

На правах рукописи



СЕРБИН ВИТАЛИЙ ВИКТОРОВИЧ

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ
СПОСОБНОСТИ СВАЙ В ЛЕССОВЫХ ГРУНТАХ НА ПРИМЕРЕ
СЕВЕРНОГО КАВКАЗА**

05.23.02 – Основания и фундаменты, подземные сооружения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Волгоград – 2018

Работа выполнена на кафедре «Строительство» инженерного института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет».

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Галай Борис Федорович

Официальные оппоненты:

Полищук Анатолий Иванович

доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой оснований и фундаментов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

Осипова Оксана Николаевна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Промышленное, гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет»

Защита состоится «10» апреля 2018 г. в 13:00 часов на заседании объединенного диссертационного совета Д 999.194.02 при ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» по адресу: 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, к. Б-203.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Волгоградского государственного технического университета и на официальном сайте по ссылке <http://www.vstu.ru/nauka/dissertatsionnye-sovety/obyavleniya-o-zashchitakh>

Автореферат разослан «__» _____ 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Акчурин Талгат Кадимович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Северный Кавказ является одним из наиболее динамично развивающихся регионов России, где в больших объемах ведется промышленное, гражданское, гидротехническое, ирригационное, дорожное и курортно-санаторное строительство. Для развития региона вкладываются значительные средства.

Особые трудности возникают при проектировании и строительстве зданий и сооружений на лессовых просадочных грунтах, которые на территории региона занимают около 85 % площади и с которыми связаны практически все деформации зданий и сооружений.

Свайные фундаменты традиционно считаются надежным видом фундаментов, в том числе при строительстве на просадочных грунтах. На свайных фундаментах построены уникальные объекты завода «Атоммаш» в г. Волгодонске, взрывоопасные объекты крупнейшего в мире Прикумского завода пластмасс (ныне ООО «Ставролен» Лукойла) в г. Буденновске, а также многие жилые и общественные здания в городах Юга России.

Объект исследования. Свайные фундаменты и просадочные лессовые грунты Северного Кавказа.

Предмет исследования. Несущая способность свайных фундаментов на лессовых грунтах Северного Кавказа как фактор надежного строительства и безаварийной эксплуатации зданий и сооружений.

Степень разработанности темы исследования. Большой вклад в исследование несущей способности свайных фундаментов на обычных и просадочных грунтах внесли Ю.М. Абелев, М.Ю. Абелев, Л.С. Амарян, В.П. Ананьев, Ю.А. Багдасаров, А.М. Бартоломей, Б.В. Бахолдин, В.И. Берман, А.Н. Богомоллов, А.К. Бугров, А.Г. Булгаков, Воробков Л.Н., В.Г. Галицкий, И.А. Ганичев, Н.Б. Гареева, Я.Д. Гильман, В.Н. Голубков, М.Н. Гольдштейн, Б.В. Гончаров, М.И. Горбунов-Посадов, А.Л. Готман, А.А. Григорян, Б.И. Далматов, Н.Я. Денисов, В.К. Дмоховский, А.М. Дзагов, В.П. Дыба, К.Е. Егоров, С.И. Евтушенко, В.М. Еникеев, А.Ж. Жусупбеков, Ю.К. Зарецкий, Р.С. Зиангиров, В.В. Знаменский, В.А. Зурнаджи, В.В. Ильичев, О.Н. Исаев, В.И. Каширский, С.Н. Клепиков, А.С. Ковалев, В.А. Ковалев, П.А. Коновалов, М.П. Коханенко, В.И. Крутов, Б.И. Кулачкин, В.И. Лебедев, А.А. Луга, Р.А. Мангушев, Л.Г. Мариупольский, Г.В. Миткина, А.А. Мустафаев, А.И. Полищук, А.Б. Пономарев, В.А. Пшеничкина, А.К. Радкевич, И.Б. Рыжков, И.И. Сахаров, Г.И. Скибин, З.Г. Тер-Мартirosян, К. Терцаги, Ю.Г. Трофименков, В.М. Улицкий, С.Б. Ухов, А.Б. Фадеев, В.И. Феклин, И.В. Финаев, Н.А. Цытович, Г.П. Чеботарев, Д.М. Шапиро, А.Г. Шашкин и др. Их усилиями создана нормативно-теоретическая база проектирования свайных фундаментов на обычных и просадочных грунтах и получены важные практические результаты. Тем не менее, остаются нерешенными вопросы оценки несущей способности свай, связанные с просадочностью лессовых грунтов, решение которых позволит повысить надежность и экономичность этого индустриального вида фундаментов.

Проектирование свайных фундаментов на просадочных грунтах сопряжено с большими трудностями (М.Н. Гольдштейн, 1984; Л.Г. Мариупольский, 1989). При их проектировании ограничено применение статического зондирования и невозможно применение нормативных таблиц СП 24.13330.2011, рекомендованных для расчета несущей способности свай в непросадочных грунтах. Методология проектирования свай на просадочных грунтах направлена в основном на их испытание с замачиванием на строительной площадке. Эти работы являются несвойственными для изыскателей, дорогими и надолго задерживают строительство.

Исследования автора показали, что сваи на просадочных грунтах региона являются недостаточно надежным видом фундаментов. Некоторые здания, построенные на сваях и просадочных грунтах в г.г. Георгиевске, Кисловодске, Ростове-на-Дону, Волгодонске, Чечено-Ингушетии и др., испытали аварийные деформации, для исправления которых потребовались значительные средства и укрепление грунтов. По данным В.И. Крутова (2012) и З.Г. Тер-Мартirosяна (2009), затраты на восстановление аварийных зданий, построенных на свайных фундаментах и просадочных грунтах, достигают 60 % их стоимости.

Работа является актуальной в связи с недостаточной разработанностью строительных нормативов по применению свайных фундаментов на просадочных грунтах, широким распространением просадочных грунтов на Северном Кавказе и аварийными деформациями зданий и сооружений, построенных на этих грунтах.

Цель работы – изучить влияние просадочных грунтов на несущую способность свайных фундаментов в условиях Северного Кавказа.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

1. Изучить распространение, строение, состав и свойства лессовых грунтов Северо-Кавказского региона и объектов, построенных на свайных фундаментах.
2. Выполнить анализ строительных нормативов по проектированию свайных фундаментов на просадочных грунтах.
3. Выполнить анализ и обобщить опыт проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений, построенных на свайных фундаментах и лессовых грунтах в условиях Северо-Кавказского региона.
4. Разработать и обосновать методы повышения несущей способности свайных фундаментов на просадочных грунтах при новом строительстве и реконструкции существующих объектов.
5. Составить рекомендации по применению свайных фундаментов на просадочных грунтах Северного Кавказа.

Научная новизна исследования.

1. Впервые выполнен региональный анализ лессовой формации Северного Кавказа с целью обоснования проектирования свайных фундаментов при массовом строительстве, а также крупных и уникальных объектов.
2. Выявлены научно обоснованные зависимости между характеристиками состава и свойств лессовых грунтов, полезные для практического использования при проектировании свайных фундаментов на просадочных грунтах.
3. Впервые изучен и обобщен опыт проектирования и строительства зданий и сооружений на свайных фундаментах и просадочных грунтах Северного Кавказа.

4. Разработаны и опробованы новые комплексные методы укрепления просадочных грунтов для повышения несущей способности свайных фундаментов вновь строящихся и аварийных объектов.

Теоретическая значимость исследования.

Результаты исследования имеют высокую теоретическую и практическую значимость. Выводы и рекомендации, изложенные в диссертации, могут быть использованы при актуализации строительных нормативов, инженерных изысканиях, проектировании и устройстве свайных фундаментов на просадочных грунтах с целью повышения их надежности при новом строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

Методология и методы исследования.

Экспериментальная основа исследования включает в себя комплекс инженерно-геологических, инженерно-строительных и других данных из разных районов Северного Кавказа. Методологическую основу составляют научные работы отечественных и зарубежных авторов. Исходные данные обрабатывались с применением методов математической статистики. При проведении исследований соблюдались требования действующих нормативных документов.

Информационная база исследования.

В качестве информационных источников диссертации использованы:

- научные источники в виде сведений из книг, научных докладов, статей, материалов научных конференций;
- официальные нормативные документы по теме исследования;
- результаты собственных разработок.

Основные результаты и положения, выносимые на защиту.

1. Региональный анализ лессовой формации Северного Кавказа с целью проектирования свайных фундаментов.

2. Научно обоснованные зависимости между характеристиками состава и свойств лессовых грунтов для их практического использования при проектировании свайных фундаментов на просадочных грунтах.

3. Методы повышения несущей способности свайных фундаментов на просадочных грунтах при новом строительстве и аварийных ситуациях.

4. Рекомендации по изысканиям, проектированию и устройству свайных фундаментов при строительстве на просадочных грунтах Северного Кавказа.

Личный вклад автора диссертации заключается в анализе результатов экспериментальных и теоретических исследований, в формулировке заключений, определяющих практическую значимость и научную ценность работы, в разработке и проектировании эффективных методов устранения просадочности с целью повышения несущей способности свайных фундаментов в условиях Северного Кавказа.

Практическая значимость и реализация результатов работы.

С участием автора выполнены и реализованы проекты уплотнения просадочных грунтов при строительстве: Газоперерабатывающего завода ООО «Ставролен» в рамках государственного инвестиционного проекта «Реконструкция с целью переработки газового сырья месторождений Северного Каспия» с экономическим эффектом 887,372 млн. рублей; Спортивно-оздоровительного

комплекса в г. Буденновске с экономическим эффектом 146,42 млн. рублей; восстановления аварийного дома по ул. Маяковского, 16А в г. Ставрополе; мемориала М.И. Платову.

Запатентованы: «Способ изготовления буронабивной сваи и устройство для его осуществления» (патент RU 2570695); «Способ закрепления грунта и устройство для его осуществления» (патент RU 2588511).

Степень достоверности результатов работы.

В исследовании использован большой объем фактического материала, проведено сопоставление полученных результатов с данными имеющихся научных работ и нормативов. Основные положения и выводы обоснованы статистической обработкой с достаточной воспроизводимостью исследуемых величин, результатами апробации методов строительства на просадочных грунтах со значительной экономией средств.

Апробация результатов работы.

Основные положения диссертационной работы представлены на конференциях:

- Всероссийская научно-практическая конференция «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр», г. Ессентуки, май 2015 г.;
- Всероссийская научно-практическая конференция «Рациональное и безопасное недропользование», г. Ялта, сентябрь 2015 г.;
- IV-я ежегодная научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета «Университетская наука – региону», г. Ставрополь, СКФУ, апрель 2016 г.

Результаты исследований и разработанные рекомендации были использованы при изысканиях и проектировании объектов проектно-изыскательскими организациями: СтавропольТИСИЗ, Ставропольгражданпроект, ООО «Грунт», ООО «Инженерные геотехнологии», ООО «ЦПЭССЛ БВР», ОАО «Кавказвзрывпром». Разработанные автором проекты укрепления просадочных грунтов были согласованы Главгосэкспертизой России, Ростовской областной и Ставропольской краевой экспертизами.

Публикации.

По теме диссертации опубликовано 16 работ, в том числе 1 монография и 6 статей в научных журналах, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендуемых ВАК РФ, 2 патента на изобретения.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения; включает в себя 196 страниц текста, 37 таблиц, 75 рисунков, библиографический список включает 193 наименования. Имеются приложения на 16 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи исследования, обозначена теоретическая и практическая значимость исследования, определена научная новизна, практическая ценность и реализация

полученных результатов при строительстве объектов на просадочных грунтах Северного Кавказа.

В первой главе сообщается о распространении, строении, составе и свойствах лессовых грунтов Северного Кавказа. По фондовым и опубликованным данным составлена схематическая карта их распространения с указанием мощности лессовых толщ, мощности просадочной толщи и просадки при природном давлении (рис. 1), которые учитываются при проектировании противопросадочных мероприятий и свайных фундаментов.

Лессовая формация региона имеет следующие особенности:

1. Лессовые грунты распространены практически повсеместно. Наиболее мощные лессовые толщи распространены в восточных районах Ставрополья, где их мощность достигает 70-100 м и более, а просадочная толща – до 50 м. Эта территория с равнинным рельефом считается наиболее пригодной для градостроительного, мелиоративного и сельскохозяйственного освоения.

2. Вблизи к Прикаспийской низменности распространены пылеватые лессовые пески и супеси (типичные лессы), а далее на запад лессовый покров представлен средними и тяжелыми суглинками и глинами. Это указывает, что материал лессовых пород был принесен ветром из восточных районов Предкавказья (в основном из Прикаспийской низменности).

3. Эоловый генезис лессовых грунтов подтверждают: плащеобразное залегание лессового покрова; резкое отличие состава лессов от подстилающих и окружающих отложений; отсутствие слоистости; преобладание т.н. «лессовой» фракции (0,10-0,01 мм); наличие неустойчивых (в т.ч. вулканогенных) минералов и вулканического пепла в лессовых разрезах (рис. 2); уменьшение размера частиц и тяжелых минералов от области питания (Прикаспийской низменности) с востока на запад; высокое содержание солей в верхней (просадочной) части разрезов.

Вещественный состав лессовых грунтов включает легкорастворимые хлориды и сульфаты натрия и магния (NaCl , Na_2SO_4 и MgSO_4) до 2 %, среднерастворимый гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, труднорастворимый карбонат кальция CaCO_3 (8-10 %); глинистые минералы, влияющие на просадочность – монтмориллонит (в глинистой фракции лессов 20-30 %, в лессовидных суглинках и глинах до 50-80 %), гидрослюда до 60%, каолинит до 40 %, кварц и полевой шпат в крупных фракциях.

Гранулометрический состав лессовых грунтов включает две основные фракции – «лессовую» (0,10-0,01 мм) и глинистую (менее 0,005 мм). В соответствии с рекомендациями академиков Е.М. Сергеева и В.И. Осипова, для гранулометрического анализа лессовых грунтов следует применять растирание с пирофосфатом натрия. Другие методы, рекомендованные ГОСТ 12536-2014, не дают достаточной диспергации лессовых грунтов Северного Кавказа (гг. Волгодонск, Буденновск, Георгиевск и др.).

Для практического использования автором получены зависимости:

- между лессовой (0,10-0,01 мм) и глинистой (<0,005 мм) фракциями лессовых грунтов:

$$C_{0,1-0,01} = 92,2 - 1,12 \cdot C_{<0,005} \quad (R = -0,95); \quad (1)$$

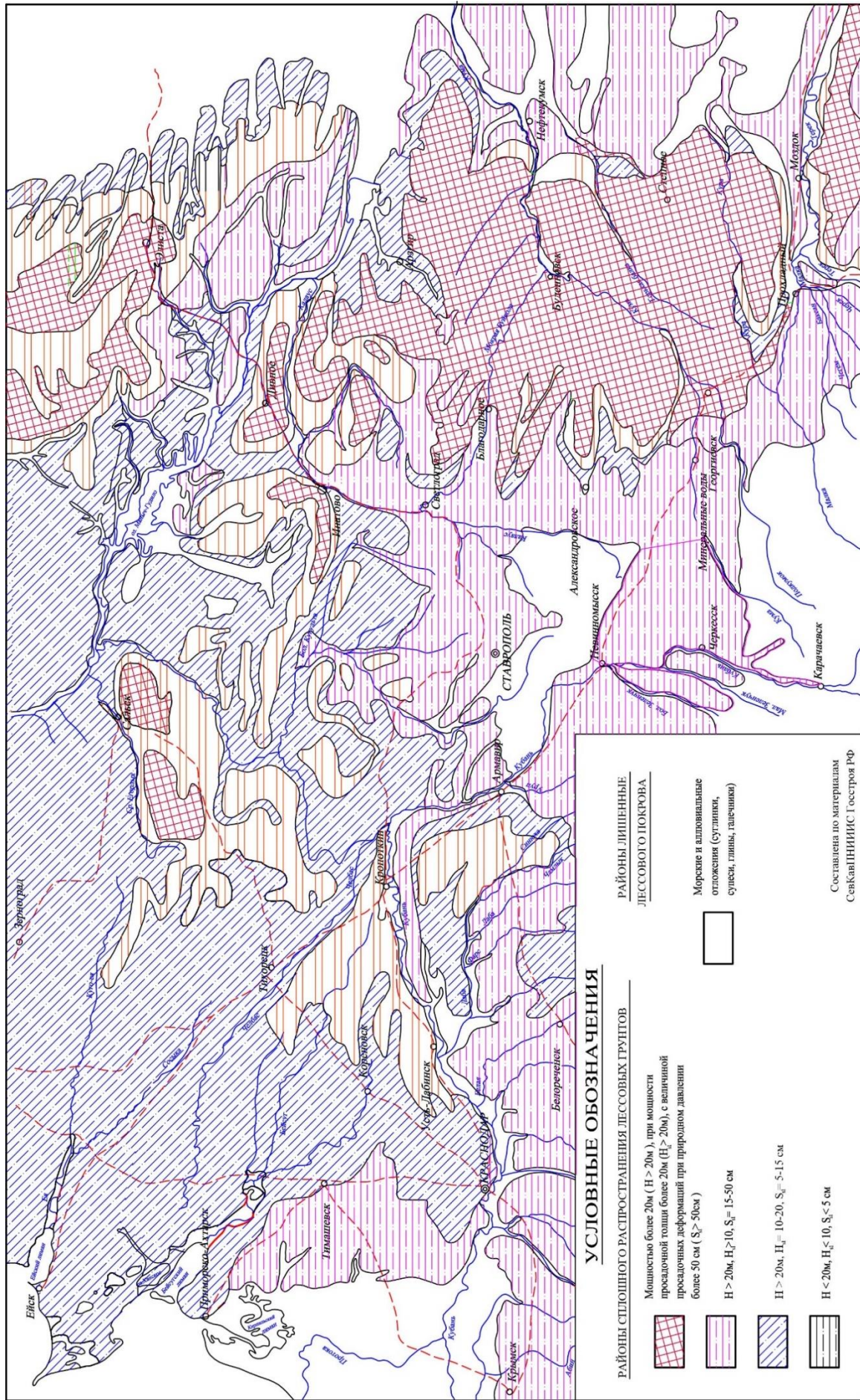


Рисунок 1 – Схематическая карта распространения лессовых грунтов на территории Северного Кавказа



Рисунок 2 – Лессовый разрез с ископаемыми почвами и вулканогенным пеплом в районе с. Отказного

- пределов пластичности I_p и W_L от содержания глинистой фракции (размером менее 0,005 мм):

$$I_p = 0,43 \cdot C_{<0,005\text{мм}} + 2,23 \quad (R = 0,969); \quad (2)$$

$$W_L = 0,557 \cdot C_{<0,005\text{мм}} + 16,24 \quad (R = 0,937). \quad (3)$$

- числа пластичности I_p от границы текучести W_L лессовых грунтов:

$$I_p = 0,79 W_L - 12,95 \quad (R = 0,946). \quad (4)$$

Лессовые грунты, имеющие переходный тип контактов с коагуляционными и кристаллизационными связями (по В.И. Осипову), после замачивания и разрушения структурных связей снижают прочность по конусу от 8-10 до 100-300 раз, т.е являются исключительно чувствительным типом грунтов.

Лабораторные определения физико-механических свойств грунтов не дают требуемой точности для расчета оснований и фундаментов и могут служить только для приближенной оценки сжимаемости грунтов (Справочник проектировщика, 1969, с. 12). Компрессионные испытания занижают штамповый модуль деформации лессовых грунтов в 1,5-10 раз (В.И. Крутов, 1982, с. 19; Л.Г. Мариупольский, 1989, с. 23; Е.В. Антонова и др., 2010). В этих условиях применение повышающего коэффициента m_k в пределах от 2 до 6-ти по СП 22.13330.2011 не исключает ошибку при расчете лессовых оснований по деформациям.

Для предварительного определения прочностных характеристик и модуля деформации лессовых грунтов Северного Кавказа автором составлены таблицы, входами в которые служат граница текучести, влажность и коэффициент пористости.

Оценка просадочности лессовых грунтов сильно зависит от способа отбора монолитов. Установлено (В.Т. Трофимов, 2007), что при отборе монолитов из скважин вдавливаемыми и забивными грунтоносами происходит уплотнение просадочных грунтов и соответствующее снижение относительной просадочности до 4 %.

Лабораторное определение просадочности дает разброс значений в 2 раза (Ю.М. и М.Ю. Абелевы, 1968), а иногда и в 5 раз (В.И. Крутов, 1982). Низкая точность оценки просадочности может привести к необоснованному выбору противопросадочных мероприятий и «срыву» свай в просадочных грунтах.

По материалам СевКавПНИИС автор установил, что влажность и плотность имеют ошибку воспроизводимости до 10 %, динамическое и статическое зондирование – 10-35 %, а просадочность по компрессионным испытаниям – до 50 %.

Предложенные в разное время косвенные методы оценки просадочности лессовых грунтов по данным зондирования и физическим характеристикам (В.И. Крутов и Р.П. Эйдук, 1971; В.И. Крутов и Б.И. Кулачкин, 1974, с. 8; Руководство по проектированию оснований, 1977, с. 27) лишь предупреждают о возможной просадочности лессового грунта и не могут быть использованы для расчетов.

СП 11-105-97, ч. III, приложение Б дает таблицу для «определения нормативных значений относительной просадочности просадочных грунтов» с большими ошибками (В.В. Сербин и др., 2016). На основе обработки около 10 тысяч паспортов грунта, составлены графики зависимости просадочности (рис. 3) от вида глинистого грунта (W_L), его влажности (W), пористости (n) и давления (P). Среднеквадратичная ошибка составляет 1,5-3,5 %, а относительная ошибка не превышает 50-60 %, что сопоставимо с прямыми методами определения просадочности. Графики дают начальное просадочное давление P_{sl} и начальную просадочную влажность W_{sl} .

Фактические просадки у разных авторов превышали лабораторную просадочность на различную величину: Ю.А. Багдасаров ($m = 1,5$ и более), А.А. Григорян ($m = 1,5$ и более), М.Ю. Абелев ($m = 1,49-2,28$ раза, среднее 1,71), В.И. Крутов ($m = 0,60-1,45$, среднее 0,88), СНиП 2.02.01-83* (1,0-1,25). Низкое значение $m = 0,60$ В.И. Крутов объяснил набуханием грунтов. Из этого следует, что в мощных глинистых лессовых толщах западных районов Предкавказья, со слабо выраженной просадочностью II типа, просадка от собственного веса будет искусственно завышена, а для маломощных, сильно просадочных лессов Восточного Ставрополя при коэффициенте $k_{sl} = 1$ просадка будет занижена.

Трудозатратное, длительное и дорогостоящее замачивание котлованов также не отражает реальное состояние оснований зданий и сооружений даже для простых случаев их напряженного состояния под фундаментами неглубокого заложения.

С участием автора было обработано более 5000 паспортов лабораторных испытаний лессовых грунтов Северного Кавказа и для ориентировочной оценки физико-механических характеристик составлены табл. 1 и 2. Входами в таблицы служат: граница текучести W_L (показатель литологического состава грунта), пористость (n) и влажность (W) как показатели его состояния. Соппротивление сдвигу определялось по консолидировано-дренированной схеме.

Из таблицы видно, что увеличение границы текучести увеличивает модуль деформации примерно в 1,5 раза, а уплотнение грунта увеличивает его в 4-5 раз, т.е. на величину модуля деформации основное влияние оказывает плотность грунта. Таблица рекомендуется для предварительной оценки компрессионного модуля деформации с переходными коэффициентами Пособия к СНиП 2.02.01-83.

Интервал границы текучести (4 %) назначен, исходя из предельной лабораторной ошибки ее определения (2 %) по ГОСТу. Для пористости и влажности этот интервал уменьшен до 3 %. Из табл. 2 видно, что в лессах повышение влажности снижает сцепление в 1,5-2,0 раза, а увеличение плотности и

глинистости грунта повышает сцепление. При этом угол внутреннего трения остается практически постоянным.

Табл. 1 дает модуль деформации для обводненного состояния лессовых грунтов, которое обычно прогнозируется на застроенных территориях.

Таблица 1 – Нормативные значения **компрессионного** модуля деформации (E_k , МПа) **обводненных** лессовых грунтов Северного Кавказа

Число пластичности	Граница текучести, %	Коэффициент пористости e				
		0,56-0,64	0,64-0,72	0,72-0,82	0,82-0,92	0,92-1,04
1-7	20 - 24	9,0	6,2	4,3	3,0	2,0
7-12	24 - 28	10,5	7,2	4,8	3,3	2,2
12-17	28 - 32	12,5	8,2	5,5	3,7	2,4
17-22	32 - 36	15,0	9,2	6,4	4,2	2,6

Таблица 2 – Нормативные значения прочностных характеристик лессовых грунтов Северного Кавказа по данным границы текучести, влажности и коэффициента пористости

Влажность на границе текучести, %	Природная влажность, %	Коэффициент пористости e , д.е.							
		0,64-0,72		0,72-0,82		0,82-0,92		0,92-1,04	
		С, кПа	φ , градусы	С, кПа	φ , градусы	С, кПа	φ , градусы	С, кПа	φ , градусы
20-24	18-21	26	25	13	23,5	10	23,5	18	20,4
	21-24	17	20	07	-	-	-	-	-
24-28	18-21	26	23	18	25,0	10	25,1	14	25,5
	21-24	16	25	11	25,5	20	24,2	20	22,6
28-32	18-21	20	23	16	23,3	13	23,5	12	26,4
	21-24	18	22	13	23,5	18	22,6	13	26,1
	24-27	19	21	20	21,4	19	22,5	12	24,3
32-36	18-21	18	23	33	21,5	-	-	-	-
	21-24	20	22	20	21,5	18	21,5	16	25,5
	24-27	18	22	18	19,4	18	21,5	18	22,5
36-40	18-21	45	17	-	-	-	-	-	-
	21-24	38	18	20	21,5	-	-	-	-
	24-27	14	23	18	22,5	26	19,2	-	-

Вторая глава посвящена анализу строительных нормативов по проектированию свайных фундаментов на просадочных грунтах.

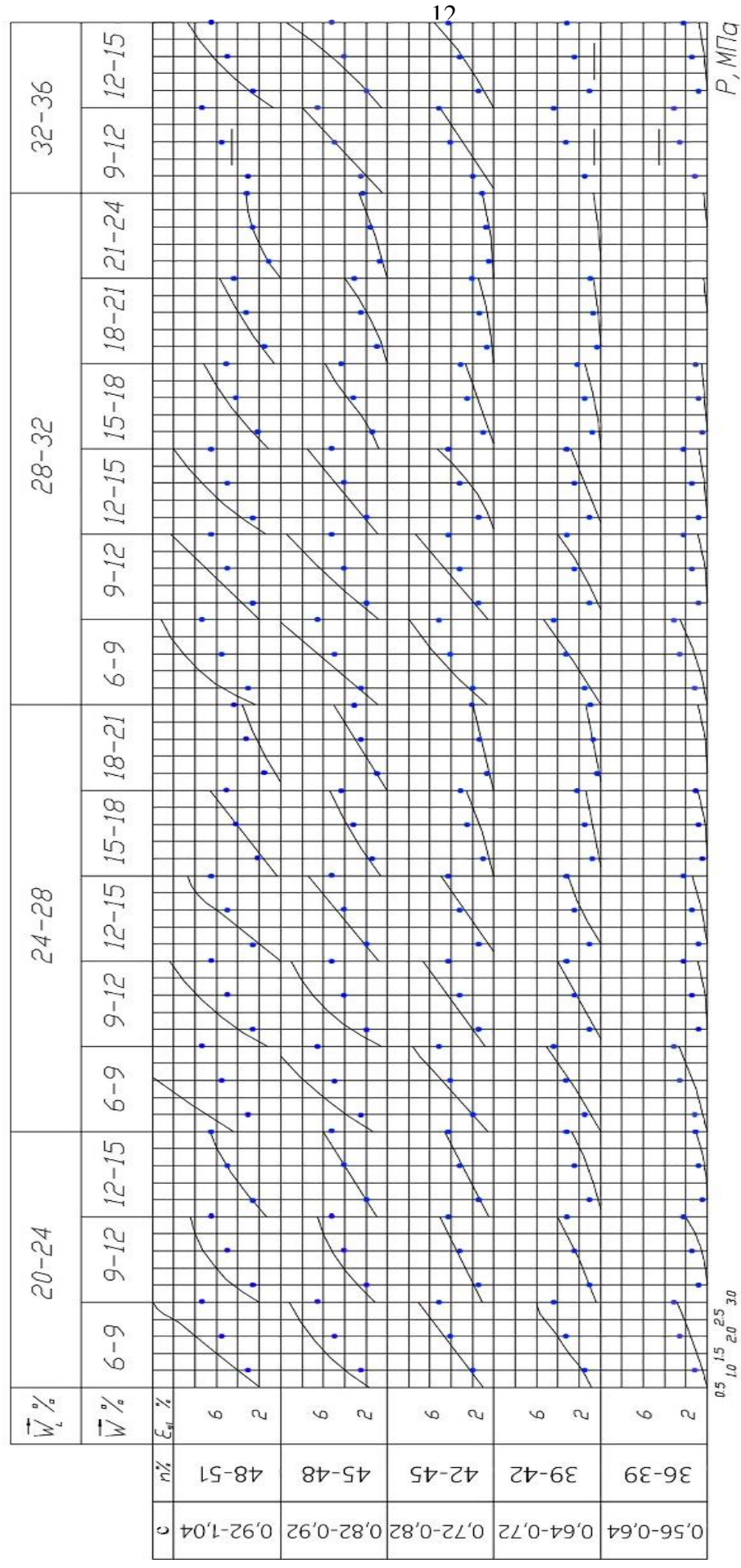


Рисунок 3 – Графики для определения просадочности лессовых грунтов Северного Кавказа с точками просадочности по СП 11-105-97

Первые нормативы заложили методологическую основу проектирования оснований и фундаментов неглубокого заложения. Тогда же появились таблица для определения характеристик физико-механических свойств глинистых грунтов (c , φ , E), в которой входами служили граница раскатывания и коэффициент пористости. Таблицы СНиП II-15-74 в неизменном виде перешли в СНиП 2.02.01-83* и его актуализированную редакцию СП 22.13330.2011, т.е. остаются неизменными более 40 лет.

Расчет несущей способности свай (R и f_i) производится по показателю текучести I_L глинистых грунтов (СНиП II-Б.5-62, СП 24.13330.2011). Ю.Г. Трофименков и др. (1983, 1999) считают, что такая оценка имеет среднестатистическую точность 65 % и может оказаться заниженной или завышенной почти в три раза. С этим согласен Л.Г. Мариупольский (1989, с. 23): «метод определения несущей способности свай по показателям их текучести является весьма приближенным».

На рис. 4-6 показана зависимости R и f_n для забивных и буронабивных свай от I_L грунта (по СП 24.13330.2011), которые можно использовать для оценки R и f_i *лессовых* грунтов после устранения их просадочности глубинными взрывами или грунтовыми сваями. Изломы графиков на рис. 4-6 можно объяснить генетическим разнообразием структурных связей глинистых грунтов из различных районов исследований. Общий вид графиков рис. 4 и 6 указывает на полулогарифмический характер зависимости R и f_n от показателя консистенции I_L для забивных свай и прямолинейную зависимость для набивных и буронабивных свай (рис. 5).

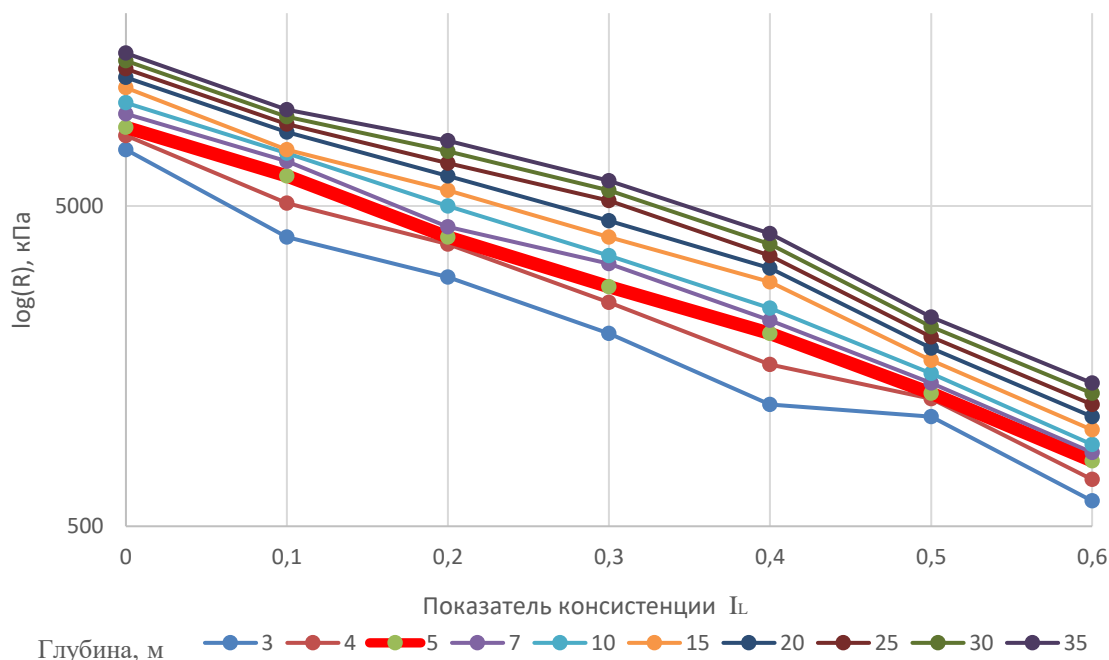


Рисунок 4 – Зависимость нормативного сопротивления глинистых грунтов под нижним концом забивных свай от глубины и консистенции грунта

Проектирование свай в просадочных грунтах сильно осложняет отрицательное трение, природа и механизм которого являются предметом дискуссий многих специалистов. По данным В.И. Крутова и др. (2012, с. 257),

негативное трение «может составлять до 40-70 % от возможной несущей способности свай». По данным А.А. Григорян (1975, 1978), максимальная величина сил негативного трения составляет 282 кН. Силы нагружающего трения по мере просадки грунтов нарастают скачками, осадки свай вплоть до срыва чрезвычайно малы, измеряются несколькими миллиметрами и при незначительном превышении некоторой нагрузки дают резкую провальную незатухающую осадку.

М.Н. Гольдштейн (1984) объяснил «срыв» свай не просадкой грунта, а продавливанием грунта сваей, под пятой которой давление составляет 2,5-3,5 МПа.

Дискуссия авторитетных специалистов позволяет сделать вывод о разном понимании механизма «срыва» свай и роли негативного трения в этом процессе.

Негативное трение определяется выдергиванием опытных свай.

Фундаментпроект в г. Буденновске на взрывоопасных объектах ООО «Ставролен» определил негативное трение в среднем 4 т/м².

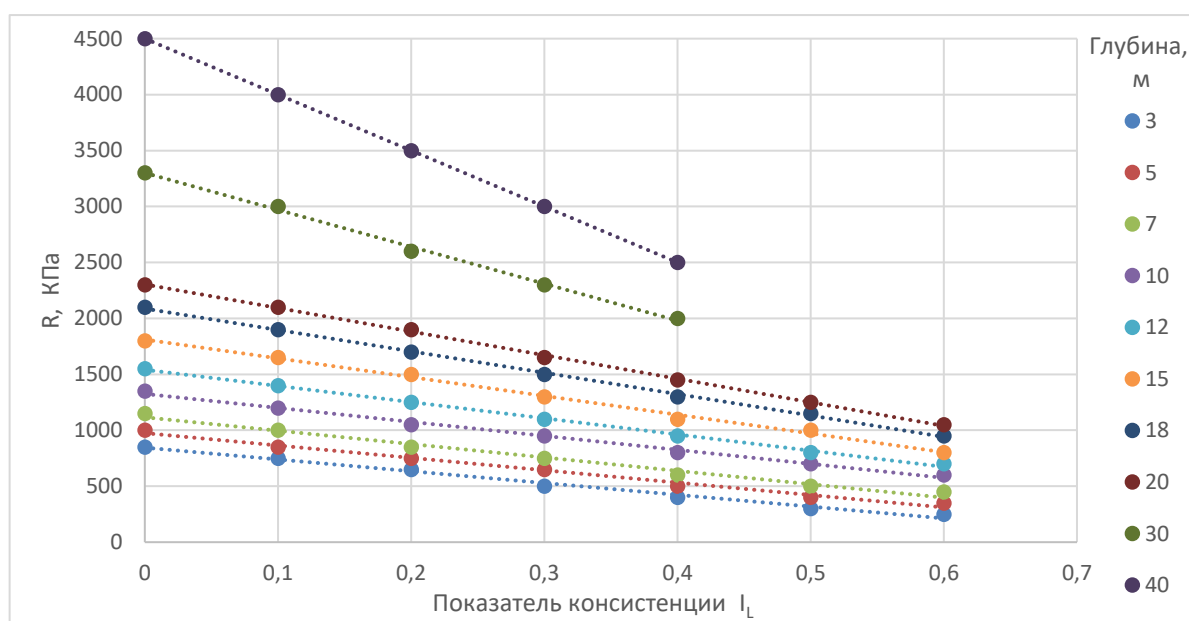


Рисунок 5 – Зависимость нормативного сопротивления глинистых грунтов R под нижним концом набивных и буровых свай от глубины и консистенции грунта

Статическое зондирование, рекомендованное для оценки несущей способности свайных фундаментов в обычных грунтах (СНиП II-Б.5-67, СНиП 2.02.03-85 и СП 24.13330.2011) дает большие расхождения с опытными испытаниями свай (Ю.Г. Трофименков, Л.Н. Воробков, 1981; Л.Г. Мариупольский, 1989). И.Б. Рыжков и О.Н. Исаев (2010) отметили, что «проблема определения несущей способности свай по данным зондирования оказалась очень сложной. Измеряемые с помощью зонда сопротивления грунта под конусом и на боковой поверхности зонда отличались от аналогичных сопротивлений под нижним концом и на боковой поверхности свай».

Статическое зондирование можно применять после устранения просадочности лессовых грунтов известными методами.

Л.Г. Мариупольский (1989, с. 51), ссылаясь на результаты исследований советских и зарубежных ученых, рекомендует определять *литологический вид*

грунта по фрикционному отношению f_s/q_c : песок – менее 2 %, супесь – 2-3 %, суглинок и глина – более 3 %. По нормативным таблицам СП 24.13330.2011 для *глинистых непросадочных грунтов* фрикционное отношение равно 0,016.

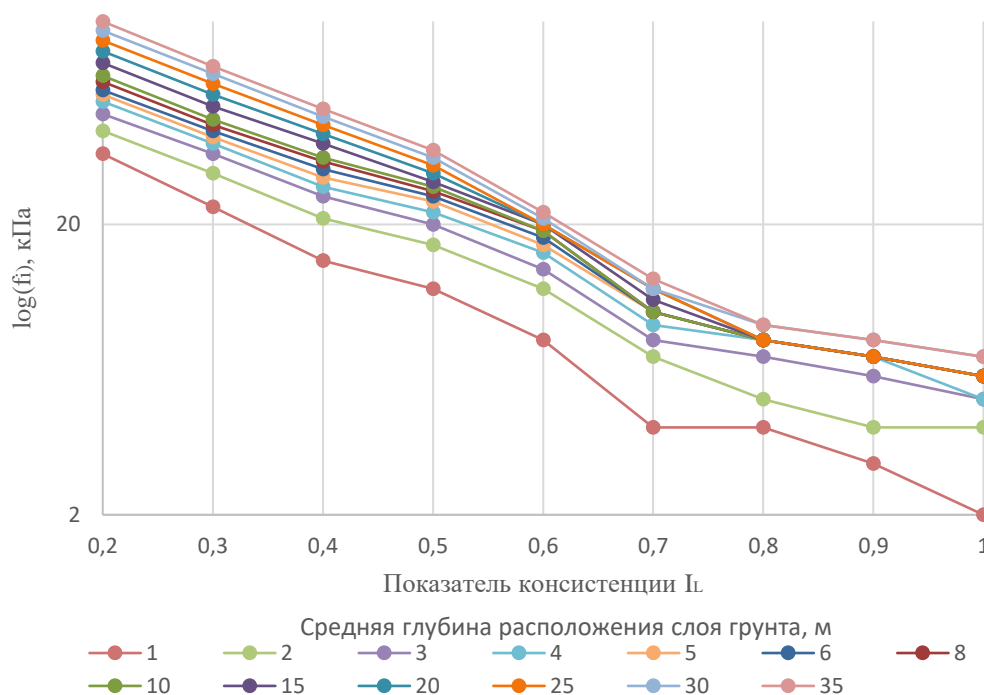


Рисунок 6 – Зависимость нормативного сопротивления f_n по боковой поверхности забивных и буровых свай от консистенции грунта и глубины слоя.

Зависимость между боковым и лобовым сопротивлением зонда в лессовых грунтах Северного Кавказа, полученная при анализе более 20 тысяч измерений на 37 площадках региона, показана на рис. 7 и имеет вид:

$$f_z = 0,02q_z + 0,032 \quad R = 0,573. \quad (5)$$

Зондирование проводили разные организации в разное время на площадках с естественными лессовыми грунтами и уплотненными тяжелыми трамбовками, глубинными взрывами и грунтовыми сваями. Фрикционное отношение (среднее значение $f/q=0,03$) подтверждает супесчано-суглинистый состав лессовых грунтов, но не отражает их литологический вид. Лесс Буденновска и суглинки Ростовской области, Краснодарского края и Чечено-Ингушетии имеют близкие значения f/q .

Для естественных лессов и после их уплотнения глубинными взрывами на площадках Газоперерабатывающего завода в Буденновске и Ставропольского бройлера в Благодарном получена зависимость:

$$f_z = 0,025q_z + 0,013 \quad R = 0,718. \quad (6)$$

Фрикционное отношение (2,4 %) соответствует супеси и подтверждает данные Л.Г. Мариупольского. Точки с $q_z > 10$ МПа относятся к лессовым грунтам, уплотненным тяжелыми трамбовками и грунтовыми сваями. Если принять $E=7q_z$, то модуль деформации уплотненных лессов составляет $E=70$ МПа. Такое же значение получил СтавропольТИСИЗ в теле грунтовых свай на площадке Спортивно-оздоровительного комплекса, запроектированного с участием автора.

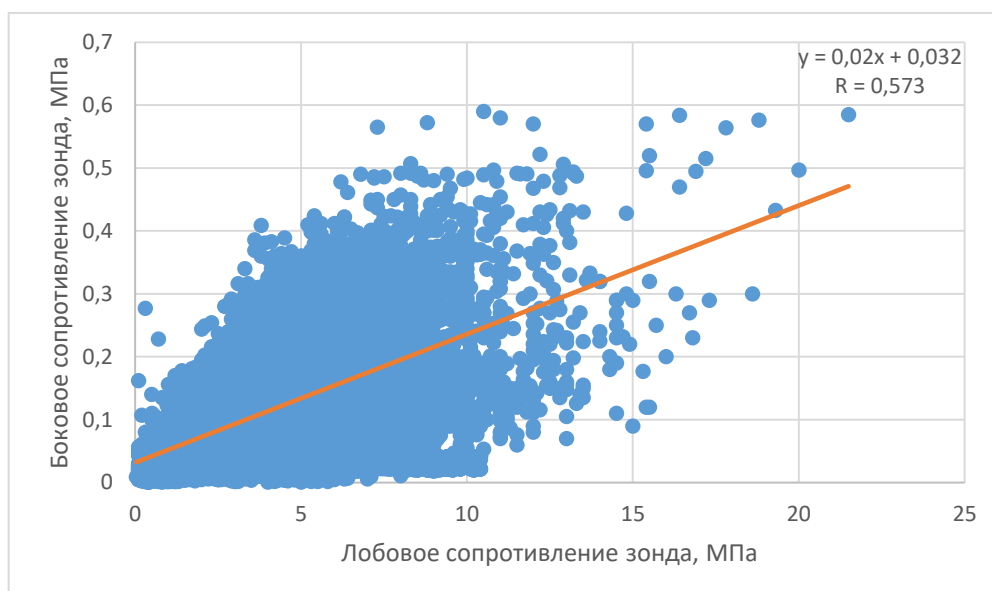


Рисунок 7 – Зависимость между лобовыми и боковыми сопротивлениями зонда в лессовых грунтах Северного Кавказа

Масштабные испытания свайных фундаментов провели в г. Волгодонске после аварийных деформаций жилых домов, объектов соцкультбыта и корпусов завода «Атоммаш» (А.А. Григорян, 1984; М.П. Коханенко и др., 1990; В.И. Крутов и др., 2012). В 1987 году были составлены РСН 50-87 «Проектирование объектов гражданского назначения на просадочных грунтах в г. Волгодонске», в которых дана программа статических испытаний свай в просадочных грунтах. Выход РСН не внес существенных изменений в проектирование свай на просадочных грунтах.

В главе 3 рассмотрен опыт проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений, построенных на свайных фундаментах и лессовых грунтах в различных городах Северного Кавказа.

В г. **Ставрополе** отмечено необоснованное проектирование свай в просадочных и обводненных лессовых грунтах при сейсмичности 8 баллов (Казанский кафедральный собор, 16-этажные дома по программе «Доступное жилье» и др.).

В г. **Буденновске** с просадочной толщей до 50 м проектирование свай невозможно без устранения просадочности глубинными методами. На объектах ООО «Ставролен» Лукойла опытные 16-метровые забивные сваи после замачивания просадочных грунтов провалились на 44,8 см, их просадка обгоняла просадку околосвайного грунта, что не согласуется с данными А.А. Григорян (1984, с. 115) о том, что *«осадка свай никогда не может превзойти осадки грунтовой толщи»*.

В процессе строительства взрывоопасных объектов ООО «Ставролен» удлиннили 20 тысяч свай, забив их дубли и усилили ростверки (В.В. Сербин и др., 2016).

При восстановлении Буденновской больницы после террористического акта 1995 г. оказались ненадежными 22- метровые составные сваи под трехэтажным зданием роддома. Здание имеет трещины до 20 мм (В.В. Сербин и др., 2016). Расчетная просадка (22-25 см), определенная СтавропольТИСИЗ,

Фундаментпроектом и СевКавПНИИИС, оказалась заниженной в 5 раз (фактическая просадка более 1,0 м).

В **Георгиевске** многие жилые дома, построенные на сваях, испытали деформации, остановить которые не удалось силикатизаций (В.В. Сербин и др., 2016).

В **Кисловодске** сейсмичность до 9 баллов и просадочность осложняют проектирование свайных фундаментов. Автор обнаружил деформации зданий на свайных фундаментах. Особую тревогу вызывают деформации федеральных памятников архитектуры (Дача Ф.И. Шаляпина, Нарзанная галерея, санатории ФСБ и др.).

В г. **Ипатово** крупный комбикормовый завод сначала запроектировали на 1060 сваях $D=500$ мм и длиной 10 м с уширенной пятой $D=1200$ мм, а затем решили грунты уплотнить глубинными взрывами (В.В. Сербин и др., 2016).

В **Ростовской области** и г. **Ростове-на-Дону** многие здания и сооружения, построенные на свайных фундаментах, испытали деформации. В 2004 году в Волгодонске «из 907 объектов 732 не имеют гарантированной эксплуатационной надежности, 134 имеют сверхнормативные деформации. Осадки фундаментов под некоторыми блок-секциями домов достигли 1,2 м с отклонением от вертикали 0,6 м». На объектах Атоммаша замачивание котлованов показало просадку **23,6 см**, в 1,5 раза больше лабораторной (10,4-16,0 см).

Наиболее дорогостоящим мероприятием в Волгодонске оказалось общее усиление конструкций (до 100 % стоимости объекта), «применение силикатизации, металлических и буроинъекционных свай рекомендовано только в особых случаях для закрепления оснований наиболее ответственных и уникальных объектов» (М.П. Коханенко и др., 1990).

По проекту автора в г. Ростове-на-Дону для повышения несущей способности плитно-свайного фундамента 20-этажного дома по пер. Семашко, 118 просадочные суглинки предварительно уплотнили грунтовыми сваями.

В г. **Краснодаре** аварийные деформации испытали 17-этажный дом по ул. П. Метальникова и 23-хэтажный четырехсекционный комплекс по ул. Леваневского, 187 (Т.А. Лукманов, 2016), 19-этажный блок военного городка. По проекту автора, вместо ненадежных свай, выполнили уплотнение грунтовыми сваями под силосный корпус в райцентре Выселки и для котельной в станице Тбилисской.

В **Кабардино-Балкарии** (с. Пролетарское) цех, построенный в 2016 году на буронабивных ж/б сваях диаметром 530 мм и длиной 13,5 м, испытал аварийные деформации в процессе первого года эксплуатации.

Разрушение 5-этажного дома нефтяников, построенного на забивных сваях вблизи г. **Грозного**, описали Б.И. Черный и В.И. Попов. В г. **Малгобеке** трехэтажное здание школы на 704 ученических места, построенное в 2012 году на буронабивных сваях длиной 16,0 м и диаметром 600 мм, испытало аварийные деформации.

Выполненный обзор деформаций зданий и сооружений, построенных на свайных фундаментах в просадочных грунтах, не охватывает все аварийные ситуации, которые могут быть при замачивании застроенных территорий.

В Главе 4 описаны глубинные методы устранения просадочности и повышения несущей способности свайных фундаментов при новом строительстве и реконструкции существующих объектов.

Новая экспериментальная комплексная технология гидровзрывного уплотнения, разработанная автором и опробованная на объектах ООО «Ставролен» Лукойла, отличалось следующими особенностями:

- заряды ВВ размещались на небольшой глубине (до 6,0 м), максимально приближенной к поверхности котлована, из расчета камуфлетности взрыва, в зоне с наибольшей просадочностью грунта, с учетом его литологии;
- заряды ВВ опускались в сухие дренажно-взрывные скважины до начала замачивания просадочных грунтов, что позволило отказаться от применения обсадных металлических труб, которые не удастся извлечь после взрывов;
- дренажно-взрывные скважины, выполненные шнековым способом или с продувкой воздухом, имели малый диаметр (до 150-200 мм), достаточный для опускания зарядов ВВ (аммонита) диаметром до 100 мм;
- замачивание грунта произвели напуском воды в котлован с дренажно-взрывными скважинами;
- чтобы исключить переувлажнение и заболачивание верхнего слоя и площадки, взрывы произвели в сухих котлованах через 2-4 суток после впитывания проектной нормы воды, что позволило сократить расход воды, уменьшить влажность верхнего, т.н. «буферного» слоя, приблизить ее к оптимальной степени водонасыщения ($S_r \sim 0,75$) и в целом сократить сроки подготовки основания;
- замачивание грунта произвели из расчета промачивания только верхней ($\sim 0,75 H_{sl}$) части просадочной толщи. Нижняя часть ее ($\sim 0,25 H_{sl}$) после взрывов была замочена избыточной водой, стекающей вниз из верхней обводненной части просадочной толщи, и уплотнена весом вышележащего грунта. Это сократило сроки замачивания, расход воды и исключило подтопление и просадку грунта на соседних застроенных участках.

Новая технология взрывов примерно **в 3-4 раза** снизила стоимость и сроки гидровзрывного уплотнения просадочных грунтов по сравнению с рекомендуемой СП 45.13330.2012. Ошибочным является предложение СП 45.13330.2012, п. 17.1.9: *«взрыв зарядов ВВ производить **одновременно** на площади шириной не менее $0,25 H_{sl}$ »*. Это предложение из-за большой сейсмичности требует большого безопасного расстояния, сильно ограничивает взрывы на застроенных территориях, не позволяет контролировать отказы и не улучшает качество уплотнения грунта.

Для уплотнения просадочных грунтов мощностью более 15-20 м с участием автора составлено «Пособие по уплотнению просадочных лессовых грунтов глубинными взрывами в условиях Северного Кавказа (изыскания, проектирование, производство работ)» (СКФУ, 2016), согласованное с Госгортехнадзором РФ и ОАО «Кавказвзрывпром».

По проекту автора глубинными взрывами уплотнили просадочные лессы при строительстве Газоперерабатывающего завода ООО «Ставролен» Лукойл с экономией 887,372 млн. рублей. После взрывов верхний «буферный» слой и сжимаемая зона под фундаментами были уплотнены грунтовыми сваями, изготовленными шнековым способом.

Технологическая схема устройства буронабивных шнековых свай включала два этапа работ, показанных на рис. 8.

Диаметр изготовленной таким образом грунтовой сваи и окружающей ее зоны уплотнения достигает 1,0 м (рис. 9) и зависит от нагрузки на шнековую колонну, диаметра шнеков и деформируемости грунта в массиве. Сваи располагают таким образом, чтобы обеспечить в уплотненном массиве требуемую плотность грунта, которая контролируется также *коэффициентом уплотнения* K_{com} . В теле буронабивных свай достигается плотность сухого грунта до $\rho_d \geq 1,90 \text{ т/м}^3$, а максимально возможная степень уплотнения $K_{com}=0,98-1,0$ иногда превышает 1,0.

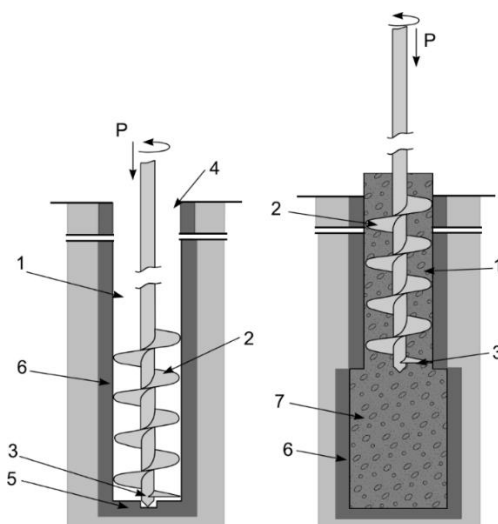


Рисунок 8 – Технологическая схема устройства буронабивных шнековых свай: 1-й этап – подготовка скважины с прямым и/или обратным вращением шнеков; 2-й этап – формирование буронабивной сваи снизу-вверх; 1 – скважина, пробуренная или продавленная «левыми» шнеками в слабых грунтах; 2 – шнековая колонна; 3 – пята шнековой колонны; 4 – устье скважины; 5 – забой скважины; 6 – уплотненная зона при погружении шнеков обратным вращением; 7 – рабочий материал (местный суглинок, песок, гравий, бетонная смесь, негашеная известь и др.); P – давление на шнеки.

С участием автора составлены «Рекомендации по проектированию и устройству буронабивных грунтовых свай, изготовленных шнековым способом в просадочных и слабых грунтах» (СКФУ, 2016), согласованные с НИИ оснований им. Н.М. Герсевича и Главгосэкспертизой России по проектам, разработанным автором. Использование этой технологии при строительстве Спортивно-оздоровительного комплекса в г. Буденновске дало экономический эффект 146,42 млн. рублей, позволило остановить аварийные деформации жилого дома по ул. Маяковского, 16А в г. Ставрополе и подготовить надежное основание при строительстве мемориала М.И. Платову в Ставропольском крае.

Глава 5 содержит рекомендации по изысканиям, проектированию и применению свайных фундаментов на просадочных грунтах.

При инженерно-геологических изысканиях основное внимание следует уделить определению типа грунтовых условий по просадочности. Отбор монолитов из скважин производится задавливанием или ударным способом

тонкостенного грунтоноса (СП 11-105-97, ч. III, п. 4.2.5), при этом следует учитывать возможное уплотнение грунта, соответствующее снижению его просадочности и ошибочный перевод II-го типа грунтовых условий в I-ый тип.



Рисунок 9 – Грунтовые сваи диаметром 1,0 м на площадке зернохранилища в пос. Плаксейка Буденновского района

С учетом выполненных исследований можно дать следующие дополнительные рекомендации:

- незначительным расхождением в методах одной и двух кривых можно пренебречь и считать их статистически тождественными. Некоторое завышение лабораторной оценки просадочности методом двух кривых не влияет на расчетную просадку лессовых оснований, которую приходится корректировать в сторону увеличения с помощью повышающих коэффициентов;

- гранулометрический состав следует определять растиранием с пиррофосфатом натрия, т.к. такая подготовка дает максимальное и истинное содержание глинистой фракции;

- при определении пределов пластичности лессовых грунтов, во избежание грубых ошибок за счет субъективного раскатывания грунта в шнур, следует проверять значение числа пластичности по формуле $I_p = 0,79W_L - 10,9$;

- учитывая высокую точность и межлабораторную воспроизводимость определения границы текучести конусным методом, можно уменьшить число определений числа пластичности и гранулометрического состава после проверки указанных характеристик на ограниченном объеме образцов;

- для предварительной оценки компрессионного модуля деформации E_k водонасыщенных лессовых грунтов рекомендуется табл. 1 с корректирующими коэффициентами m_k СП 22.13330.2011;

- для предварительной оценки просадочности лессовых грунтов Северо-Кавказского региона, взамен табл. Б1 СП 11-105-97, часть III, рекомендуются графики рис. 3;

- эталонным методом определения модуля деформации по глубине разреза принять полевые испытания винтовым штампом площадью 600 см.

При проектировании свайных фундаментов в просадочных грунтах принципиальное значение имеет определение типа и величины просадки от собственного веса грунта. Компрессионная оценка просадочности, как правило,

занижает фактическую просадку в несколько раз, а опытное замачивание котлованов – длительное и затратное мероприятие – часто невозможно в условиях плотной городской застройки.

В грунтовых условиях II типа с просадкой от собственного веса свыше 30 см следует предусматривать устранение просадочности *гидровзрывным способом* в комплексе с грунтовыми сваями или **грунтовые сваи** при невозможности применения глубинных взрывов на застроенных территориях.

После уплотнения просадочной толщи этими методами для предварительной оценки несущей способности свай следует использовать табл. 7.2, 7.3 и 7.8 СП 24.13330.2011 с учетом глубины погружения свай и фактического значения показателя текучести *уплотненного* лессового грунта.

В Северо-Кавказском регионе практически отсутствуют площадки для опирания нижних концов свай в скальные грунты и плотные или среднеплотные пески, а маловлажные лессовые грунты при замачивании резко снижают прочностные и деформационные характеристики. В этих случаях нижние концы свай могут быть заглублены в уплотненные (взрывами и/или шнековыми сваями) лессовые грунты с показателем текучести в водонасыщенном состоянии: $I_L < 0,6$ для всех видов свай в грунтовых условиях I типа; $I_L < 0,4$ для забивных свай и $I_L < 0,2$ для буронабивных свай, как это требует СП 24.13330.2011.

Уплотнение просадочных грунтов грунтовыми сваями позволяет получить грунт с показателем текучести $I_L < 0,5$, т.е. запроектировать сваи с учетом снижения сейсмичности площадки строительства до II категории по сейсмическим свойствам.

В результате уплотнения глубинными взрывами с замачиванием получается массив водонасыщенного грунта с показателем консистенции близким к 1,0 (0,8-0,90). Расчетное сопротивление нижнего конца сваи R при этих значениях значительно снижается, приближаясь к нулю. Его значение следует определять по фактическому показателю консистенции и/или по данным зондирования.

Основная часть несущей способности сваи после гидровзрыва будет обеспечена боковым трением, которое определяется по таблице 7.3 СП 24.13330.2011 без ограничений, вплоть до значений $I_L=1,0$. Данное предложение согласуется с рекомендацией СП 24.13330.2011 определять лобовое сопротивление и боковое трение при полном водонасыщении просадочного грунта (для супесей $S_r=1,0$, для суглинков и глин $S_r=0,9$).

Массив, уплотненный шнековыми сваями, имеет пространственную неоднородность, обусловленную наличием тела свай с коэффициентом уплотнения грунта $K_{com}=0,98 \div 1,0$ и межсвайного пространства с различной степенью уплотнения. Расчетные характеристики такого массива для оценки сопротивления нижнего конца сваи и бокового трения определяют по значениям средней плотности сухого грунта, определяемой по формуле 166 Пособия к СНиП 2.02.01-83, п. 3.151.

При зондировании на строительных площадках г.г. Буденновска и Ростова-на-Дону из-за высокого сопротивления зонду не удалось определить истинные значения q_3 и f_3 . Поэтому сваи рекомендуется устраивать между грунтовыми сваями (при необходимости с устройством лидерной скважины), т.к. забивные и

бурунабивные бетонные сваи пойдут по пути наименьшего сопротивления в межсвайном пространстве.

Предлагаемая методика оценки несущей способности свай, после устранения просадочности рекомендуемыми методами, в обоих случаях дает заниженную несущую способность, т.е. сваи в уплотненном лессовом массиве рассчитываются с большим запасом несущей способности.

Для проектирования свайных фундаментов в просадочных грунтах в настоящее время невозможно запроектировать с достаточной точностью свайные фундаменты без опытных исследований свай с замачиванием просадочных грунтов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В работе впервые дана региональная характеристика строения, состава и свойств лессовых грунтов, занимающих 85 % территории Северного Кавказа, с целью эффективного применения свайных фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях Северо-Кавказского региона.

2. По фондовым и опубликованным данным изучен и обобщен положительный и неудачный опыт применения свайных фундаментов на лессовых грунтах в Ставропольском и Краснодарском краях, Ростовской области, Кабардино-Балкарии, Чеченской республике и республике Ингушетия. Установлено, что неразработанность строительных норм и неучет местного опыта строительства в ряде случаев привели к авариям зданий и сооружений, построенных на свайных фундаментах и просадочных грунтах.

3. На достаточном статистическом материале получены достоверные зависимости для оценки состава, физико-механических и просадочных свойств лессовых грунтов Северного Кавказа, которые могут быть полезными для применения в других регионах России.

4. С участием автора опробованы на крупных стройках в комплексе два метода глубинного уплотнения просадочных грунтов (*глубинные взрывы и шнековые сваи*). Для практического применения глубинных взрывов составлено единственное в России *«Пособие по уплотнению просадочных лессовых грунтов глубинными взрывами в условиях Северного Кавказа (изыскания, проектирование, производство работ)»*, согласованное с Госгортехнадзором России и ОАО «Кавказвзрывпром».

5. С участием автора для уплотнения просадочных и слабых грунтов составлены *«Рекомендации по проектированию и устройству бурунабивных грунтовых свай, изготовленных шнековым способом в просадочных и слабых грунтах»*, согласованные с НИИ оснований им. Н.М. Герсевича и одобренные Главгосэкспертизой России при проектировании высокоответственных объектов с участием автора. Проекты, разработанные автором и согласованные Главгосэкспертизой России и экспертизой Ставропольского края, дали экономию 1033,792 млн. рублей.

6. Рекомендации по применению свайных фундаментов на просадочных лессовых грунтах Северного Кавказа могут служить основой для разработки территориальных строительных норм субъектов Юга России.

Перспективы дальнейшей разработки темы:

1. Расширение и обновление статистических данных в целях уточнения зависимостей между физическими и физико-механическими характеристиками просадочных грунтов Северного Кавказа и других регионов России.
2. Развитие и совершенствование методов оценки просадочности лессовых грунтов за счет применения новых технологических и конструктивных приемов.
3. Полевое опробование и распространение методов комплексного устранения просадочности при новом строительстве, реконструкции и авариях зданий и сооружений, построенных на свайных фундаментах.
4. Оценка несущей способности свай на просадочных грунтах в сейсмических районах Северного Кавказа.

Основные публикации по теме диссертации

Публикации в изданиях, включённых в Перечень ВАК

1. Сербин, В.В. Исследование колебаний, возбуждаемых в просадочных грунтах при уплотнении их глубинными взрывами / Д.М. Стешенко, В.В. Сербин, Б.А. Парсян // Вестник СевКавГТУ. – 2013. № 1 (34). – С. 109-112.
2. Сербин, В.В. Аварии зданий и сооружений, построенных на свайных фундаментах в просадочных грунтах Юга России / Б.Ф. Галай, В.В. Сербин // Вестник СКФУ. – 2014. № 6 (45). – С. 20-26.
3. Сербин, В.В. Проблемы проектирования свайных фундаментов под взрывоопасные объекты Прикумского завода пластмасс (ООО «Ставролен») в г. Буденновске / Б.Ф. Галай, В.В. Сербин, В.С. Плахтюкова // Вестник СКФУ. – 2015. № 1 (46). – С. 19-23.
4. Сербин, В.В. Уплотнение просадочных грунтов глубинными взрывами на юге России / Богомолов А.Н., Галай Б.Ф., Олянский Ю.И., Сербин В.В., Плахтюкова В.С. // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 42(61). С. 4-14.
5. Сербин, В.В. Генетический анализ покровных суглинков г. Ставрополя / Б.Ф. Галай, В.В. Сербин, В.С. Плахтюкова, О.Б. Галай // Наука. Инновации. Технологии. СКФУ. – 2016. № 1. – С. 93-106.
6. Сербин, В.В. Критические замечания к положениям нормативных документов по оценке просадочности лессовых грунтов по их физическим характеристикам / Б.Ф. Галай, В.В. Сербин, В.С. Плахтюкова, О.Б. Галай // Инженерные изыскания, изд-во Геомаркетинг, г. Москва. – 2016. № 14. – С. 18-23.
7. Сербин, В.В. Лёссовые грунты Северного Кавказа и Крыма (сравнительный анализ) / Б.Ф. Галай, В.В. Сербин, В.С. Плахтюкова, О.Б. Галай // Наука. Инновации. Технологии. – 2017. – № 2. – С. 97-108.

Публикации в других научных журналах и изданиях

8. Сербин, В.В. Уплотнение просадочных грунтов глубинными взрывами / Б.Ф. Галай, Б.Б. Галай, О.Б. Галай, В.В. Сербин, В.С. Плахтюкова // – Ставрополь: Сервисшкола; СКФУ. – 2015. – 240 с.
9. Сербин, В.В. Уплотнение слабых грунтов при строительстве морского комплекса в г. Темрюк и Керченского моста / Б.Ф. Галай, В.В. Сербин, В.С. Плахтюкова, О.Б. Галай // Инженерная геология Северо-Западного Кавказа и Предкавказья: современное состояние и основные задачи. Сб. научных трудов. – Краснодар: Просвещение-Юг. – 2015. – С. 135-137.
10. Сербин, В.В. Оценка сейсмичности при строительстве жилых домов Кавказского пограничного округа в г. Сочи / Б.Ф. Галай, В.В. Сербин, В.С. Плахтюкова, О.Б. Галай // Инженерная геология Северо-Западного Кавказа и Предкавказья: современное состояние и основные задачи. Материалы первой региональной научной конференции 29-31 октября 2014г.,

г. Геленджик. ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет», «Российский фонд фундаментальных исследований». – 2014. – С. 100-103.

11. Сербин, В.В. Генетический и палеогеографический анализ лессовой формации Юга России / Б.Ф. Галай, В.В. Сербин, В.С. Плахтюкова, О.Б. Галай // Инженерная геология Северо-Западного Кавказа и Предкавказья: современное состояние и основные задачи. Сб. научных трудов. – Краснодар: Просвещение-Юг. – 2015. – С. 12-16.

12. Сербин, В.В. Нормативная оценка просадочности лессовых грунтов по их физическим характеристикам (критические замечания к СП 11-105-97 и ГОСТ 25100-95) / Б.Ф. Галай, В.В. Сербин, В.С. Плахтюкова, О.Б. Галай // Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности: материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета «Университетская наука – региону». – Ставрополь: ООО ИД «ТЭСЭРА», 2016. – С. 104-111.

13. Сербин, В.В. О деформациях жилых домов в г. Невинномыске / Б.Ф. Галай, В.В. Сербин, В.С. Плахтюкова, О.Б. Галай // Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности: материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета «Университетская наука – региону». – Ставрополь: ООО ИД «ТЭСЭРА», 2016. – С. 111-123.

14. Сербин, В.В. Рекомендации по проектированию и устройству буронабивных грунтовых свай, изготовленных шнековым способом в просадочных и слабых грунтах / Б.Ф. Галай, Б.Б. Галай, О.Б. Галай, В.В. Сербин, В.С. Плахтюкова // Ставрополь: Сервисшкола; СКФУ. – 2016. – 96 с.

15. Сербин, В.В. Пособие по уплотнению просадочных лессовых грунтов глубинными взрывами в условиях Северного Кавказа (изыскания, проектирование, производство работ) / Б.Ф. Галай, Б.Б. Галай, О.Б. Галай, В.В. Сербин, В.С. Плахтюкова // Ставрополь: Сервисшкола; СКФУ. – 2016. – 142 с.

Патенты:

1. Патент RU 2570695 Способ изготовления буронабивной сваи и устройство для его осуществления (МПК E02D 5/34, опубл. 10.12.2015).

2. Патент RU 2588511 Способ закрепления грунта и устройство для его осуществления (МПК E02D 3/12, опубл. 27.04.2016).

Подписано в печать 05.02.2018 г. Заказ № __. Тираж 100 экз. Усл. печ. л. 1,0

Формат 60 x 84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Типография ИУНЛ Волгоградского государственного технического университета. 400005, г. Волгоград, просп. им. В.И. Ленина, 28, корп. № 7