) (рис. 3), применяемых для осушения и уплотнения грунтов, определяется процессами, которые хотя и происходят одновременно, но с определенной степенью достоверности (для учета в расчетах) могут быть разделены на процессы:

- отбора воды из грунта;
- уплотнения грунта.

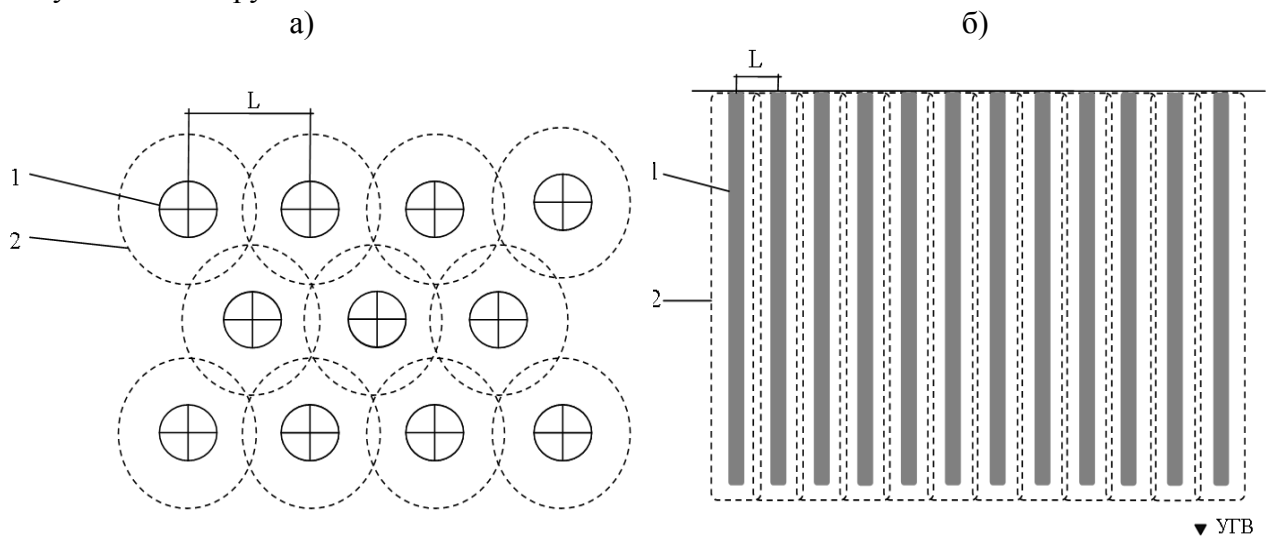


Рис. 3. Схема размещения известковых колонн (столбов) в плане (а) и разрезе(б):

1 - известковая колонна; 2 – зона уплотнения, L – расстояние между центрами колонн

Кроме того, созданный экран при прорыве поверхностных коммуникаций не позволяет замачивать грунтовую подушку, так как известковые столбы закладываются на глубину, равную мощности сжимаемой толщи. Развитие температуры будет способствовать более быстрому удалению воды из грунта. В этих условиях одновременно будут происходить процесс уплотнения грунта в результате уменьшения пористости, чему способствует развитие сил при гашении извести, процесс уплотнение воздействием разогретых газов, а также уплотнение в процессе отбора воды из грунта.

По результатам исследований [4] известно, что повышение температуры грунта пластифицирует глинистые контакты макропористой структуры, снижает их прочность и интенсифицирует микросдвиговые перемещения пылеватых частиц по глинистым контактам. В результате этого процесс уплотнения грунта ускоряется.

Закрепление грунтов в технологическом отношении представляет собой исключительно скрытые работы, что требует непрерывного и качественного ведения исполнительной документации.

Для обоснования необходимого количества известковых колонн для усиления грунтов на участке, в непосредственной близости от производства работ по закреплению, выполняются опытные работы. В их составе предусматривается изготовление не менее четырех известковых колонн, которые размещаются по углам квадрата, имеющего в плане размер 2х2 м. Через четыре дня после устройства известковых колонн выполняется отбор монолитов грунта для определения их физико-механических характеристик и оценки несущей способности грунтового основания.

Список литературы

1. Литвинов И.М. Глубинное укрепление и уплотнение просадочных грунтов. – К.: Издательство "Будівельник", 1969. – 184 с.
2. Ларионов А.К. Методы исследования структуры грунтов. – М.: "Недра", 1971. – 200 с.
3. Краев В.Ф., Костяной М.Г. Строительные свойства глинистых грунтов Украины. – К.: "Наукова думка", 1980. – 156 с.
4. Габибов Ф.Г. Теория и практика улучшения свойств структурно-неустойчивых глинистых грунтов при решении геотехнических и инженерно-геоэкологических проблем. – Баку: "ЭЛМ", 2001. – 422 с.

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ОДИНОЧНОЙ СВАИ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ЗАМОРАЖИВАНИИ – ОТТАИВАНИИ ГРУНТА

Б. В. Моркляник, Львовская политехника, Украина

В настоящей статье представлены материалы экспериментов, при проведении которых преследовалась цель выявить, каким образом циклическое замерзание – оттаивание грунта влияет на несущую способность моделей свайных фундаментов. Оказалось, что циклическое замерзание – оттаивание грунта приводит к существенному снижению несущей способности свай.

В настоящей работе представлены материалы экспериментов, при проведении которых преследовалась цель выявить, каким образом циклическое замерзание – оттаивание грунта влияет на несущую способность моделей свайных фундаментов [1,...,19].

Испытания выполнялись на глинистой пасте.

Свойства грунта представлены в таблице 1.

Испытания проводились в грунтовой лотке (рис. 1, 2).

Испытания выполнялись в такой последовательности.

1. Вначале в грунтовой лоток – металлический ящик с размерами 400х400х600 мм (рис. 1, поз.1) укладывалась грунтовая паста, изготовленная из увлажненной и перемятой палево – желтой супеси (рис. 1, поз. 2).