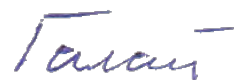


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



ГАЛАЙ ОЛЕГ БОРИСОВИЧ

**ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ
БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ Г. БУДЁННОВСКА
СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ)**

Шифр диссертационного совета 24.2.364.01

Научная специальность 1.6.7. – Инженерная геология, мерзлотоведение
и грунтоведение (геолого-минералогические науки)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель: кандидат
технических наук, доцент
Стещенко Дмитрий Михайлович

Ставрополь – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ г. БУДЕННОВСКА.....	12
1.1. Историко-экономическая характеристика г. Буденновска	12
1.2. Геоморфология.....	14
1.3. Климат.....	15
1.4. Геологическое строение и гидрогеологические условия г. Буденновска.....	17
1.5. Опасные геологические процессы и сейсмичность.....	19
1.6. Инженерно-геологическое районирование территории Буденновска.....	21
1.7. Условия формирования и стратиграфия лёссовых грунтов г. Будённовска	24
1.8. Экология Буденновска.....	26
1.9. Химический состав лёссов Буденновска	31
1.10. Минералогический состав лёссов Буденновска.....	32
1.11. Гранулометрический состав лёссовых грунтов Буденновска	33
1.12. Водостойкие агрегаты как структурные элементы лёссовых грунтов	40
1.13. Пористость и дифференциальная пористость лёссов Буденновска.....	42
1.14. Структурные связи в лёссовых грунтах Буденновска	43
1.15. Физические и физико-механические характеристики лёссовых грунтов г. Буденновска	44
1.16. Просадочность лёссовых грунтов Буденновска.....	51
1.17. Вывод по главе 1	54
ГЛАВА 2. АВАРИЙНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ПОСТРОЕННЫХ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ г. БУДЕННОВСКА.....	56
2.1. Деформации жилых домов.....	56
2.2. Деформации общественных зданий.....	59
2.3. Деформации промышленных объектов	63
2.4. Деформации военного городка «Северный».....	69
2.5. Выводы по главе 2.....	72
ГЛАВА 3. КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НОРМАТИВОВ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ В УСЛОВИЯХ г. БУДЕННОВСКА.....	74
ГЛАВА 4. УСПЕШНЫЙ ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ АВАРИЙНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ г. БУДЕННОВСКА.....	85
4.1. Строительство жилых и общественных зданий.....	85

4.2. Строительство промышленных объектов.....	94
4.3. Строительство очистных сооружений Прикумского завода пластмасс и г. Буденновска.	101
4.4. Строительство Прикумского завода пластмасс (ООО «СТАВРОЛЕН»).....	104
4.5. Новые объекты ООО «СТАВРОЛЕН».....	109
4.6. Строительство военного городка в г. Буденновске	112
4.7. Восстановление аварийных зданий центральной районной больницы после террористического акта 1995 года.....	114
4.8. Выводы по главе 4.....	121
ГЛАВА 5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ г. БУДЕННОВСКА	122
5.1. Рекомендации по инженерным изысканиям	122
5.2. Рекомендации по проектированию противопросадочных мероприятий при новом строительстве и реконструкции зданий и сооружений на просадочных грунтах г. Буденновска	124
5.3. Рекомендации по эксплуатации существующей застройки на просадочных грунтах г. Буденновска	131
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	133
Список использованной литературы.....	135
Приложение А. Справки о внедрении результатов исследования	153
Приложение Б. 100-метровый лёссовый разрез в районе г. Будённовска	166
Приложение В. Геологический разрез в центре Буденновска (кинотеатр «Олимпия»)	186
Приложение Г. Геологический разрез на территории промышленной зоны (мясокомбинат).....	195
Приложение Д. Геологический разрез на площадке жилого дома № 10.....	198
Приложение Е. Гранулометрический состав лёссов Буденновска.....	209
Приложение Ж. Военный городок «Северный»	208
Приложение И. Инженерно-геологические условия на площадке Стройбазы Прикумского завода пластмасс.....	212
Приложение К. Инженерно-геологическая характеристика лёссовых грунтов на площадке завода Пластмасс (ООО «Ставролен»).....	214
Приложение Л. Характеристики состава и свойств грунтов на площадке Газоперерабатывающего завода	219

Приложение М. Характеристики состава и свойств грунтов на площадке Спортивно-оздоровительного комплекса	222
Приложение Н. Характеристики состава и свойств грунтов на площадке Системы противопожарной защиты	224
Приложение П. Материалы по восстановлению Будёновской больницы.....	225

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Градостроительный кодекс РФ [40, с. 2] указывает, что градостроительная деятельность должна осуществляться *«с соблюдением требований безопасности территорий, инженерно-технических требований, обеспечением предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»*. Выполнение этих требований часто затрудняют сложные природные условия и специфические грунты.

Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [143, с. 2] определяет *«сложные природные условия наличием специфических по составу и состоянию грунтов и (или) риска возникновения (развития) опасных природных процессов и явлений и (или) техногенных воздействий на территории, на которой будут осуществляться строительство, реконструкции и эксплуатация здания или сооружения»*.

Среди специфических грунтов строительные нормативы [127; 131; 132] на первое место ставят просадочные лёссовые грунты. Это объясняется не только их широким распространением в России, но и трудностями проектирования и строительства на этих грунтах, а также деформациями многих зданий и сооружений.

На Северном Кавказе лёссовые грунты занимают 85 % площади, т.е. являются основным типом оснований для зданий и сооружений. Для сравнения, на территории Украины их площадь не превышает 60 %, в Узбекистане – 24 %, Казахстане – 18 %, Таджикистане – 17 % [146, с. 26].

По данным В.Т. Трофимова и др., *«наиболее мощные толщи (100-150 м и более) лёссовых пород распространены в Предкавказье, предгорьях Центральной Азии, в Китае»*, а максимальная мощность просадочной толщи **55 м** (район г. Буденновска) превышает все известные в мире лёссовые разрезы [145, с. 115, 247; 146, с. 9, 11, 29, 41, 311], в том числе знаменитые лёссы Китая с просадочной толщиной до 30 м [29; 34; 158; 160; 162]. При этом считается, что «в лёссовых провинциях, где

мощность лёссово-почвенных образований достигает 100 м и более, просадочность лёссов, как правило, не отмечается глубже 30-40 м» [145, с. 123].

На лёссовых грунтах Буденновска возведены взрывоопасные объекты крупнейшего в России химического комплекса ООО «Ставролен» Лукойла, построены самые крупные на Юге России военный городок и элеватор, ведется массовое строительство жилых и общественных зданий. Здесь впервые в мировой практике были построены очистные сооружения на просадочных грунтах мощностью 50 м. Просадочные лёссы осложнили восстановление аварийных зданий Буденновской больницы после террористического акта 1995 года [27].

В Буденновске были опробованы практически все известные методы строительства на просадочных грунтах. В отличие от г. Волгодонска, где произошли массовые деформации корпусов завода «Атоммаш», жилых домов и общественных зданий и выполнен научный анализ этих деформаций [64; 110], удачный и неудачный опыт строительства в Буденновске на более просадочных грунтах не получил известность в научной литературе.

Актуальность работы обусловлена необходимостью изучения просадочных грунтов г. Буденновска для нового строительства, а также в связи с оценкой состояния построенных, реконструируемых и аварийных зданий и сооружений на территории этого крупного промышленного центра Ставропольского края.

Объектом исследования являются лёссовые просадочные грунты, здания и сооружения г. Буденновска.

Предметом исследования. Особенности лёссовых грунтов и их влияние на новое строительство и существующую застройку г. Буденновска.

Степень разработанности темы исследования. Большой вклад в исследование лёссовых грунтов Юга России внесли Ю.М. Абелев, М.Ю. Абелев, В.П. Ананьев, Л.Г. Балаев, В.С. Быкова, А.Н. Богомолов, В.А. Васильев, А.А. Величко, В.Е. Воляник, Н.В. Воляник, Б.Ф. Галай, Я.Д. Гильман, А.А. Григорян, А.В. Гридневский, Н.Я. Денисов, Г.А. Дербинян, Е.С. Дзекцер, А.А. Дорджиев, В.П. Дыба, О.Н. Еремина, Э.В. Запорожченко, Р.С. Зиангиров, В.А. Зурнаджи, Н.И. Кригер, С.В. Кузнецова, С.Н. Коптелова, В.И. Коробкин, В.А. Королев, М.П.

Коханенко, В.И. Крутов, А.К. Ларионов, А.В. Минервин, О.И. Мозговой, Ю.И. Олянский, В.И. Осипов, Л.В. Передельский, А.И. Полищук, И.В. Попов, В.А. Пшеничкина, В.И. Рево, В.Н. Синяков, Г.М. Скибин, В.Н. Соколов, В.Т. Трофимов, Н.М. Хансиварова, А.Н. Хуртин, П.В. Царев, М.И. Черкасов, Я.Е. Шаевич, Ю.И. Шпильберг и др. Их исследования создали теоретическую базу строительства на просадочных грунтах. Но остаются слабо изученными наиболее просадочные лёссы Буденновска, где ведется массовое гражданское и промышленное строительство и обнаружено много аварийных объектов.

Цель работы – дать оценку просадочным лёссовым грунтам г. Буденновска как градостроительного фактора, показать их влияние на городскую застройку, оценить эффективность применяемых противопросадочных мероприятий и разработать рекомендации по изысканиям, проектированию, строительству, реконструкции и эксплуатации зданий и сооружений на просадочных грунтах большой мощности.

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

1. Изучить инженерно-геологические условия и просадочные грунты как градостроительный фактор, влияющий на новое строительство и реконструкцию существующей застройки г. Буденновска.
2. Выполнить анализ причин деформаций зданий и сооружений, построенных на просадочных грунтах г. Буденновска.
3. Выполнить анализ нормативной и научной литературы по строительству на просадочных грунтах.
4. Изучить положительный и неудачный опыт строительства зданий и сооружений, построенных на просадочных грунтах г. Буденновска.
5. Разработать рекомендации по применению противопросадочных мероприятий для зданий и сооружений г. Буденновска.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертационная работа выполнена в рамках паспорта специальности 1.6.7. диссертационного совета 24.2.364.01 «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение (геолого-минералогические науки)». Задачи исследования соответствуют следующим пунктам формулы специальности: 1 – Состав и

строение мерзлых, талых и мерзлых пород (грунтов) как многокомпонентных систем, физико-химические явления и процессы при взаимодействии компонентов грунта. Структурные связи и их природа, процессы структурообразования в грунтах; 2 – Физические, физико-механические и физико-химические свойства грунтов, природа их деформируемости и прочности, корреляция между свойствами, классификационные и расчетные показатели свойств грунтов; 7 – Техническая мелиорация грунтов, создание геотехнических массивов пород (грунтовых толщ) с заданными прочностными, деформационными, фильтрационными, теплофизическими и другими свойствами; 13 – Региональные геологические, зональные и техногенные факторы формирования инженерно-геологических и геокриологических условий и природно-технических систем; 14 – Закономерности пространственной и временной изменчивости свойств грунтов, геологических, геокриологических и инженерно-геологических процессов, других компонентов инженерно-геологических и геокриологических условий, их устойчивость к природным и техногенным воздействиям разного генезиса; 15 – Оценка и прогноз изменений инженерно-геологических и геокриологических условий месторождений полезных ископаемых, урбанизированных и сельских территорий, объектов промышленного, гражданского, энергетического и других видов строительства.

Научная новизна данной работы заключается в следующем:

1. Выявлены специфические особенности состава, структуры и свойств лёссовых грунтов г. Буденновска, которые не учитывают действующие строительные нормативы.
2. В связи с неразработанностью строительных нормативов и недооценкой специфических свойств просадочных грунтов в г. Буденновске наблюдаются деформации многих зданий и сооружений, для исправления которых требуются значительные средства.
3. Выявлены причины деформаций зданий и сооружений, построенных на просадочных грунтах большой мощности.

4. Для выбора противопросадочных мероприятий составлена схематическая карта просадочности грунтов г. Буденновска.

5. Рекомендованы и опробованы новые эффективные технологии укрепления просадочных грунтов в основаниях строящихся и аварийных зданий и сооружений.

Теоретическая и практическая значимость работы. Показаны недостатки нормативов по изысканиям и проектированию зданий и сооружений на просадочных грунтах большой мощности. Составлены схематическая карта просадочности грунтов и рекомендации по изысканиям, проектированию, строительству и реконструкции зданий и сооружений на просадочных грунтах г. Буденновска. Выполненные исследования могут быть использованы при разработке нового Генерального плана и Экологического паспорта г. Буденновска.

Методология и методы исследования. Для решения поставленных задач автор изучил историю развития г. Буденновска, проанализировал более 100 изыскательских отчетов на его территории, обследовал основные объекты города, выяснил причины их деформаций и принял участие в разработке и реализации противодеформационных мероприятий, выполнил анализ просадочных грунтов России и зарубежных стран, нормативов и рекомендаций НИИ и ВУЗов РФ.

Информационная база исследования. Фактический материал получен автором в период обучения в аспирантуре (2017–2021 гг.) с обследованием проблемных объектов г. Буденновска, бурением скважин с отбором проб грунта, изучением монолитов опорных скважин в лабораторных условиях. При выполнении исследований были использованы официальные нормативы, научные публикации, фондовые материалы НИИ, проектно-изыскательских и строительных организаций региона, результаты собственных исследований.

Основные результаты и положения, выносимые на защиту:

1. В г. Буденновске распространены самые просадочные лёссы России, требующие детального научного изучения при строительстве зданий и сооружений.

2. Строительные нормативы недостаточно учитывают специфические особенности просадочных грунтов г. Буденновска.

3. Незаработанность нормативов, слабая изученность просадочных грунтов Буденновска и неэффективность противопросадочных мероприятий привели к аварийным деформациям многих зданий и сооружений, для исправления которых потребовались значительные средства.

4. Новое строительство и реконструкция существующей городской застройки на просадочных грунтах Буденновска требуют совершенствования действующих нормативов.

5. Рекомендации по инженерным изысканиям, проектированию и строительству на просадочных грунтах г. Буденновска.

Достоверность полученных результатов. В исследовании использован большой объем фактического материала, полученные результаты сопоставлены с теоретическими представлениями и подтверждены практикой строительства в г. Буденновске с большой экономией средств.

Личный вклад. Автор впервые провел комплексный анализ инженерно-геологических условий г. Буденновска, выполнил обследование основных объектов, выявил причины их деформаций, принимал личное участие в разработке проектов противопросадочных мероприятий и укреплении просадочных оснований строящихся и аварийных зданий и сооружений.

Апробация работы. Работа выполнена в рамках научного направления кафедры «Строительство» Инженерного института СКФУ: «Изыскания, проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация зданий и сооружений в сложных природных условиях Северного Кавказа». Основные результаты работы были представлены на конференциях: Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности: V ежегодная научно-практическая конференция СКФУ. Ставрополь, 2017; Международная научно-техническая конференция «Фундаментальные и прикладные вопросы геотехники: новые материалы, конструкции, технологии и расчеты», «Geotechnics Fundamental and Applications in Construction (GFAC, 2019)», Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, РААСН, РОМГГФ, 2019; Региональный этап международного конкурса Falling

Walls Lab Stavropol, 2019; Международная научно-практическая конференция «Инновационные перспективы Донбасса» (Донецк, 2019, 2021), семинар «Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли» (МГСУ, 2019), XXVII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (МГУ, 2020), IX Международная научная конференция молодых ученых «Молодые – Научам о Земле» (МГРИ, 2020), докладывались и обсуждались на заседаниях кафедры «Строительство» Инженерного института СКФУ.

Внедрение результатов исследования. Администрация г. Буденновска и основная строительная организация Буденновска – ООО «ПМК-777» отмечают активное участие автора в подготовке оснований при новом строительстве и восстановлении аварийных объектов с большим экономическим эффектом. Институт географии РАН благодарит за помощь в изучении опорных лёссовых разрезов Северного Кавказа. Институт географии, геологии, туризма и сервиса ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» благодарит за научное руководство по производственной практике. (Приложение А).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 24 работа, в том числе 2 монографии, 4 статьи в научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и 1 статья в библиографической и реферативной базе данных Scopus.

Структура и объем работы. Диссертационная работа, общим объемом 234 машинописных страниц, состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованной литературы из 162 наименований, включает 34 иллюстрации, 14 таблиц и 13 Приложений на 79 страницах.

Диссертация выполнена на кафедре «Строительство» Инженерного института ФГАОУ ВО СКФУ под руководством доцента, кандидата технических наук Д.М. Стешенко, которому автор выражает благодарность за постоянное внимание и помощь при выполнении работы. Автор признателен сотрудникам кафедры «Строительство» СКФУ, Администрации г. Буденновска, ОАО «Ставропольгражданпроект», ОАО «СтавропольТИСИЗ», Северо-Кавказскому инженерно-геологическому Центру (бывший Северо-Кавказский филиал ПНИИИС Госстроя СССР) за помощь в период подготовки диссертации.

ГЛАВА 1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ г. БУДЕННОВСКА

1.1. Историко-экономическая характеристика г. Буденновска

На территории Прикумья и современного Будённовска люди селились с незапамятных времён: обнаружены следы Майкопской археологической культуры (II тысячелетие до н. э.); киммерийцы (VIII век до н.э.), скифы (VII век до н.э.), сарматы (VI-II века до н.э.), аланы (I-IV века н.э.), гунны (II-IV века), хазары (IV-932 г.), половцы (1055-1111 гг.). Наиболее интересная история начинается с XIII века, когда на месте современного Буденновска находился город Маджар, *«один из крупнейших городов Золотой Орды, стоявший в одном ряду с такими известными городами того времени, как Сарай, Кафа, Хорезм»* [6, с. 17]. Маджар был базовым пунктом на Великом шелковом пути из Китая в Европу, чеканил свою монету, имел Соборную мечеть, городской водопровод, а по великолепию своих дворцов, мечетей, минаретов и других сооружений восточной архитектуры мог поспорить с Самаркандом и Бухарой. В многонациональном городе жили тюрки, русские, аланы, евреи.

В период правления хана Джанибека (1342-1357 г.г.) город являлся главной резиденцией Золотой Орды, затем входил во владения темника Мамаю, который в 1380 году выступил в поход против Руси и потерпел поражение на Куликовом поле. Маджар пришел в упадок в 1477 году после нашествия Тимура (Тамерлана).

В начале XVII века Прикумье попадает в сферу интересов Московского государства. В 1785-1791 г.г. правительство делает попытку заселить пустующий Маджар немецкими колонистами из Саратовской губернии. В 1799 году на

территории Маджар Павел I учредил город «Святой Крест» для заселения его армянами – выходцами из мусульманских районов Кавказа.

Развалины древнего Маджара в 1910 году описал Г.Н. Прозрителев [111]: *«Ни один народ не оставил после себя такого великолепного строительного материала, какой находится в этих развалинах в виде **кирпича**, называемого жителями «**мамайским**». Несмотря на многие протекшие столетия, он не только годен для построек, но и далеко превосходит нынешний кирпич»*.

Толчком к развитию города дало основание в 1884 году Мамай-Маджарского (Воскресенского) монастыря и значительный приток русских и украинских колонистов. В 1920 году в зданиях монастыря открылась *больница*. В советское время «развалины Маджарского городища исчезли из-за невежества окружающего населения. Имевшееся на берегу р. Кумы (*около городской больницы*) татарское кладбище, являвшееся единственным сохранившимся памятником Золотой Орды, было запахано, а находившиеся там памятники с татарскими надписями уничтожены» [6]. Сейчас архитектурное великолепие Маджар воспринимается как древний город-призрак Троя. Следов великого города не найти.

Город часто менял название: *Святой Крест* (1799), *Прикумск* (1921), *Будённовск* (1935); снова *Прикумск* (1957), снова *Будённовск* (1973). В советский период Будённовск становится крупным промышленным центром, где особенное развитие получила химическая промышленность.

По объёму промышленного производства Будённовск находится на *третьем месте* в крае, после Ставрополя и Невинномысска. При проектировании Прикумского завода пластмасс (ныне ООО «Ставролен») рассматривались Невинномысск и Нефтекумск. Невинномысск оказался перегружен химией, а к Нефтекумску не было железной дороги. В настоящее время Будённовск является растущим городом с развивающейся экономикой, что поднимает целый ряд социальных и экологических аспектов.

Буденновск включен в список *исторических городов* России вместе с другими городами края (Ставрополь, Пятигорск, Кисловодск, Железноводск, Георгиевск).

1.2. Геоморфология

В геоморфологическом отношении территория Буденновска относится к Терско-Кумской равнине, расположенной между двумя геолого-структурными областями Предкавказья – Ставропольским поднятием на западе и Каспийской впадиной на востоке. Город расположен на левом берегу р. Кумы у озера Буйвола, в которое впадает р. Мокрая Буйвола. Озеро-водохранилище Буйвола отделено от р. Кумы дамбой, по которой проходит автодорога в Нефтекумск и Арзгир (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Обзорная карта с основными изученными объектами:

1 – Очистные сооружения; 2 – Центр Будённовска; 3 – Промышленная зона; 4 – Микрорайон №7; 5 – ООО «Ставролен»; 6 – Военный городок «Северный»; 7 – Центральная районная больница.

Абсолютные отметки территории города изменяются от 89,6 м (урез воды оз. Буйвола) до 135,4 м – в западной возвышенной части города. Территория представляет пологий склон водораздела, переходящий к надпойменной террасе и обрывистому берегу р. Кумы (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Лёсс в обрыве р. Кумы в районе больницы. Вдали вышка больницы.

1.3. Климат

Климат района континентальный, засушливый, умеренно-теплый. Многолетние климатические данные по Буденновской метеостанции приведены в табл. 1.1. Среднегодовая температура воздуха $+10,2^{\circ}\text{C}$, сезонные колебания температуры изменяются от -36° до $+43^{\circ}\text{C}$.

Зима умеренно мягкая. Среднегодовая температура января $-4,8^{\circ}\text{C}$, с минимальными температурами до минус 36° . Снег высотой до 15 см появляется в

начале декабря и тает в конце февраля. Нормативная глубина сезонного промерзания 80 см.

Лето жаркое и сухое. Средняя температура в июле + 24⁰С (максимум 43⁰С).

Осадки. Среднегодовое количество осадков изменяется от 350 до 424 мм, в среднем составляет 391 мм. Максимум осадков (228 мм) выпадает в мае – августе в виде ливневых дождей с грозами.

Ветер. Среднегодовая скорость ветра 4,2 м/с. В холодный период восточные сухие ветры (более 15 м/сек), иногда достигают силы шторма и даже урагана.

Пыльные бури (10-12 дней в году) возникают в засушливый период года и в бесснежные и холодные зимы. Зимняя пыльная буря 1969 года (123 часа) произошла при восточном ветре 25-30 м/с, порывами до 40 м/с, с понижением температуры воздуха до –28⁰С и выдуванием почвы до 4 см, местами до подстилающей породы.

Метели возникают зимой при скорости восточного ветра 10-17 м/с.

Туманы наблюдаются в холодный период (78 дней в году).

Таблица 1.1 – Характеристика климата г. Буденновска.

показатели	Месяцы												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	За год
Среднемес. и годовая темп. воздуха	-4,8	-4.2	1,3	8,8	16,3	23	24	23	17,2	10,8	3,4	-1,8	+9,6
Макс. темп. воздуха в градусах	14	19	31	31	36	38	43	42	37	35	22	16	43
Мин. темп. воздуха в градусах	-36	-36	-30	-10	-4	4	6	3	-4	-11	-33	-33	-36
Осадки в мм	13	13	14	34	59	65	53	41	34	25	22	18	391
Появление и сход устойчивого снегового покрова			17.03									6.12	63 дня
Число дней с гололедом	5,7	8,4	1,9	0,03						0,03	1,5	4,8	17,4
Число дней с ветром более 15 м/сек	3	2	4	8	9	7	8	5	4	4	4	6	71
Число дней с туманом	16	10	6	4	2	-	-	1	3	7	11	19	78

1.4. Геологическое строение и гидрогеологические условия г. Буденновска

Буденновск расположен в западной части Терско-Кумской впадины, в геологическом разрезе которой выделены: палеозойский фундамент на глубине 3-5 км и мезо-кайнозойский чехол, состоящий из 5-ти толщ:

- 1) *лѣссовые грунты* мощностью до 100-120 м;
- 2) *красноватые глины* ($N_2^3-Q_1$) мощностью до 30 м;
- 3) *песчано-гравийные отложения* в долинах рек Кумы и М. Буйволы мощностью до 40 м;
- 4) *глины апшерона и акчагыла* (N_2^3ap, Nak) мощностью 25-130 м;
- 5) *известняки-ракушечники* сармата и акчагыла ($N_1^3s - N_2^3ak$) мощностью 40-120 м; основной водоносный горизонт региона.

Главным элементом геологического разреза г. Буденновска является мощная толща лёссовых пород, которая в районе очистных сооружений достигает 100 м, с величиной просадочной толщи H_{sl} = до 55 м, на высоких отметках Буденновска (район мясокомбината, ж/д вокзала и элеватора) – до 40 м с H_{sl} до 30-35 м, а на склонах к р. Кума и оз. Буйвола снижается до 10-20 м. Считалось, что мощность лёссовых отложений на территории Предкавказья не превышает 70 м [59, с. 63]. Лѣссовые грунты подстилаются нижнечетвертичными песчано-глинистыми отложениями Пра-Кумы, акчагыла и апшерона.

В литологическом отношении лёссовая толща представлена супесями и легкими суглинками палево-серого цвета с желтым оттенком, неслоистыми, местами макропористыми, содержащими гипс и карбонаты. В толще встречаются прослои пылеватых лёссовидных песков и слабо выраженные ископаемые почвы.

Непросадочная пачка лёссовых грунтов представлена теми же супесями и суглинками, расположенными ниже уровня грунтовых вод, полностью утратившими просадочность, но сохранившими большую сжимаемость и

пывунность, которая обнаруживается при бурении скважин и разработке глубоких котлованов на низких отметках, вблизи оз. Буйвола. В основании геологического разреза вскрываются водонасыщенные пески средней крупности и крупные, с включениями гравия и гальки, мощностью до 10,0 м, подстилаемые полутвердыми глинами, вскрытой мощностью до 6,5 м.

В районе Буденновска грунтовые воды залегают на глубине до 92 м, что намного превышает указанную в [59, с. 49] глубину залегания грунтовых вод в Предкавказье – 30 м. Подземные воды относятся к безнапорным, питаются в основном за счет атмосферных осадков и направлены с небольшим уклоном в сторону М. Буйволы и р. Кумы. Установившиеся уровни грунтовых вод находятся на отметках 90-95 м. По химическому составу подземные воды сульфатно-хлоридно-магниевые-натриево-кальциевые с минерализацией 5-15 г/л, сильно агрессивные к подземным железобетонным конструкциям.

Детальное описание опорных лёссовых разрезов района г. Буденновска выполнено автором по образцам (монолитам), хранящимся в кернохранилище кафедры «Строительство» СКФУ. Скважины со сплошным отбором монолитов были пройдены СевКавПНИИС Госстроя РФ. Данное кернохранилище, возможно, единственное в Северо-Кавказском регионе и России.

Наиболее интересным в научном и практическом отношении является 100-метровый разрез в районе очистных сооружений г. Буденновска (Приложение Б), который привлек внимание специалистов МГУ [146, с. 302-314].

Геологический разрез в центре Буденновска (Приложение В) мощностью 25 м был изучен в связи с аварийными деформациями широкоформатного кинотеатра «Олимпия», основание которого пытались закрепить силикатизацией.

В промышленной зоне (мясокомбинат, элеватор, комбикормовый завод, хлебозавод) просадочные лёссы имеют мощность 30-40 м (Приложение Г).

Менее просадочные грунты (до 15-25 м) расположены на промплощадке ООО «Ставролен», в микрорайонах с жилой застройкой (Приложение Д), примыкающей к оз. Буйвола, на территории военного городка и центральной районной больницы.

Описание грунтов дано при рассмотрении изученных объектов.

1.5. Опасные геологические процессы и сейсмичность

Опасные геологические процессы Буденновска связаны со спецификой лёссовых грунтов, которые являются верхней частью геологической среды и в первую очередь воспринимают техногенную нагрузку в природно-техногенной системе (ПТС), включающей геологическую среду и техносферу.

Просадочность от собственного веса грунтов и при дополнительной нагрузке от зданий и сооружений является основным и наиболее опасным геологическим процессом на территории Буденновска. Автор обнаружил *просадочные блюдца* естественного и техногенного происхождения: на площади Ленина, на территории автовокзала, центральной больницы, в районе очистных сооружений (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Просадочные блюдца на площади Ленина (с трещиной в асфальте после аварии водопровода), на территории автовокзала и больницы

Впервые просадочные блюдца на территории Предкавказья в 1932 году описал К.И. Лисицын [78], большое внимание им уделил Н.Я. Денисов [51, с. 203].

Тотального повышения влажности грунтов и подтопления застроенной территории Буденновска пока не наблюдается, что объясняется незначительными водопотерями из городских коммуникаций, высокой водопроницаемостью лёссовой толщи и возможностью быстрого оттока грунтовых вод в сторону Кумы и Буйволы.

Плывунность лёссов Буденновска проявляются при обводнении и также связаны с особенностями состава и структуры этих специфических образований.

Эрозионные процессы в виде образования промоин и оврагов, подмыва берега р. Кумы объясняются быстрым размоканием и «водобоязнью» (термин академика Е.М. Сергеева) типичных лёссов. На отвесном склоне р. Кумы образуются *оползни-обвалы*, в виде крупных блоков лёссовых пород, отделяющихся по вертикальным трещинам от массива. На лёссовых склонах наблюдаются глубокие *промоины* – результат линейной эрозии, которые нередко переходят в *суффозионные полости и воронки* с признаками псевдокарста. Такие процессы техногенеза и псевдокарста характерны при строительном освоении лёссовых территорий [74; 75.]. *Суффозионные воронки и полости* наблюдались вокруг дренажных скважин при замачивании котлованов в Буденновске. Их образование объясняется действием потока воды, устремляющейся в скважины, заполненные фильтрующим материалом. После обводнения лёссового грунта происходит провал дренажного материала в скважину, размыв ее устья и образование полости глубиной до 1 м и диаметром до 0,8 м.

Засоленность и агрессивность лёссовых грунтов Буденновска представляют опасность не только для земледелия, но и для подземных строительных конструкций. Этот фактор пока не учитывается при проектировании свайных фундаментов на обычном цементе. Особое внимание следует уделить забивным ж/б сваям под взрывоопасными сооружениями ООО «Ставролен», которые находятся в агрессивной грунтовой воде более 40 лет, в условиях повышенной сейсмичности.

Сейсмичность г. Буденновска. За последние годы произошло повышение сейсмичности Буденновска на 2 балла. Нормы проектирования (1982-2000) не нормировали сейсмичность Буденновска. СП 14.13330.2011 «Строительство в сейсмических районах» (ОСР-2015 с 01.12.2015) установил сейсмичность для

«средних» грунтовых условий Буденновска равной 7-ми баллам, а с учетом III категории лёсса по сейсмическим свойствам, *расчетная сейсмичность* площадок по карте «В» ОСР-97 принимается равной 8-ми баллам. Отсюда следует, что практически вся застройка г. Буденновска является несейсмостойкой и не рассчитана на максимальное землетрясение.

В.А. Пшеничкина и др. [113] в Буденновске установили 286 домов, не отвечающих требованиям сейсмостойкости, для которых необходимо усиление конструкций. Усиление конструкций должно сопровождаться укреплением просадочных оснований, которое повысит сейсмостойкость зданий. По новым нормам свайные фундаменты взрывоопасных объектов завода ООО «Ставролен» стали несейсмостойкими.

1.6. Инженерно-геологическое районирование территории Буденновска

На основе сбора и анализа более 100 изыскательских отчетов автор составил схематическую *карту просадочности лёссовых грунтов* г. Буденновска (рис. 1.4), на которой указаны мощность просадочной толщи и величина просадки от собственного веса грунта. При составлении карты были обнаружены важные геологические закономерности строения лёссовой толщи:

1) уровень грунтовых вод (УГВ) на территории города практически находится на отметке воды оз. Буйвола (89,6 м), Грунтовые воды питают это озеро и разгружаются в р. Куму с уклоном порядка 0,001;

2) грунтовые воды повсеместно расположены в нижней части лёссовой толщи, где обводненный грунт находится в плавунном состоянии;

3) расположенный выше УГВ маловлажный лёсс (за исключением зоны капиллярного увлажнения 2-3 м над УГВ), обладает просадочными свойствами от собственного веса и дополнительной нагрузки;

4) величина просадки возрастает с увеличением мощности просадочной толщи.

Карта предназначена для предварительной оценки просадочности грунтов и выбора противопросадочных мероприятий. Следуя рекомендациям Ю.М. и М.Ю. Абелевых [4], В.Т. Трофимова и др. [146, с. 28], по величине просадки грунтов выделили территории: *практически устойчивые* с просадкой до 15 см, *малопросадочные* с просадкой от 15 до 50 см, *просадочные* – 50-100 см и *сильнопросадочные* – более 1 м. Большую часть территории Буденновска попадает в просадочную и сильно просадочную зоны. Важно отметить, что на промплощадке ООО «Ставролен» I тип грунтовых условий имеет просадочная толща мощностью до 3 м, а 10-метровая толща лёсса имеет просадку 27 см (II тип).

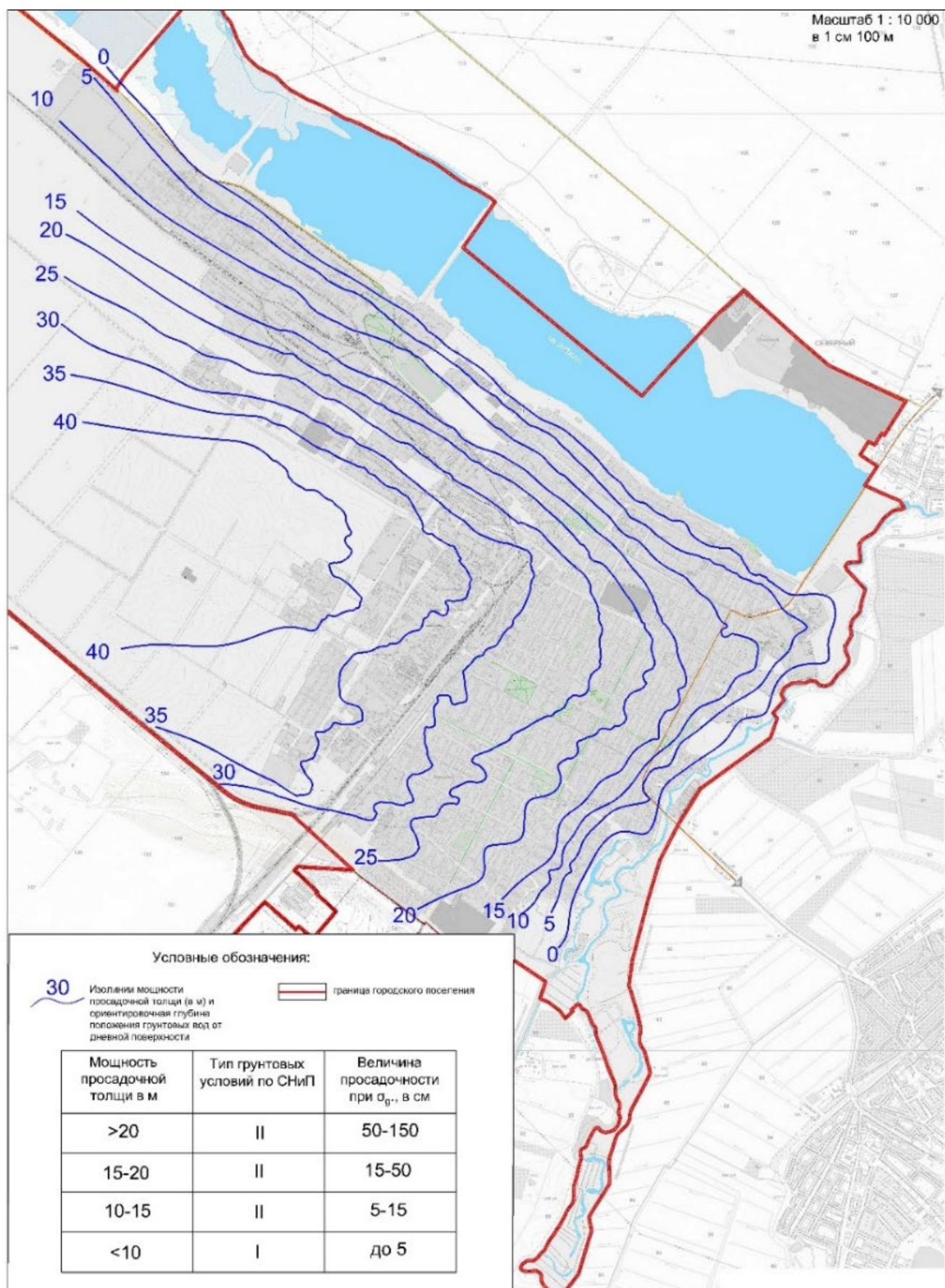


Рисунок 1.4 – Схематическая карта просадочности лёссовых грунтов г. Буденновска

1.7. Условия формирования и стратиграфия лёссовых грунтов г. Буденновска

Справочник геотехника [137, с. 42, 458] считает лёссовые грунты в основном *эоловыми* образованиями и указывает, что без изучения генезиса грунтов нельзя правильно оценить их физико-механические свойства и рекомендовать меры по технической мелиорации. Действующие нормативы [39; 126, п. 6.3; 135, п. 6.2.2.3] также требуют указывать генезис и особенности формирования грунтов.

И.В. Мушкетов [96], а позже Н.Я. Денисов [46; 49] убедительно доказали, что лёсс Восточного Предкавказья имеет *эоловый генезис*, при этом Н.Я. Денисов отметил, что *«господствующей среди геологов гипотезой образования лёссовидных суглинков Восточного Предкавказья является делювиально-пролювиальная»*. Сейчас во всех изыскательских отчетах лёсс региона считают *эолово-делювиальным образованием*. Такая трактовка объясняется незнанием условий формирования лёссового покрова Европейской части России.

Лёсс региона формировался в эпоху оледенений, в перигляциальных условиях холодной и сухой «тундро-степи», за счет пыли, принесенной ветром из Прикаспийской низменности, при отрицательной среднегодовой температуре воздуха и, как следствие, с возможным многолетним промерзанием лёссовой толщи и развитием «вечной» мерзлоты [105].

Американский исследователь Гейтс [157] показал, что в последний ледниковый период температура над сушей понизилась в среднем на $7,7^{\circ}\text{C}$, а над океаном на $4,4^{\circ}\text{C}$. С этим согласны отечественные палеогеографы. А.А. Свиточ [122, с. 163, 171] считает, что *«события в плейстоцене по своей грандиозности не имели себе равных за последние 200 млн. лет»*. По данным А.А. Величко [23], *«температурный пессимум последней ледниковой эпохи представлял собой главный температурный минимум всей пройденной истории мезокайнозоя»*, и даже в период короткого внутривалдайского (молого-шекснинского) потепления

на Русской равнине среднегодовые температуры воздуха опускались до минус 10-14 °С, а среднеянварские до минус 35-40 °С [22].

Американские ученые также считают, что «в эпоху оледенений в перигляциальной области, в пределах которой в основном происходило лёссовобразование, средние годовые температуры были предположительно ниже современных на 17° в северной лёссовой области, на 14° – в средних широтах и на 8° – на юге» [120; 145, с. 155; 157]. Накопление лёссовой пыли происходило лавинно, а холод, сухость и соли препятствовали развитию растительности. Отечественные и зарубежные палеогеографы [156; 159] предполагают глубокое (до 100 м и более) промораживание поверхностных отложений в эпохи лёссонакопления и длительное существование пород в мерзлом состоянии.

Стратиграфическая шкала расчленения лёссовых разрезов (табл. 1.2) построена на общепринятом положении, что лёсс – продукт ледниковых эпох, а ископаемые (погребенные) почвы формировались в теплые и влажные межледниковья, к которым относится и современный голоцен, начавшийся около 10 тыс. лет [145, с. 63-65; 146, с. 63, табл.5].

Академик В.И. Осипов обратил внимание, что *«современное потепление происходит в 10 раз быстрее, чем в голоцене (20-10 тыс. лет назад). Оно сопровождается более частыми проявлениями тепловых волн, обильных осадков, а также распространением засух»* [102].

Стратиграфия и возраст лёссовых разрезов Буденновска выполнены пока на ограниченном материале (рис. 1.5). Термолюминесцентные датировки [146, с. 303, рис. 117; 153] были выполнены в Институте геологических наук АН УССР (г. Киев), а палеомагнитные определения – в Институте геологии и геофизики Сибирского отделения АН СССР (г. Новосибирск). Из этих данных следует, что начало накопления 100-метровой лёссовой толщи Буденновска относится к днепровскому оледенению (около 300 тыс. лет), которое считается переломным моментом в плейстоцене, после которого началось резкое планетарное похолодание [122].

Таблица 1.2 – Геохронология и стратиграфия лёсса в районе г. Буденновска

Отдел, эпоха	Ярус, век, горизонт	Инд экс	Начало века, тыс. лет	События в Каспийском бассейне	Время, тыс. лет	Абс. отм. воды, м
Современный	Голоцен	IV	10	Новокаспийская трансгрессия	8-9	+20
Поздний плейстоцен (валдай, вюрм)	Осташковский (поздневалдайский) лёсс	III	23	Послехвалынская регрессия Позднехвалынская трансгрессия	20-10	-50 -2
	Молого-шексинская (внутривалдайская) почва	III	45	Енотаевская регрессия	40-20	-45
	Калининский (ранневалдайский) лёсс	III	65	Раннехвалынская трансгрессия	70-40	+48
	Микулинская почва	III	100	Ательская регрессия	90-70	-50
Средний плейстоцен (рисс)	Московский лёсс	II	180	Позднехазарская трансгрессия	200-70	-15
	Одинцовская почва	II	230	Позднехазарская регрессия	250-200	?
	Днепровский лёсс	II	300	Раннехазарская трансгрессия	300-250	+20
	Лихвинская почва	II	-	Раннехазарская регрессия	-	-
Ранний плейстоцен (миндель)	Окский (древнеледниковый)	II	500	Позднебакинская трансгрессия	-	-
	Предокское время с несколькими теплыми и холодными эпохами	I	790	Раннебакинская трансгрессия	-	+10

1.8. Экология Буденновска

При проектировании и строительстве уникальных объектов завода Пластмасс пришлось решать трудные экологические проблемы по защите от загрязнения воздуха и геологической среды. Контролирующий орган в 2007 г. обнаружил в воздухе города недопустимое превышение загрязнителей, а в 2008 г. – в питьевой воде наличие аммиака.

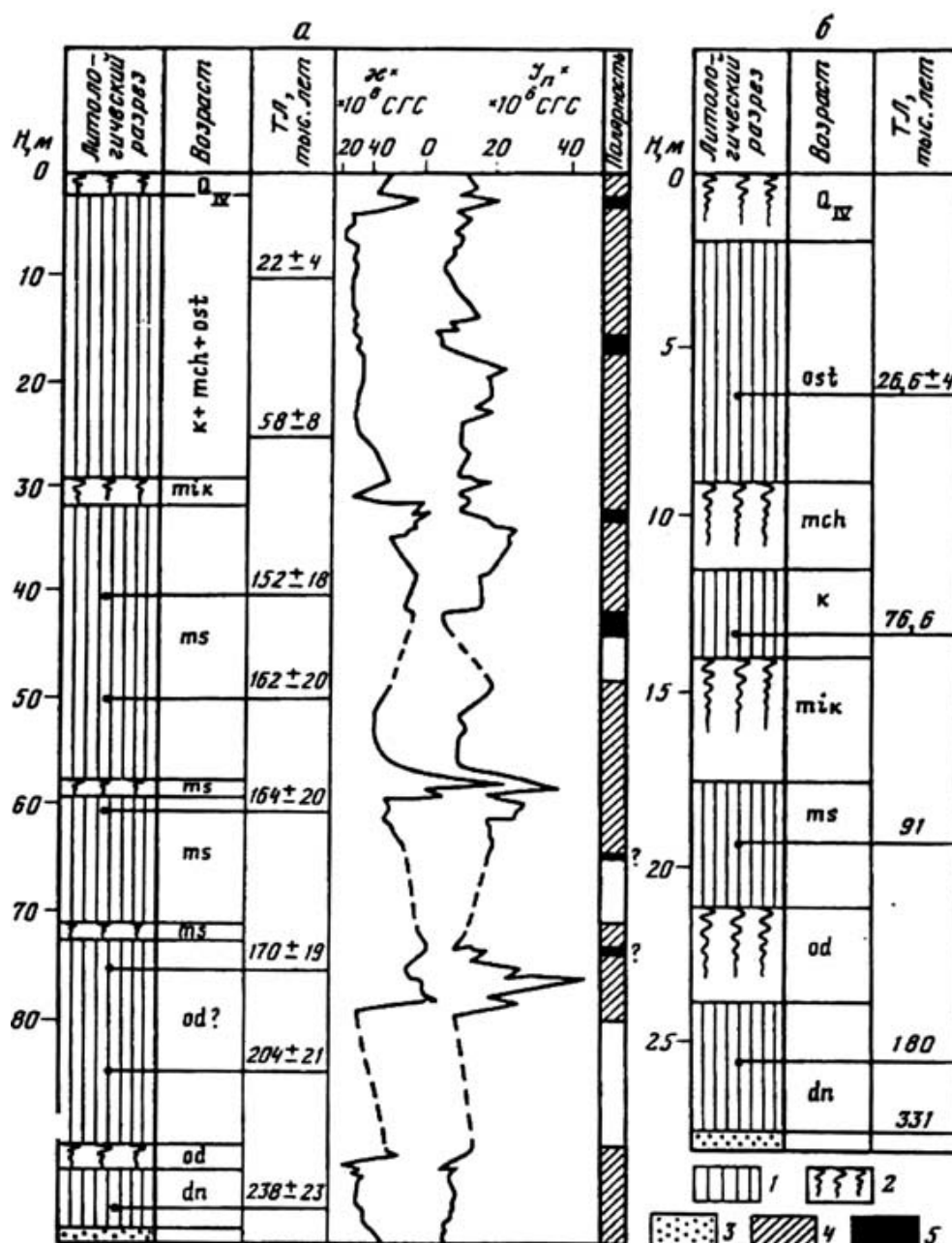


Рисунок 1.5 — Термолюминесцентные датировки и палеомагнитные характеристики лёссовых разрезов г. Буденновска (а) и г. Георгиевска (б). 1 — лёсс; 2 — почвы современная и погребенные; 3 — песок; 4, 5 — полярности геомагнитного поля: 4 — прямая, 5 — обратная; ТЛ — термолюминесцентные датировки; χ — магнитная восприимчивость; I_n — величина намагниченности.

Стратиграфические горизонты: dn — днепровский, od — одинцовский, ms — московский, mik — микулинский, к — калининский, mch — молодого-шекснинский, ost — осташковский.

В 1989 году Государственная экологическая экспертиза с участием Главгосэкспертизы СССР при анализе проекта полипропилена мощностью 100 тыс.

тонн в год установила *«приоритетность строительства очистных сооружений мощностью 43 тыс. куб. м в сутки»* и *«считала недопустимым последующее развитие ПО «Ставропольполимер» не только путем создания новых, но и расширения действующих, строящихся и проектируемых производств без существенного улучшения общей экологической обстановки в регионе»*.

В то время активными загрязнителями считались: «Ставропольполимер» (I класс санитарной опасности), кожевенный завод «СтавКООПЭКС» и асфальтовый завод (II класс опасности), в городской черте продолжали действовать мясокомбинат (II класс опасности) и многие промпредприятия.

Характерной особенностью градостроительства Буденновска является тесное соседство экологически опасных предприятий с жилыми районами города, недостаточный анализ природно-географических и геологических факторов, в частности розы ветров и гидрогеологических условий. Выбор места строительства Прикумского завода пластмасс, кожевенного (шубного) завода и военного городка «Северный» в значительной мере диктовался снижением затрат на борьбу с просадочностью грунтов, а не экологическими требованиями. Как показали исследования, весьма неблагоприятная обстановка сложилась в районе прудов-испарителей сточных вод АО «Ставропольполимер», в пойме и воде оз. Буйвола. Здесь было многократное превышение ПДК по тяжелым металлам и водорастворимым солям.

Наиболее сложные проблемы экологии оказались связаны с просадочностью грунтов, а именно со строительством очистных сооружений города и завода Пластмасс, а также с полигоном твердых бытовых отходов.

В 1970-1990-е годы основное внимание экологов привлекали отдельные опасные объекты. В 1992 году СевКавПНИИИС составил программу экологических исследований на некоторых объектах Ставропольполимера, которая в основном касалась прудов-испарителей сточных вод, шламонакопителя и аварийного пруда ПО «Ставропольполимер». Эти сооружения были введены в эксплуатацию в 1979 году, построены в соответствии с проектом, их техническое состояние было признано в основном удовлетворительным. Но в проектах не было

предусмотрено наличие наблюдательных скважин и ведение геоэкологического контроля.

В 2011 году было организовано движение против строительства Газоперерабатывающего завода, которое 29.10.2013 г. привело к проведению круглого стола на тему «Оценка воздействия на окружающую среду при строительстве и эксплуатации объекта «Газоперерабатывающая установка, первый пусковой комплекс 2,2 млрд. м³/год по сырью».

1.8.1. Полигон твердых бытовых отходов

Проблемным объектом Буденновска многие годы является полигон ТБО. Место для городской свалки и *скотомогильника* в 1985 году определили в глубоком лёссовом овраге в 2,5 км от города. В 200 м ниже свалки находится водный канал и артезианская скважина (рис. 1.6). Первые геологические исследования выполнили в 2008 году. Скважины глубиной 10 м не вскрыли грунтовые воды и не прошли просадочную толщу.

Дополнительные исследования грунтов на площадке полигона в 2010 году выполнил СтавропольТИСИЗ, который установил повышенное содержание в грунтах и подземных водах тяжелых металлов и загрязняющих веществ (свинец, кадмий, медь, аммоний, сульфаты), а в атмосферном воздухе выявлено превышение ПДК по бензолу, аммиаку, сероводороду и взвешенным веществам. Были обнаружены загрязняющие вещества в скважине, ниже полигона (БПК-5, аммоний-ион, фосфаты, нитриты, сульфат).



Рисунок 1.6 – Общий вид полигона ТБО и канал вблизи полигона. Вид с высокой поймы

Проект с материалами изысканий направили в г. Санкт-Петербург на «независимую» экспертизу в ООО «СТРОЙЭКСПЕРТ», который составил положительное заключение, проигнорировав наличие просадочных грунтов. Действующий СП 320.1325800.2017 «Полигоны для твердых коммунальных отходов» ужесточил требования к полигонам коммунальных отходов: *«устройство полигонов ТКО на просадочных грунтах допускается при условии полного устранения просадочных свойств грунтов»*.

Эти требования сильно затрудняют реконструкцию свалки в нормативный полигон ТБО. Для уплотнения просадочных грунтов на новых площадках для полигонов ТБО можно применить глубинные взрывы [31] или грунтовые сваи с коэффициентом уплотнения $K_{com} \sim 1,0$ [33].

1.9. Химический состав лёссов Буденновска

Определение химико-минералогического состава лёсса помогает в изучении его генезиса и условий формирования, а также при проектировании противопросадочных мероприятий по его закреплению.

Валовый химсостав дает мало информации и его определяют редко. Иногда определяют состав поровой воды [137, с. 48]. Лёсс Буденновска содержит много кремнезема, т.к. много кварца ($\text{SiO}_2 = 62,5\text{-}65,7\%$), $\text{Al}_2\text{O}_3 = 12,5\text{-}13,2\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 4,1\text{-}5,4\%$, $\text{CaO} = 5,7\text{-}6,8\%$, $\text{MgO} = 1,2\text{-}2,1\%$, $\text{SO}_3 = 0,2\text{-}0,73\%$, потери при прокаливании – $7,5\text{-}8,4\%$.

Содержание *водорастворимых солей* изменяется в пределах $0,05\text{-}1,5\%$.

В составе *легкорастворимых солей* преобладает агрессивный хлорид натрия Na_2SO_4 . Содержатся также NaCl и MgSO_4 .

В центральной части Буденновска (широкоформатный кинотеатр) был обнаружен нитрат-ион – индикатор загрязнения лёссовой толщи. Было установлено, что за 5 лет граница иона NO_3 опустилась с $7,5\text{ м}$ до $12,25\text{ м}$.

Все водные вытяжки имеют слабощелочную реакцию (pH больше $7,0$).

Во всех разрезах Буденновска отмечается увеличение засоленности в верхней (просадочной) части разреза, что объясняется условиям их формирования.

Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ относится к среднерастворимым солям. В лёссовых разрезах эта соль выделяется повышенным содержанием в нижней части (иллювии) ископаемых почв.

Карбонат кальция CaCO_3 является «классификационным признаком типичных лёссов» [145, с. 31], его содержание изменяется в узких пределах ($7\text{-}11\%$), что объясняется постоянством приносимого эолового материала. Повышенное содержание CaCO_3 обнаруживается в иллювии ископаемых почв.

Гумус в лёссах не превышает $0,16\%$, а в ископаемых почвах – до $0,30\%$.

Лёсс отличается низкой *емкостью поглощения* (11-13 мг-экв/100 г.), что объясняется малым содержанием глинистой фракции и ее гидрослюдистым составом. Содержание *поглощенных катионов* Na, Ca и Mg находится в пределах 0,5-8,0 мг-экв/100 г.

В научной и нормативной литературе нет однозначного понимания, какие грунты считать засоленными. ГОСТ 25100-2011, табл. Б.25 по степени засоленности D_{sal} (величине плотного остатка) легкорастворимыми хлоридами и сульфатами грунты считает *незасоленными* при $D_{sal} < 0,5 \%$. Почвоведы [14] и грунтоведы МГУ [71] к *незасоленным* относят грунты с $D_{sal} < 0,3 \%$. Справочник геотехника [137, с. 48] считает засоленными грунты, в которых содержание легкорастворимых солей превышает 2 % по массе. По классификации ГОСТ 25100-2011 лёссы Буденновска в основной массе относятся к слабозасоленным грунтам и редко – к средnezасоленным.

Хлористый натрий, обладающий большой растворимостью и, соответственно, большой миграционной способностью, в просадочных лёссовых разрезах спустился ниже верхних ископаемых почв.

Сернокислый натрий и сернокислый магний на участках с непромывным режимом почти полностью находятся в валдайской части разрезов.

1.10. Минералогический состав лёссов Буденновска

Породообразующие кластогенные минералы. Спецификой лёссовых грунтов является их гетерогенный, полидисперсный и полиминеральный состав. В лёссах региона присутствует до 50-80 минералов. Эта полиминеральность обусловлена обширной областью питания пород. Лёссы региона экспонируют минералы как Русской равнины, так и Кавказа.

Среди кластогенных минералов в лёссах Буденновска доминирует *кварц* (42,8 %) в виде прозрачных зерен, имеющих различную окатанность.

Полевые шпаты (вторая группа минералов) представлена ортоклазом и плагиоклазами (8 %). Кроме них, имеются слюды (8,3 %), агрегативные зерна (обломки) кремнистых и карбонатно-глинистых пород (38,9 %).

Глинистые минералы. В глинистой фракции лёссов Буденновска доминирует *гидрослюда* (40-60 %), сильно набухающий *монтмориллонит* составляет 6-17 %, *каолинит* – 25-45 %. Хлорит, гетит, органика и другие минералы содержатся в незначительном количестве. В монографии В.Т. Трофимова и др. [146, с. 19] приведены близкие значения высокодисперсных минералов в лёссовых грунтах: гидрослюда – до 85 %, монтмориллонит – 10-50 %, каолинит – 2-15 %.

Среди *карбонатов* выделяются *первичные* чистые зерна кальцита, окатанные при воздушном переносе, и вторичные образования – разнообразные агрегаты («белоглазка», рыхлые стяжения, пленки, примазки).

Карбонаты (третья группа минералов) имеют 4) оолиты, состоящие из серого ядра с белой оболочкой.

Обломочный материал представлен агрегативными зернами (обломками) кремнистых и карбонатно-глинистых пород.

В лёссах Буденновска обнаружен *вулканогенный материал* (вулканическое стекло в виде остроугольных, бесцветных зерен крупнее 0,25 мм, зерна пепла, шлака и черно-бурых агрегатов).

1.11. Гранулометрический состав лёссовых грунтов Буденновска

В нашей стране длительное время изучением грансостава лёссовых грунтов занимались две ведущие грунтоведческие школы – МГУ (С.С. Морозов) и ПНИИИС

(И.М. Горькова). С.С. Морозов [95] впервые в 1932 году использовал фракцию 0,10-0,01 мм для анализа грансостава лёссовых грунтов разных генетических типов. Большой вклад в минералогию лёссов внес В.П. Ананьев [8; 11].

В.П. Ананьев [8; 11], более детально исследовавший минералогию лёссов, подтвердил это наблюдение С.С. Морозова.

Лёссовые грунты принято называть «пылевато-глинистыми» образованиями, в составе которых преобладают пылеватая и глинистая фракции.

СП 11-105-97, часть III [131] дает «нормативное» определение просадочных лёссовых грунтов с указанием их грансостава: *«Для просадочных лёссовых грунтов обычно характерны: высокая пылеватость (содержание частиц размером 0,05-0,005 мм более 50% при количестве частиц размером менее 0,005 мм, как правило, не более 10-15%; низкие значения числа пластичности (менее 12) ... Главная отличительная особенность лёссов – наличие макропор размером 1-3 мм»*.

СП 11-105-97 не учитывает *специфические* особенности лёссов Буденновска.

1. Норматив не рассматривает *просадочные лёссовидные пески*, которые имеют широкое распространение в восточных районах Ставропольского края, в разрезах Буденновска, г. Ростова-на-Дону и др. Пылеватые пески, как и вмещающие их лёссы, несомненно, имеют эоловое происхождение и характеризуют усиление восточного ветра в верхнем плейстоцене. Это согласуется с мнением китайских и российских исследователей, которые повышенное содержание песчаной фракции в разрезе Лёссового плато Китая объясняют *«очень сильными песчаными бурями в пике похолоданий»* [145, с. 79, 113]. Лёссовидные пески *«с признаками эоловой переработки песчано-пылеватого материала»* описали китайские ученые [161].

2. Гранулометрический состав типичных лёссов Буденновска *не соответствует* критериям СП 11-105-97. Пылеватая фракция 0,05-0,005 мм не превышает 50 %, а глинистая фракция <0,005 мм намного больше 10-15 %, указанных в СП, и 16 %, указанных в учебнике «Грунтоведение» [143, с. 633]. Преобладают «лёссовая» 0,1-0,01 мм и глинистая <0,005 мм фракции. Фракция 0,10-0,01 мм является основной в классификации С.С. Морозова [143] и в ГОСТ

25100-2011 названа пылевой. Таким же «аномальным» является типичный лёсс Китая, в котором глинистая фракция $<0,005$ мм составляет 25-35 % [145, с. 113].

3. Главной особенностью грансостава лёсса Буденновска является преобладание двух фракций – «лёссовой» или пылевой по ГОСТ 25100-2011 (0,1-0,01 мм) и глинистой $<0,005$ мм, что характерно для всех лёссовых грунтов [145, с. 6; 146, с. 7].

4. Вопреки СП 11-105-97, лёсс Буденновска обычно не имеет характерных макропор или имеет мелкие, единичные, слабо выраженные макропоры (рис. 1.7).

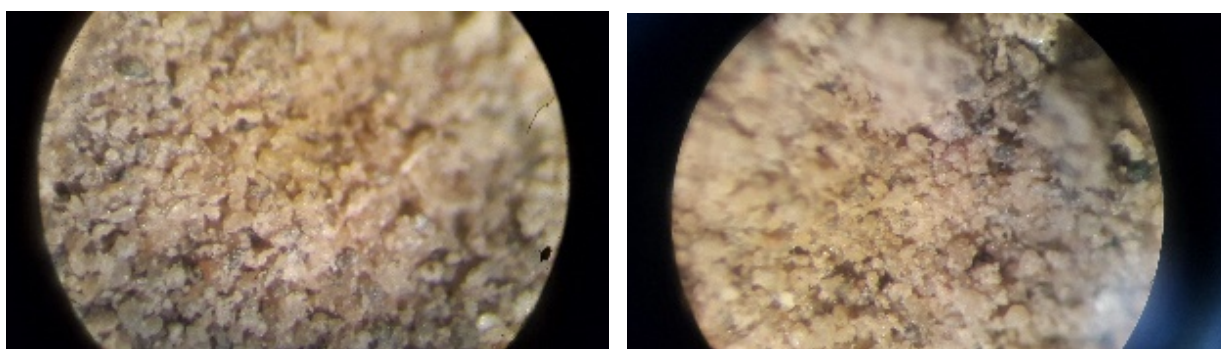


Рисунок 1.7 – Микрофотография лёсса Буденновска без макропор

На отсутствие макропор в типичных лёссах указывал в 1948 году Ю.М. Абелев [3, с. 16]: «В природе очень часто встречаются лёссы и лёссовидные суглинки, у которых макропористая структура не обнаруживается вовсе или выражена крайне слабо», а также А.А. Григорян [42, с. 5]: «В практике строительства встречаются просадочные грунты, не имеющие характерной макропористой структуры, однако склонные к значительным просадкам. Таковы, например, разновидности лёссов Вахиской долины в Средней Азии или просадочные пески».

5. ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация» состав глинистых, в том числе и лёссовых грунтов, характеризует песчаной фракцией 2-0,05 мм, влияние которой на свойства лёсса не установлено. Количество глинистой фракции в лёссах в этом нормативе не указано. По рекомендации Р.Э. Дашко [45] систематизацию глинистых грунтов следует проводить с учетом содержания глинистой фракции.

6. Грансостав лёссов сильно зависит от способа подготовки к анализу. ГОСТ 12536-2014 [38, п. 4.3.2.3, 4.3.2.4] требует *«навеску грунта кипятить с добавлением аммиака в течение 0,5-1 ч., а во избежание коагуляции в грунтовую суспензию в качестве стабилизатора добавить пирофосфорнокислый натрий»*.

Кипячение грунтовой суспензии с аммиаком начал применять в 1930-е г.г. В.В. Охотин. При этом методе не достигается предельная диспергация лёсса, которую рекомендовал академик Е.М. Сергеев для характеристики грансостава пород [124, с. 27]. Применение пирофосфата натрия для грананализа глинистых грунтов рекомендуют специалисты МГУ [73, с. 133; 87; 89; 99].

7. Специалисты МГУ [145, с. 6; 146, с. 22; 154] показали, что *«лёссы намного глинистее, чем предполагалось. Большое количество высокодисперсных частиц входит в состав водопрочных глинисто-карбонатных агрегатов или «рубашек» обломочных зерен. Агрегаты и «рубашки» повышают содержание пылеватых частиц, укрупняют их»*.

8. К лёссовым грунтам Буденновска не применима классификация В.В. Охотина [137, с. 205, табл. 7.2], в которой супесь (лёсс) содержит 3-10 % глинистых частиц, а суглинок – 10-30 % этих частиц. Аммиак слабо диспергирует лёсс и не дает полный выход глинистой фракции.

9. При грананализе открытым остается вопрос механического воздействия на пробу грунта (растирание или кипячение). В Приложении Б.1 дан грансостав при 3-х методах подготовки к анализу:

- растирание с пирофосфатом натрия;
- кипячение с пирофосфатом натрия по ГОСТ;
- размокание грунта в воде и стабилизация пирофосфатом по ГОСТ.

Установлено, что растирание с пирофосфатом дает больший выход глинистой фракции, чем кипячение и размокание с пирофосфатом. Размачивание лёсса без стабилизатора не дает выхода глинистой фракции, которая целиком остается законсервированной в водостойких агрегатах.

10. В изыскательских организациях Северного Кавказа грансостав глинистых грунтов определяют *ареометрическим методом* (ГОСТ 12536-2014), а при

научных исследованиях чаще применяют *пипеточный метод*. Для лёссов Буденновска оба метода дают близкие результаты (Приложение Е), расхождения укладываются в лабораторную ошибку анализов. Близость *ареометрического и пипеточного* методов для других грунтов подтверждают В.В. Дмитриев и Е.А. Зеленцова [53], а также английские исследователи [7, с. 61].

11. Открытым остается вопрос о размере глинистой фракции. Классификация СЭВ, Н.Я. Денисов [51, с. 14], И.М. Горькова [37], Л.Г. Балаев [18], Н.И. Кригер [65], В.П. Ананьев и В.И. Коробкин [9] приняли размер глинистой фракции $<0,005$ мм. ГОСТ 25100-2011, табл. Б.8 и Справочник геотехника [137, с. 48, табл. 2.2] приняли размер глинистой фракции $<0,002$ мм.

12. СП 11-105-97, часть III игнорирует содержание в лёссах т.н. «лёссовой» фракции (0,10-0,01 мм), которую использовал в качестве основной в своей классификации С.С. Морозов [93; 95]. Классификация С.С. Морозова приведена в классическом университетском учебнике «Грунтоведение» [143, с. 207]. Доминирование лёссовой и глинистой фракций объясняет тесную обратно линейную зависимость между ними с высоким коэффициентом корреляции (рис. 1.8) [31].

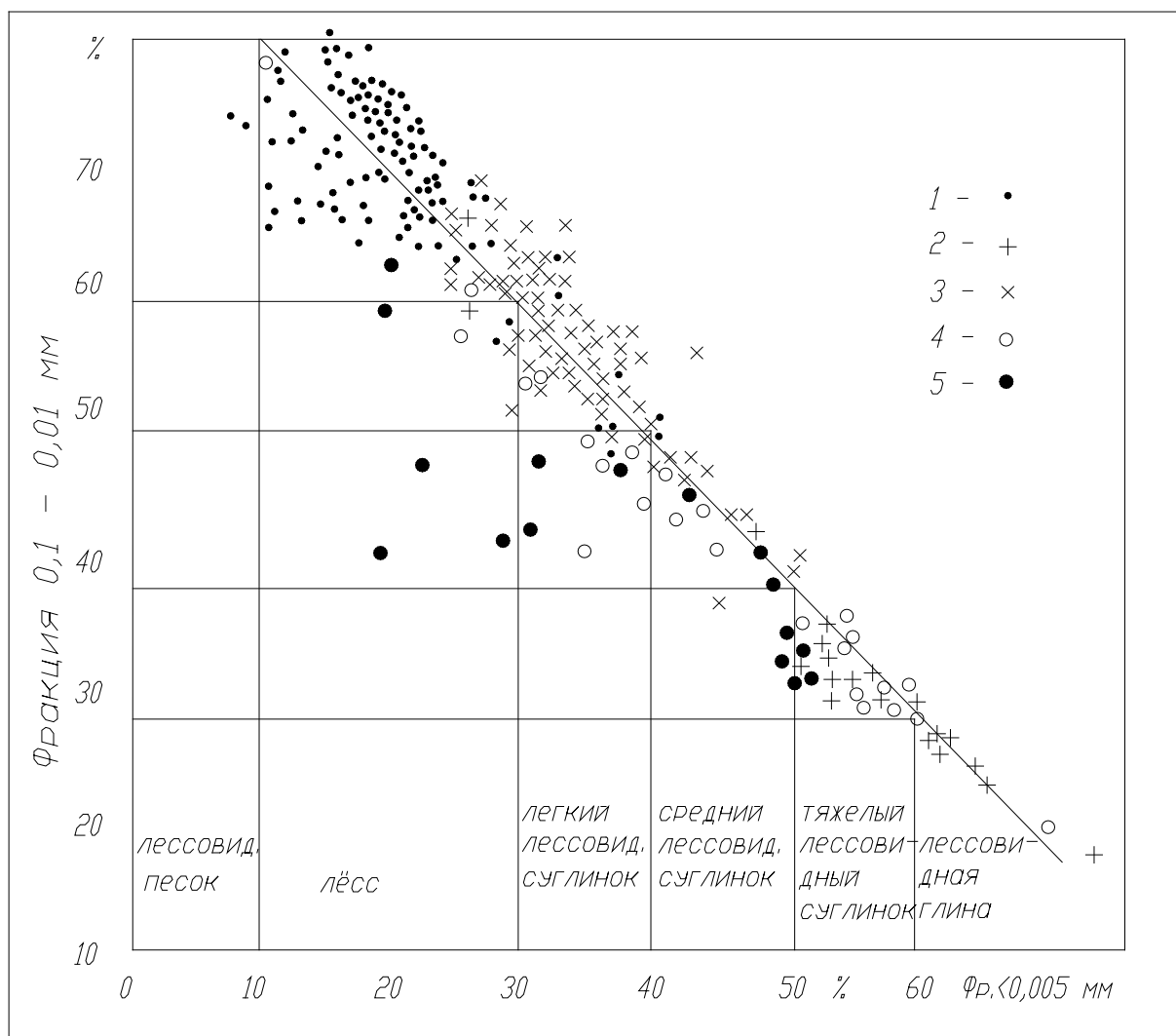


Рисунок 1.8 – Содержание лёссовой (0,1–0,01 мм) и глинистой (<0,005 мм) фракций в лёссах: 1 – Буденновск; 2 – Георгиевск; 3 – Ипатово; 4 – Кременчуг-Константиновское; 5 – Новопавловск.

С учетом содержания двух основных фракций были выделены основные разновидности лёссовых грунтов, указанные на рис. 1.8, и составлена их классификация (табл. 1.3). При составлении классификации учитывалось разделение фракций по размеру, которые принимали С.С. Морозов [94], Л.Г. Балаев [17], И.М. Горькова [37], Н.И. Кригер [65], а также показатели пластичности, зависящие от содержания глинистой фракции.

Таблица 1.3 – Классификация лёссовых грунтов Северо-Кавказского региона

Название породы	Содержание (%) фракций, размер в мм			Показатели пластичности, %	
	0,10 – 0,01	< 0,005	< 0,002	Число пластичности I_p	Граница текучести W_L
Лёссовидный песок	не нормируется	до 10	до 8	-	-
Лёсс	60-85	10-30	8-24	0-8	До 25
Легкий лёссовидный суглинок	50-60	30-40	24-32	8-10	25-28
Средний лёссовидный суглинок	38-50	40-50	32-40	10-13	28-32
Тяжелый лёссовидный суглинок	28-38	50-60	40-48	13-16	32-36
Лёссовидная глина	менее 28	более 60	более 48	более 16	более 36

В этой классификации:

- выделаны пылеватая 0,1-0,01 мм и глинистая <0,002 мм фракции, как это требует ГОСТ 25100-2011;

- даны показатели пластичности I_p и W_L , зависящие от содержания глинистой фракции и коррелятивно связанные между собой формулой:

$$I_p = 0,75W_L - 11,0 \quad (1),$$

которая близка к формуле Казагранде, приведенной в ГОСТ 25100-2011, Е.3.14:

$$I_p = 0,73W_L - 14,6 \quad (2).$$

Незначительное расхождение в формулах можно объяснить тем, что в России границу текучести определяют конусом, а в США – старым чашечным методом.

Для характеристики состава лёссовых грунтов, вслед за Н.Я. Денисовым [47, с. 183] и Ю.М. и М.Ю. Абелевыми [5, с. 23], была использована граница текучести. Академик Е.М. Сергеева [125, с. 230-231] указывает: «из всех показателей, характеризующих пластичность грунта, **граница текучести** наиболее тесно связана с гранулометрическим составом грунта...Зависимость между гранулометрическим составом и **границей раскатывания** не наблюдается».

1.12. Водостойкие агрегаты как структурные элементы лёссовых грунтов

В 1932 году С.С. Морозов [95] обратил внимание на агрегированность лёссовой фракции. Затем А.К. Ларионов [78] и И.М. Горькова [37, с. 79] установили, что внутри лёссовых агрегатов преобладают прочные, водостойкие кристаллизационно-конденсационные связи, а между агрегатами – неводостойкие коагуляционные связи. А.К. Ларионов [77, с. 117] обнаружил, что в лёссе песчано-пылеватые зерна покрыты коллоидно-дисперсными оболочками и пленками и *не контактируют между собой*.

Затем А.В. Минервин и Н.Н. Комиссарова [90; 92] изучили в электронном микроскопе строение лёссовых агрегатов и установили, что их ядро (*«глобула»*) представлено кварцем, полевыми шпатами и другими минералами. На поверхности глобул обнаружен аморфный кремнезем, покрытый прерывистой оболочкой кальцита и глинистой *«рубашкой»*.

Агрегированность лёссовых грунтов обычно оценивают по содержанию микроагрегатов, игнорируя содержание макроагрегатов крупнее 0,05 мм. Следуя рекомендациям А.К. Ларионова [76; 77; 78], В.Т. Трофимова и др. [146, с. 21], были изучены водостойкие агрегаты (*«макроагрегаты»*) крупнее 0,05 мм, которые стабилизируют структуру грунта. В горизонтах с высокой агрегативностью будет длительная послепросадочная деформация суффозионно-пластического характера.

Для количественного определения агрегатов навеску 15 г высушенного лёсса замачивали 2 часа водой. Затем суспензию лёсса переносили на сито 0,05 мм, которое опускали в эксикатор с водой для удаления частиц менее 0,05 мм. Остаток на сите (зерна и агрегаты крупнее 0,05 мм) сушили и взвешивали. Эту фракцию замачивали и растирали в чашке с водой и снова пропускали в воде для удаления частиц менее 0,05 мм. На сите оставались зерна крупнее 0,05 мм.

По этой простой методике лаборант за один день мог выполнить 40-50 анализов.

Содержание макроагрегатов в породе А % рассчитывали по формуле:

$$A\% = \frac{P_{a+z} - P_z}{15} * 100\% \quad (3), \text{ где}$$

P_{a+z} – вес фракции (агрегаты + зерна) >0,05 мм, P_z – вес зерен >0,05 мм.

По количеству макроагрегатов лёссовые грунты были разделены на 3 класса: 1) малоагрегированные – А до 20 %, 2) среднеагрегированные – А = 20 - 40 %, 3) сильноагрегированные – А более 40 %.

Анализ распределения макроагрегатов по глубине лёссовых разрезов, совместно с их литологическим описанием, дает возможность более обоснованно расчленить лёссовый разрез и наметить точки отбора образцов для детальных лабораторных исследований.

Химико-минералогический состав водостойких агрегатов был изучен под бинокулярным микроскопом МБС-2. В лёссах Буденновска доминируют зернисто-глинистые макроагрегаты с переменным цементом. В середине лёссовых горизонтов преобладает смешанный цемент (кремнезем с карбонатами и реже с гипсом), под ископаемыми почвами цемент глинисто-железистый гумусированный, а над ними – глинистый, с карбонатами и гумусом. Кроме этого в лёссах встречаются полуагрегаты (в валдайской части разреза) и более мелкие глинистые и карбонатно-глинистые агрегаты с включениями гумуса.

Ископаемые почвы в лёссовой толще Буденновска имеют зернисто-глинистые агрегаты, гумусно-железистые и карбонатно-глинистые агрегаты.

Определение макроагрегатов по опорной (48 м) скважине очистных сооружений Буденновска (табл. 1.4) показало, что горизонты лёсса имеют А <10 %, а слабо выраженные ископаемые А >10 %.

Таблица 1.4 – Содержание макроагрегатов в лёссовой толще очистных сооружений

Глубина, м	3,0	6,0	9,0	12,0	16,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	37,5	40,0	43,0	46,0	48,0
А, %	8,5	2,9	3,9	3,0	10,3	5,6	4,9	6,2	15,1	4,3	25,7	10,2	10,9	19,4	15,3

1.13. Пористость и дифференциальная пористость лёссов Буденновска

Структурные деформации зависят не только от прочности и водопрочности связей между частицами, но также и от соотношения размеров частиц и пор [48; 51, с. 42]. Поры в лёссовых грунтах различны по размерам, морфологии и происхождению. Суммарный объем пор, или общая пористость, не дает представление о поровом пространстве и не характеризует процесс деформации дисперсных грунтов [79].

В.Н. Соколов [130], длительное время занимающийся электронной микроскопией лёссов, выделил *«наиболее важные в структуре лёссовых пород межагрегатные и межзерновые микропоры»*. Электронномикроскопические исследования показывают, что подобные **макропоры** составляют основную часть порового пространства и относятся к категории так называемой **активной пористости**, которая и определяет величину просадочной деформации породы. Подчиненную роль в поровом пространстве играют более мелкие **внутриагрегатные микропоры** размером менее 0,008 мм».

Количество пор разного размера, или дифференциальную пористость, в лёссовых грунтах Буденновска изучали при помощи капилляриметра [78, с. 116-118] и методом «эталонного тела», применяемого в теории тепломассообмена. По предложению А.В. Лыкова [51, с. 189; 82] в качестве эталонного тела использовали фильтровальную бумагу [83, с. 328].

Применение порометрии позволило разделить общую пористость на виды: **макропористость** – объем пор крупнее 0,05 мм, **мезопористость** – размером 0,05-0,005 мм, **микропористость** – размером менее 0,005 мм. В лёссах Буденновска макропористость составляет от 0 до 10-12 % от объема породы или от 0 до 20-25 % объема всех пор. Мезопоры в объеме породы составляют от 0 до 20 %, или от 0 до 46 % в общей пористости. Содержание микропор (<0,005мм) изменяется от 15 до 30 % в объеме породы или от 37 до 100 в общей пористости грунта.

Установлено, что распределение по глубине разреза крупных пор весьма хорошо согласуется с изменением просадочности, которая проявляется до глубины 58 м. В сильнопросадочной части разреза объем макропор в породе достигает 10 - 12 %, а в ископаемой почве микулинского возраста (в интервале 31,25-33,50 м) наблюдается пережим графика макропористости и просадочности, количество макропор снижается до 2,6 %. Под одинцовской почвой (с глубины 58 м) в породе полностью исчезают не только макропоры, но и промежуточные мезопоры, вся пористость грунта здесь приходится на микропоры (25 - 30 %).

1.14. Структурные связи в лёссовых грунтах г. Буденновска

М.М. Филатов [150], Н.Я. Денисов [50], И.В. Попов и Л.К. Танкаева [106], Л.Г. Балаев и П.В. Царев [18], А.В. Минервин и др. [91], А.В. Минервин и Н.Н. Комиссарова [90], В.А. Королёв и О.Н. Еремина [62], В.И. Осипов и В.Н. Соколов [98; 100; 101, с. 100; 103], В.Т. Трофимов [142], В.Н. Соколов [130], И.Ю. Григорьева [41] и др. показали, что структурные связи в лёссах имеют весьма разнообразную природу, их прочность зависят от химической природы цементирующих веществ. В лёссах одновременно существует несколько видов контактов.

Лёссовые грунты относят к переходным структурам [100; 101, с. 100] с переходным типом контактов, образованных гидратированными обменными катионами. Во влажном лёссовом грунте преобладают коагуляционные связи, а при высыхании между частицами возникают цементационные связи. Структурные связи обладают обратимостью, переменностью и переходностью.

В просадочном лёссе доминируют кристаллизационные связи, которые не восстанавливаются после разрушения. Коагуляционные связи преобладают в

водонасыщенном лёссе с нарушенной структурой, который приближается к «модели грунтовой массы», предложенной К. Терцаги в 1925 году в теории гравитационно-фильтрационной консолидации грунтовых толщ [140]. К этой модели близок лёссовый массив после гидровзрывного уплотнения.

Структурные связи в лёссах Буденновска оценивались пенетрацией конусом естественных и замоченных образцов и их паст.

Просадочный лёсс можно отнести к очень прочным грунтам, так как его сопротивление пенетрации $R > 0,2$ МПа [119]. После замачивания лёсс становится среднепрочным ($R = 0,05-0,1$ МПа) или очень слабым грунтом с $R < 0,05$ МПа, прочность которого снижается до 100-300 раз. Лёсс является весьма чувствительным и структурно-неустойчивым грунтом, близким к норвежским плейстоценовым глинам с коэффициентом снижения прочности до 500 раз [51, с. 34; 155].

Пенетрацией конусом различно увлажненных образцов установлено *логарифмическое* падение прочности при повышении влажности от твердого до текучего состояния.

1.15. Физические и физико-механические характеристики лёссовых грунтов г. Буденновска

Физические характеристики лёсса (влажность, плотность и консистенция) определяют его физико-механические и просадочные свойства.

Естественная влажность имеет различную динамику по глубине разреза:

- до глубины 1,0-1,5 м происходят сезонные изменения влажности [51, с. 106]:

- ниже просадочный слой имеет постоянную влажность менее границы раскатывания,
- постоянная зона капиллярного увлажнения, расположенная над уровнем грунтовых вод,
- ниже находится горизонт полного водонасыщения.

Плотность сухого лёсса определяет его просадочность: при $\rho_d > 1,60$ т/м³ лёсс становится непросадочным, а при $\rho_d > 1,70$ т/м³ – водонепроницаемым [107, п. 3.104].

Плотность частиц лёсса ρ_s в изыскательских отчетах указывают обычно равной 2,68-2,70 г/см³ по Пособию [107, табл. 9], что соответствует данным Н.Я. Денисова [51, с. 115-119].

Показатель текучести (консистенция) лёсса изменяется от твердого состояния в просадочных лёссах, до текучего состояния – в обводненных лёссах. Лёссовая толща Буденновска отличается литологическим однообразием: число пластичности варьирует в узких пределах, а его среднее значение составляет **$I_p = 7,0$ %**, т.е. является границей между супесью и суглинком. Специалисты ПНИИИСа [24] считают супеси сложными грунтами, занимающими промежуточное положение между песками и суглинками: в твердом состоянии супеси близки по свойствам к пескам с высоким модулем деформации, а при показателе текучести $I_L = 0,8 - 1,0$ они превращаются в слабые грунты ($E=2-3$ МПа). По сравнению с обычными супесями, просадочный лёсс является более сложным специфическим грунтом.

1.15.1. Деформационные характеристики лёссовых грунтов

Модуль деформации. Справочник геотехника [104] и Пособие [107] рекомендуют определять модуль деформации испытанием статическими

нагрузками или статическим зондированием, при этом указывают, что *в лабораторных условиях значение модуля деформации получаются заниженным в 2...6 раз. «Достоверным считается значение модуля деформации, найденное из испытаний штампами площадью 5000 и 10 000 см²»* [104, с. 62]. Штамп площадью 5000 см² был рекомендован в Технических условиях 1939 года [109].

В.П. Ананьев и Е.А. Дуве [10] установили «значения корректировочных коэффициентов от 1,5 до 2,9 в зависимости от литологических типов лёссовых грунтов. Для средних и тяжелых лёссовидных суглинков при естественной влажности 15-17 % этот коэффициент составляет **1,5**».

Б.И. Далматов [44] и А.В. Васильев [20] заставляют усомниться в надежности повышающего коэффициента m_k . По их представлениям в слабых глинистых грунтах компрессионный и штамповый модули деформации оказались близкими. Б.И. Далматов установил: 1) при осадке штампов на слабых глинистых грунтах сжимается преимущественно слой толщиной, равный радиусу штампа, 2) *модуль деформации этого слоя оказался равным компрессионному модулю деформации*, 3) зависимость осадки от нагрузки на обводненных глинистых грунтах нелинейная, при возрастании нагрузки наблюдается резкое возрастание деформаций, а точка перелома соответствует т.н. структурной прочности грунта $R_{стр}$.

В условиях Буденновска штамповые испытания лёссов провели немногие организации (табл. 1.5). По их данным, компрессионный модуль естественных лёссов изменяется в пределах 5,8-10,3 МПа, штамповый модуль деформации – в пределах 4,8-15,9 МПа, а коэффициент m_k изменяется в пределах **0,72-2,2**, что намного меньше значений, рекомендуемых СП 22.13330.2016, табл. 5.1 для непросадочных грунтов. Использование нормативного m_k , как это часто делают изыскатели, может привести к необоснованному завышению модуля деформации при расчете осадки зданий и сооружений в г. Буденновске.

Таблица 1.5 – Модуль деформации лёссовых грунтов г. Буденновска по данным различных организаций

Наименование грунтов	Организация	Модуль деформации, Е, МПа		Сопоставительный коэффициент, m_k	Среднее значение m_k
		Испытания штампом	Испытания компрес.		
Супесь просадочная	СтавропольТИСИЗ	14,0	8,7	1,6	1,4
		11,0	7,8	1,4	
		12,0	9,9	1,2	
Просадочные и замоченные лёссы	Фундаментпроект	Промплощадка ООО «Ставролен»			1,7
Суглинок просадочный	Гипрокаучук	12,2	10,2	1,2	1,2
		12,6	7,0	1,8	
		15,9	11,4	1,4	
		4,8	5,3	0,9	
		7,1	5,9	1,2	
Суглинок полутвёрдый	Гипрокаучук	12,7	5,7	2,2	2,0
		12,1	7,3	1,7	
Супесь твёрдая просадочная	Лукойл – Нижегородниинептепроект	13,4*	10,3	1,3	1,5
		8,8*	5,8	1,5	
		13,55*	7,43	1,8	
Супесь твердая просадочная	Лукойл – Нижегородниинептепроект	12,4	11,9	1,04	1,04
Суглинок твердый просадочная		9,3	12,9	0,72	0,72
Суглинок полутвердый просадочная		12,4	13,8	0,90	0,90

Примечание: Цифры со звездочкой получены при трехосном сжатии, которое считается равноценным испытанию штампами.

В табл. 1.6 приведены модули деформации для грунтов на площадке Газоперерабатывающего завода, из которой следует, компрессионный модуль деформации близок к штамповому и трехосному сжатию, а самым ненадежным для просадочных лёссов будет модуль по «нормативным» таблицам СП.

Таблица 1.6 – Модули деформации (МПа) лёссов на площадке строительства Газоперерабатывающего завода

ИГЭ	Е _к	Е т.с.ж.	Е штамп	Е по СП	Е с.з.	m _к
ИГЭ-3 супесь твёрдая просадочная	11,9	-	12,4	8,0	-	1,04
ИГЭ-3а супесь пластичная непросадочная	17,3	18,1	-	17,0	-	1,05
ИГЭ-3б супесь твёрдая непросадочная	17,6	14,9	-	12,0	-	0,85
ИГЭ-3в супесь твёрдая просадочная	10,3	10,4	-	7,0	-	1,00
ИГЭ-4 суглинок твёрдый просадочный	12,9	-	9,3	16,0	36	0,72
ИГЭ-5 суглинок полутвердый непросадочный	13,8	-	12,4	17,0	34	0,90
ИГЭ-6 суглинок мягкопластичный непросадочный	18,0	-	-	17,0	9,1	-

Близкие значения m_k получены по данным трехосного сжатия и компрессии образцов при изысканиях для Газоперерабатывающего завода (табл. 1.7).

Таблица 1.7 – Модули деформации лёсса по трехосному сжатию и компрессионным испытаниям

ИГЭ	№№ Скважины	Глубина отбора, м	Модуль деформации Е, МПа		Среднее значение m _к
			По результатам испытаний трёхосным сжатием	По результатам компрессионных испытаний	
ИГЭШа (Супесь пластичная, пылеватая)	101	2,0	21,3	10,0	1,8
	104	7,0	21,6	11,7	
	121	9,0	15,1	8,8	
	123	2,0	9,1	6,4	
	141	6,0	21,0	10,0	
	141	8,0	20,3	11,7	
ИГЭШб (Супесь твёрдая, пылеватая, непросадочная)	104	10,0	18,0	14,0	1,3
	109	14,0	11,5	10,0	
	117	2,0	11,5	10,0	
	117	6,0	10,5	10,0	

Продолжение таблицы 1.7

	141	10,0	19,9	14,0	
	141	12,0	17,8	12,0	
ИГЭШв (Супесь твердая, пылеватая, просадочная)	109	12,0	10,7	8,8	1,3
	135	2,0	8,4	7,8	
	135	4,0	9,3	7,0	
	144	4,0	13,2	8,8	
	151	2,0	11,9	7,0	
	151	4,0	8,7	7,8	

Анализ этих данных показал трудности определения фактического модуля деформации лёсса Буденновска, большой разброс значений корректирующего коэффициента m_k и, что очень важно, его низкое значение (**0,72-2,0**).

Компрессионные испытания, несмотря на присущие недостатки, остаются основным методом определения деформационных свойств лёссовых грунтов.

На основе обработки более 400 паспортов составлена табл. 1.8 для предварительной оценки *компрессионного* модуля деформации *замоченных* лёссовых грунтов г. Буденновска. Переходный коэффициент принят $m_k = 1,0$, что согласуется с данными Ю.М. и М.Ю. Абелевых (1979, с. 28), Б.И. Далматова и др. (1984) и А.В. Васильева (1986), которые для слабых грунтов установили равенство компрессионного и штампового модулей деформации. Интервалы значений пористости и влажности установлены, исходя из лабораторных ошибок их определения.

Таблица 1.8 Нормативные значения компрессионного модуля деформации (Ек, МПа) замоченных лёссовых грунтов г. Буденновска

W _L , %	I _p , %	Коэффициент пористости e, д.е.				
		0,56-0,64	0,64-0,72	0,72-0,82	0,82-0,92	0,92-1,04
20-24	1-7	8,9	6,1	4,2	2,9	1,9
24-28	7-12	10,4	7,1	4,7	3,2	2,1

На площадке Газоперерабатывающего завода испытание штампом 5000 см² дало модуль деформации сухого лёсса E=28,9 МПа, а в замоченном состоянии E=3,6 МПа, т.е. произошло *снижение модуля деформации в 8,0 раз*.

1.15.2. Прочностные характеристики лёссовых грунтов г. Буденновска

В настоящее время проектирование сооружений на лёссовых грунтах ведется с учетом возможного обводнения оснований. Поэтому испытания на сдвиг с маловлажным лёссом не представляет интереса. В таблице 1.11 приведены значения прочностных характеристик лёссовых грунтов Буденновска при влажности выше границы раскатывания по схеме консолидированно-дренированного сдвига.

Из табл. 1.9 видно, что с увеличением плотности грунта сцепление увеличивается в 2-3 раза, при этом угол внутреннего трения изменяется мало (22-26 градусов).

Таблица 1.9 – Прочностные характеристики лёссов Буденновска по их физическим характеристикам

W _L , %	W, %	Коэффициент пористости e, д.е.							
		0,64-0,72		0,72-0,82		0,82-0,92		0,92-1,04	
		C, кПа	φ, град	C, кПа	φ, град	C, кПа	φ, град	C, кПа	φ, град
20-24	18-21	26	26	15	25	10	24	8	23
	21-24	17	24	10	23	8	22	6	20
24-28	18-21	26	27	18	26	13	25	10	24
	21-24	16	25	13	24	10	23	9	22

Советские и американские исследователи на различных грунтах доказали совпадение прочностных характеристик, полученных на срезном приборе и стабилометре. Поэтому надо согласиться с Н.Я. Денисовым, что «с появлением стабилометров срезные приборы не должны быть исключены из употребления... Срезные приборы проще по своей конструкции и более удобны в работе, чем стабилометры» [51, с. 266].

1.16. Просадочность лёссовых грунтов г. Буденновска

При оценке просадочности лёссовых грунтов большое значение имеет отбор монолитов ненарушенного сложения [51, с. 87, 193]. В 70-е годы Фундаментпроект, ПНИИИС и ЦТИСИЗ установили, что «ударный, виброударный и колонковый способы уплотняют грунт на расстоянии до 24 см, а вибрационный способ уплотняет грунт на $0,02 \text{ г/см}^3$ » [21; 56].

СевКавПНИИИС установил, что при отборе грунтоносом пористость просадочного лёсса (49 % в шурфе) уменьшается до 45 % и, соответственно, на 4 % снижается просадочность. А.В. Савинов [121] указывает, что *«при отборе монолитов стандартным грунтоносом происходит уплотнение, аналогичное обжатию в компрессионном приборе 0,15-0,25 МПа, что приводит к ошибкам при оценке физико-механических характеристик грунта и его просадочности»*. На уплотнение грунта при отборе монолитов обратили внимание А.А. Дорджиев, Г.М. Скибин, А.Г. Дорджиев [54], изучавшие лёссовые грунты г. Элисты.

А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский и др. [19] показали, что грунтоносы с малым диаметром (108-127 мм) дают более высокую плотность грунта, а грунтонос диаметром 146 мм практически не уплотняет грунт.

Предложенный РостовДонТИСИЗом отбор монолитов одноударным способом при помощи грунтоноса диаметром 127 мм также уплотняет грунт, снижает его просадочность в среднем на 2 %. Возможно, такой отбор монолитов стал причиной недостоверной оценки просадочности и аварийных деформаций завода «Атоммаш» в г. Волгодонске.

Ю.М. Абелев и М.Ю. Абелев [5, с. 17] рекомендовали: «Образцы грунтов для лабораторных исследований целесообразно брать из шурфов. Если образцы отбирают из геотехнических скважин, необходимо применять тонкостенные грунтоносы, которые задавливаются в грунт при отборе. *Не следует использовать вибрационный и ударный способы для погружения грунтоноса.* Как показала

практика, при ударном погружении грунтоноса образец отбираемого грунта уплотняется, в результате чего резко меняются свойства изучаемых лёссовых грунтов. Известны аварии сооружений, построенных на макропористых лёссовых грунтах в Набережных Челнах, Братске, Барнауле и других городах, где основной их причиной явился неправильный выбор метода погружения грунтоноса для отбора образцов. При забивке грунтоноса грунты уплотнялись и становились непросадочными, что показали исследования образцов в лаборатории».

В.Т. Трофимов и др. [97; 146, с. 50] также считают, что: «Отбор керна ударными грунтоносами не допускается».

После аварийных деформаций Атоммаша Научный Совет АН СССР по инженерной геологии особое внимание уделил отбору монолитов из опорных лёссовых разрезов СССР. Научный руководитель исследований опорных разрезов В.Т. Трофимов [144, с. 274-275] отмечает: *«Важнейшее значение при изучении просадочности имеет отбор монолитов. Монолиты грунтов из технических скважин допускается отбирать только тонкостенными или обуривающими грунтоносами, обеспечивающими сохранение природной структуры и плотности грунта»*.

Справочник геотехника [137, с. 466] также рекомендует отбор монолитов *только тонкостенными или обуривающими грунтоносами*.

В настоящее время отбор ненарушенных монолитов из просадочных и обводненных лёссовых грунтов остается актуальной и нерешенной проблемой, которая, по данным В.М. Улицкого и А.Г. Шашкина [148, с. 69 и 144], присуща для всех водонасыщенных супесей и пылеватых песков и *«существенно сказывается на достоверности определений их физико-механических свойств»*.

При лабораторной оценке просадочности в компрессионных приборах методы одной и двух кривых дают близкие результаты [5, с. 30; 35; 42, с. 7; 51, с. 197].

Справочник геотехника [137, с. 468] указывает, что *«относительная просадочность грунтов ε_{sl} зависит от давления на грунт p , плотности сухого грунта ρ_d , природной влажности W , числа пластичности I_p »*. Последний показатель, характеризующий литологию грунта, проигнорирован в нормативной

таблице СП 11-105-97 [131] и Справочнике геотехника [137, с. 469, табл. 9.6], рекомендуемой «для разработки проекта сооружений I и II уровня ответственности, а также для сооружений II уровня ответственности», то есть предполагается, что литологический состав грунта не влияет на просадочность.

СП 11-105-97 занижает просадочность лёссов Буденновска и часто относит лёсс Буденновска к слабопросадочным и среднепросадочным грунтам ($\varepsilon_{sl} < 0,07$). Вместо таблицы СП для практической оценки просадочности лёссовых грунтов г. Буденновска и Северного Кавказа рекомендуются графики (рис. 1.9), полученные в результате статистической обработки более 5000 паспортов грунта. В качестве факторов, определяющих просадочность при различных давлениях, были использованы: граница текучести (как более точный показатель состава грунта, чем число пластичности) [73, с. 272], влажность и пористость (как характеристики состояния грунта). Многофакторная оценка просадочности по таким графикам с учетом состава лёссовых грунтов дает результаты, близкие к полученным стандартными лабораторными методами.

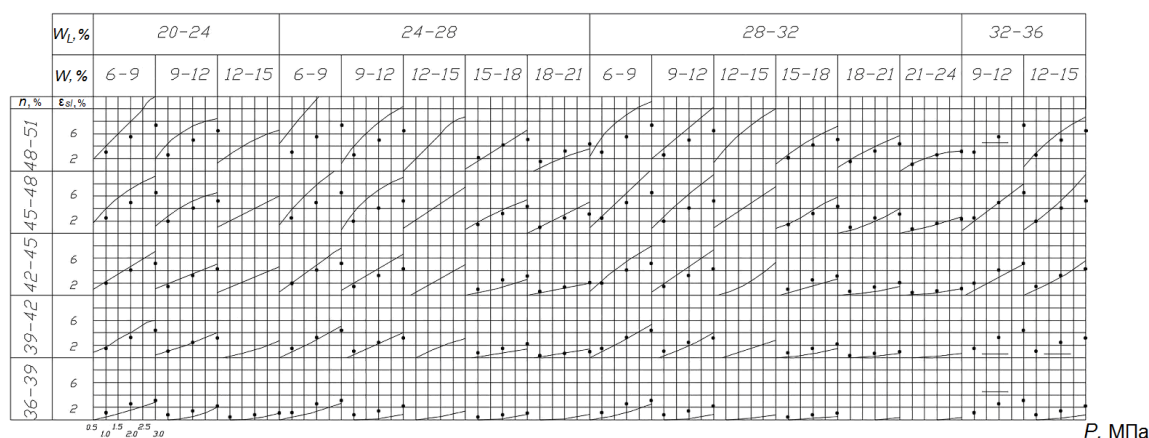


Рисунок 1.9 – Графики для оценки просадочности лёссовых грунтов Северного Кавказа. Обозначения: W – влажность грунта; W_L – влажность на границе текучести; n – пористость; ε_{sl} – относительная просадочность; P – давление; точками указаны данные по таблице Б1 приложения Б части III СП 11-105-97.

ГОСТ 25100-2011 и Справочник геотехника [137, с. 469] классифицируют просадочные грунты при давлении $P=0,3$ МПа. Непросадочные грунты имеют

относительную просадочность менее 0,01, условно просадочные – 0,01-0,015, слабопросадочные – 0,01-0,03, среднепросадочные – 0,03-0,07, сильнопросадочные – 0,07-0,12, чрезвычайно просадочные – более 0,12. По этой классификации лёссы Буденновска в основной своей массе являются сильно- и чрезвычайно просадочными, что объясняется их высокой пористостью, низкой влажностью, пылеватым составом и неводостойкими структурными связями.

Классификация просадочных лёссовых грунтов по их плотности и степени влажности дана в работах В.И. Крутова [67] и В.Т. Трофимова [142, с. 16]. В этой классификации грунты со степенью влажности более 0,7 считаются непросадочными. Лабораторные испытания просадочности в компрессионных приборах являются кратковременными и занижают просадочность при длительном замачивании лёссовых грунтов. По данным Севкавгипроводхоза [151], *«фактическая деформация на оросительных системах в ряде случаев превышала данные прогноза на 40-60 % и более»*.

1.17. Выводы по главе 1

1. На территории Буденновска лёссовые грунты имеют сплошное распространение; от других районов России они отличаются исключительно большой мощностью (до 100-120 м), мощностью просадочной толщи (до 55 м) и величиной просадки от собственного веса (до 2,5 м); выступают как важный градостроительный фактор, влияющий на новое строительство и реконструкцию существующей застройки крупного промышленного центра Ставропольского края.

2. Показаны недостатки действующих нормативов. При определении грансостава, вместо кипячения с аммиаком (ГОСТ 12536-2914), рекомендуется растирание с пирофосфатом натрия, обеспечивающее лучшую диспергацию грунта.

Состав лёссов Буденновска не соответствуют критериям СП 11-105-97, часть III: в лёссе пылеватая фракция $0,05-0,005$ мм не превышает 50%, а глинистая фракция (менее $0,005$ мм), как правило, превышает 10-15%. Влияние фракции $2-0,05$ мм на свойства лёсса не установлено. Доминирование двух фракций (лёссовой $0,1-0,01$ мм и глинистой менее $0,005$ мм) позволило обосновать классификацию лёссовых пород по грансоставу и пластичности. Вопреки СП 11-105-97, лёсс Буденновска обычно не имеет характерных макропор или имеет мелкие, единичные, слабо выраженные макропоры. В структуре лёсса большое значение имеют макроагрегаты и крупная межчастичная пористость более $0,05$ мм. Просадочный лёсс после замачивания и разрушения структуры снижает прочность от 8-10 до 100-300 раз, т.е. лёсс является весьма чувствительным и структурно-неустойчивым грунтом.

3. На основе анализа многочисленных данных составлена таблица для оценки модуля деформации замоченных лёссов г. Буденновска по характеристикам их состава и состояния, в которой корректирующий коэффициент m_k принят равным 1,0.

4. Составлена таблица определения прочностных характеристик лёссов Буденновска по их физическим характеристикам.

5. Взамен нормативной таблицы СП 11-105-97, часть III, Б1, не учитывающей литологию и занижающей просадочность лёсса, рекомендованы графики для оценки просадочности при различных значениях состава, влажности, пористости и давления.

ГЛАВА 2. АВАРИЙНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ПОСТРОЕННЫХ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ г. БУДЕННОВСКА

2.1. Деформации жилых домов

Ведущие специалисты НИИ оснований В.И. Крутов, Е.А. Сорочан, В.А. Ковалев [72, с. 8] сообщают, что *«Большая часть аварийных ситуаций, недопустимых повреждений и деформаций в зданиях и сооружениях возникает вследствие различных ошибок, допускаемых при проектировании и устройстве оснований фундаментов и подземных сооружений, в частности, в особых грунтовых условиях. Например, широко известны деформации и разрушения многочисленных жилых, промышленных, гражданских зданий на просадочных грунтах в гг. Волгодонске, Никополе, Херсоне, Одессе и многих других. Из-за недостаточно детального исследования просадочности грунтов при проведении инженерно-геологических изысканий, неполного учета влияния просадок грунтов на конструкции, в том числе на сваи при проектировании, нарушения требований проектов и нормативных документов при производстве работ, несоблюдения правил эксплуатации неравномерные просадки грунтов в основаниях приводили вначале к появлению трещин в зданиях и сооружениях, затем к разрушению отдельных элементов, после чего нередко наступало предаварийное состояние с временным прекращением их эксплуатации. При этом суммарные затраты на восстановление нормальной эксплуатации деформировавшихся зданий и сооружений обычно составляют 20-60 % от стоимости строительно-монтажных работ».*

В.И. Крутов [68] отмечает, что *«стоимость строительства на грунтах с I типом по просадочности повышается на 5-10 %, II типом на 10...30 %, а по*

Волгодонску в случае применения буронабивных свай – до 50 %. При этом стоимость ремонтно-восстановительных работ по зданиям детской больницы, школы, детсаду в Волгодонске после возникших в них недопустимых деформаций составила 19...38 % проектной».

Авторитетные ученые НИИ оснований среди причин аварийных ситуаций на первое место поставили ошибки изыскателей. С этим утверждением можно поспорить. В большинстве случаев изыскатели не нарушали строительные нормы и четко выполняли техническое задание заказчиков и рекомендации проектировщиков и науки. Основной причиной аварийных ситуаций следует считать слабую научную разработанность проектно-изыскательских нормативов и недостаточный авторский контроль при подготовке оснований и фундаментов в сложных грунтовых условиях.

Первое сообщение об аварийных объектах в г. Буденновске прозвучало на Всесоюзной конференции в Киеве в 1974 году [32]. В 1970-е годы основными причинами деформаций зданий были утечки воды из водонесущих коммуникаций и замачивание грунтов атмосферно-ливневыми водами через неуплотненную обратную засыпку пазух фундаментов. Жилые дома спасали усилением стен металлическими обоймами и поясами. Попытки укрепить просадочные лёссы *силикатизацией* под руководством Ростовского Промстройинипроекта не имели успеха после неудачного применения этого метода в г.г. Буденновске и Георгиевске.

В 1975 году Фундаментпроект предложил опробовать и внедрить *обжиг*, который также не получил поддержку со стороны строителей.

После 1993 года для укрепления просадочных оснований при новом строительстве и восстановлении аварийных зданий стали широко применять буронабивные грунтовые сваи, изготовленные шнековым способом [33]. Грунтовыми сваями были укреплены основания многих 5-этажных аварийных домов, построенных в 60-70-е годы на ленточных фундаментах без укрепления просадочных грунтов. После устройства по периметру зданий *«стены в грунте»* в виде грунтовых свай их деформации сразу прекращались. Укрепление оснований

происходило без выселения жильцов, и все дома в течение многих лет эксплуатируются без осложнений. Большинство деформированных жилых домов и общественных зданий находится в центральной части Буденновска, где просадочная толща составляет 25-30 м.

Жилые дома по ул. П. Лумумбы, 189 и 205, ул. Буровой, №№ 198 и 200, ул. Дзержинского, 196, ул. Октябрьской, 69 и 85, переулку Новый, 1 и 5 имели сквозные трещины до 10-30 мм и даже до 80 мм. Вблизи некоторых домов образовались просадочные блюдца, которое засыпали щебнем, чем ускорили замачивание просадочных грунтов и развитие просадочных деформаций.

Жилой 60-квартирный дом № 9 в 262 квартале, после посещения Буденновска президентом Б.Н. Ельциным в 1996 году, заселили жертвы Буденновской трагедии (вдовы погибших милиционеров и др.). В доме сразу после вселения жильцов появились трещины. Деформации дома удалось временно остановить ремонтом канализационного коллектора, локальным усилением конструкций и водоотводом ливневых осадков.

Общежитие по ул. Льва Толстого, 16, построенное в 1970 году, в 1973 году стало предаварийным, с трещинами в наружных стенах до 15 мм. После смещения панелей выселили жильцов с верхних этажей. В 2016 году трещины расширились до 30 мм. Грунты укрепили грунтовыми сваями (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Общежитие по ул. Л. Толстого, 16 и укрепление его основания грунтовыми сваями.

2.2. Деформации общественных зданий

Школы №№ 1, 4, 5 и 6, построенные в начале 70-х гг., имели трещины до 30 мм из-за замачивания оснований атмосферными осадками через обратную засыпку или после утечки воды на участке пищеблоков. Основания фундаментов зданий укрепили грунтовыми сваями без усиления конструкций.

Дом детского творчества, построенный на центральной площади в довоенное время, в 1995 году сожгли террористы. В 2006 году в здании появились трещины шириной до 5 мм, грунты основания на отдельном участке закрепили грунтовыми сваями. В 2018 году на незакрепленной части здания появились трещины (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Памятник архитектуры – Дом детского творчества и его деформации

Дом культуры, построенный в 1934-35 гг. в центре города, в 2005 году испытал деформации с раскрытием трещин до 20 мм во всех наружных и внутренних стенах. Грунты закрепили грунтовыми сваями.

Широкоформатный кинотеатр на 800 мест в центре Буденновска строили более 10-ти лет. В 1980 году его деформации попытались остановить силикатизацией грунтов, но ограничились водозащитными мероприятиями.

Баня, построенная в центре города, испытала деформации, которые остановили укреплением основания грунтовыми сваями.

Расчетно-кассовый центр Центрального Банка РФ в 1993 году был признан аварийным: в стенах, столбах и перекрытиях здания появились трещины, разошлись панели перекрытия, разрушился несущий столб в подвальном помещении. Для спасения здания было выполнено: уплотнение основания наружных фундаментов по периметру здания на глубину 10 м грунтовыми сваями; усиление несущих столбов металлическими обоймами; вертикальная планировка для отвода атмосферных вод от здания; ремонт всех водонесущих коммуникаций.

Эти относительно недорогие мероприятия обеспечили дальнейшую безаварийную эксплуатацию здания.

Здание медучилища на центральной площади является «памятником истории и культуры регионального значения» («Дом нотариуса Соколова, 1912 год»). Во время боевых действий в июне 1995 года здание получило повреждения. Укрепление основания выполнили грунтовыми сваями на наиболее опасном участке. Осмотр здания показал, что требуется не только укрепление грунтов и фундаментов, но и усиление его стен (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Памятник архитектуры 1912 г. (Медицинский колледж)

Здание медучилища по ул. Пушкина также выходит на площадь Ленина и находится в таком же предаварийном состоянии.

Здание РОВД, построенное в 1979 году на ленточных фундаментах и грунтовой подушке, в июне 1995 года пострадало во время боя милиционеров с террористами. Здание отремонтировали без укрепления просадочных грунтов. В 1997 году к главному корпусу пристроили блок КПЗ, и в корпусе сразу появились трещины. Стены здание усилили тяжами (рис. 2.4), которые не остановили его просадку. Укрепление основания и несущих конструкций остается нереализованным из-за отсутствия финансирования.



Рисунок 2.4 – Здание РОВД, пострадавшее во время теракта в 1995 г.

Здание сбербанка, построенное на центральной площади в 1962 году, в 2000 году испытало аварийные деформации из-за порыва водопровода и образования просадочного блюдца диаметром около 40 м. Для сохранения здания выполнили завесу на глубину 10 м из грунтовых свай, отсекающих здание от просадочного блюдца.

Центральный универмаг, построенный на монолитных фундаментах, с уплотнением грунта тяжелой трамбовкой, имел трещины, применили водозащитные мероприятия и локальное усиление конструкций.

Здание Федеральной пожарной службы построили на трамбованной подушке толщиной 2 м с плотностью скелета грунта $\rho_d = 1,6 \text{ т/м}^3$, а для экрана требуется $\rho_d \geq 1,7 \text{ т/м}^3$ [107, с. 244, п. 3.104]. В 2014 году в его стенах появились трещины, произошло смещение плит перекрытия. Было рекомендовано уплотнить просадочные грунты по периметру здания грунтовыми и бетонными сваями.

Здание музея в центре города имеет трещины (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Трещины в здании музея

2.3. Деформации промышленных объектов

Авторемонтный завод. Главный и административно-бытовой корпуса и котельная завода, сразу после сдачи в эксплуатацию стали аварийными: котельная просела на 40 см с образованием трещин до 10 см, главный корпус просел на 30 см, АБК также стал аварийным. При восстановлении завода отвели атмосферные воды, усилили конструкции стальными связями. Убытки при восстановлении завода составили несколько миллионов рублей, в ценах 1968 г. это была огромная сумма.

Главный корпус мясокомбината построили в 1972 году на столбчатых фундаментах после длительного замачивания котлованов и устройства грунтовой

подушки. Сразу после ввода корпуса в эксплуатацию в его стенах появились трещины шириной до 20-30 мм, сместились перекрытия, колонны отклонились от вертикали, произошла просадка полов на 30 см.

Фундаментпроект предложил усилить основание *буроинъекционными сваями* на глубину 25 м. Стоимость этих работ оказалась чрезвычайно высокой, а их реализация была сопряжена с большими трудностями.

В предаварийном состоянии находится административное здание мясокомбината.

Завод железобетонных изделий. Главное здание завода ЖБИ построили в 1971 году. Здание размером 18 х 144 м, одноэтажное, однопролетное, рамной конструкции, высотой 8,15 м, с шагом колонн 6 м, фундаменты под колонны – монолитные, с подошвой 2,5 х 3,1 м. В 1972 году произошли аварийные деформации: пропарочная камера опустилась на 50 см, стали разрушаться стены и колонны здания. На расстоянии до 50 м от здания произошла просадка поверхности земли: в просадочном блюдце оказались арматурный цех и цементные башни-склады. После остановки завода вскрыли пол и на участке пропарочных камер обнаружили горячую воду до глубины 15 м. Грунтовые воды до строительства находились на глубине 27,5 м. Просадочная толща (25 м) имела расчетную просадку до 64 см.

Для упрочнения основания проектировщики предложили силикатизацию или обжиг, а затем применили организованное замачивание как более экономичный метод, который поддержали ростовские специалисты [57]: *«В некоторых случаях эффективными являются более простые мероприятия, из которых наиболее рациональным является метод, разработанный и успешно применяемый в г. Грозном...Перспективы этого метода состоят не только в широком его применении в новом строительстве, но также и при эксплуатации различных зданий при условии, что замачивание основания данного здания не повлияет на соседние»*. На Всесоюзном совещании (Киев, 1971) Б.И. Черный сообщил: *«В Грозном в 1961 г. было организовано опытное строительство жилых и гражданских зданий на увлажняемых лёссовых грунтах. Сейчас завершено*

опытное увлажнение оснований рассмотренным методом 30 зданий и еще 15 объектов находится в стадии исследования» [152].

До замачивания из корпуса удалили оборудование, здание обваловали, в цех по трубам подали воду из оз. Буйвола. К концу первой недели произошла неравномерная просадки фундаментов, вокруг цеха образовалось просадочное блюдце размером 40 м, захватившее административный корпус и склады цемента. Произошло обрушение крыши переходной галереи от корпуса цеха к бетономесительному узлу. «Организованное» замачивание превратилось в неуправляемый процесс с непредсказуемыми последствиями.

Через месяц промачивание достигло 20-25 м. Здание цеха в средней части провалилось до 180 см, а его торцовые стены просели до 70-80 см). Стена соседнего административного здания, обращенная к цеху, испытала просадку **50 см**. Здание решили снести и на его месте построить новый цех, предварительно уплотнив грунты грунтовыми сваями глубиной 18 м. Стоимость строительно-монтажных работ по этому проекту составила 520 тыс. рублей.

Ставропольводстрой принял вариант, предложенный СевКавПНИИС, использующий существующие фундаменты и усиление конструкций здания. Стоимость работ по этому варианту составила 230 тыс. рублей.

Кроме небольшой статьи в трудах Ростовского инженерно-строительного института [12] этот неудачный случай не получил оценки в научной литературе. В дальнейшем он пригодился при выправлении крена водонапорной башни консервного завода и силкорпуса элеватора.

Для слабопросадочных грунтов I типа А.П. Пшеничкин и В.А. Пшеничкина [112, с. 73] рекомендуют двухэтапное замачивание просадочного основания с I типом просадочности мощностью до 15 м. *Сначала замачивают котлован до начала строительства, а затем при возведении здания.*

Для реализации этих рекомендаций требуются высококвалифицированные исполнители работ и надежная нормативная база.

Консервный завод. Первые деформации главного корпуса завода произошли в процессе его строительства в 1969 году, несмотря на уплотнение грунтов тяжелой трамбовкой. В декабре 1973 года завод был остановлен.

Пивзавод, построенный в 1971 году, в 1977 году испытал деформации. Были рекомендованы отвод ливневых вод, ревизия водонесущих коммуникаций и выравнивание пивных танков внецентренной нагрузкой.

Пивоваренный завод «ЗОДИАК», построенный в 1995 году, в 2008 году испытал аварийные деформации из-за аварии водопровода – в здании обрушилось перекрытие. Для восстановления здания было предложено разобрать разрушенную часть и восстановить ее на буронабивных бетонных сваях, а на сохранившейся части выполнить уплотнение грунтовыми сваями.

Завод крупнопанельного домостроения (КПД) построили на трамбованной подушке толщиной 2 м с ж/б экраном толщиной 30 см. Кроме того, предусмотрели конструктивное усиление здания и рихтовку подкрановых путей в случае просадки несущих колонн. Несмотря на сложный комплекс водозащитных и конструктивных мероприятий, здание КПД с мокрым технологическим процессом испытало аварийные деформации уже в процессе строительства. В 1988 году произошла просадка наружных фундаментов, для предотвращения которой было предложено отвести атмосферную воду от корпусов и уплотнить основание грунтовыми сваями.

Ростовский Промстройинипроект предложил закрепить грунты *силикатизацией* на глубину 13 м по периметру зданий, для чего требовалось 2200 тонн жидкого стекла плотностью 1,4 т/м³ стоимостью 600 тыс. рублей в ценах 1988 года. По проекту продолжительность работ, если их вести в две смены, составляла 1,5-2 года. Запланировали создать специализированный участок по химическому закреплению грунтов.

Буденновский молочный завод. Здание компрессорной. Просадка здания произошла из-за замачивания просадочных грунтов и получила дополнительный импульс при вибрации компрессора. Укрепление обводненных лёссов произвели пневмопробойником на глубину активной зоны (5 м) многократной пробивкой

скважин с заполнением сухим лёссом. В уплотненном основании плотность скелета грунта составила $1,70 \text{ г/см}^3$.

Кисломолочный цех. 3-этажное здание цеха, построенное на ленточных фундаментах шириной 1,4 м, после замачивания основания водой для мытья оборудования стало аварийным, с образованием трещин до 5 см. Разрушились отмостки, вблизи образовалось просадочное блюдце глубиной 20 см.

Здание котельной. Просадку здания не остановили металлические тяжи. Основание укрепили грунтовыми сваями, а наружные фундаменты усилили ж/б сваями и ж/б ростверком.

Приемно-аппаратный цех, помещение мойки тары и тепlopункта, построенные на ленточных и свайных фундаментах, находятся в аварийном состоянии (рис. 2.6). С участием автора запроектировано укрепление фундаментов буронабивными бетонными сваями с ростверком в предварительно уплотненных грунтах.



Рисунок 2.6 – Аварийные здания Молочного завода

Аварийные деформации элеватора. Элеватор емкостью 89,4 тыс. тонн, построенный в 1972-73 гг. и включающий 8 силкорпусов и рабочее здание, был крупнейшим в России (рис. 2.7). В качестве противопросадочных мероприятий выполнили уплотнение тяжелыми трамбовками на глубину 1,5 м. В 1978 году просадка силкорпусов составила 60-105 см, то есть в 2-3 раза превысила допустимое значение (30 см), при этом крены силкорпусов также в несколько раз

превысили допустимую величину. В 1981 году «Укрспецстройпроект» разработал проект исправления крена силкорпусов путем выбуривания грунта из-под непросевшей части основания, который экспертиза признала необоснованно сложным и дорогим. Предложенный вариант носил временный характер и не учитывал неизбежность развития просадочных деформаций, которые достигли **250 см** с отклонением от вертикали **до 220 см**.



Рисунок 2.7 – Аварийные силкорпуса элеватора. Вблизи корпус комбикормового завода, где грунты уплотнили замачиванием котлованов.

В 1989 году СевКавПНИИС установил, что основную негативную роль в развитии просадочных деформаций играет ж/д путь, который с западной стороны элеватора собирает все атмосферные осадки, принесенные западными влажными ветрами. При этом высокие корпуса элеватора перехватывают атмосферную влагу и направляют ее под западный край фундаментных плит через хорошо дренируемый балластный слой ж/д пути,

Для исправления крена силкорпусов было опробовано управляемое замачивание просадочных грунтов со стороны непросевшей части основания. Под силкорпус № 8 гидроподмывом с шагом 3,0 м и под углом 45^0 были пройдены скважины глубиной 11 м. Одностороннее замачивание грунта в течении трех месяцев привело к выравниванию силкорпуса.

Расчетная просадка под нагруженными силкорпусами в условиях полного замачивания просадочных грунтов может достигнуть **300 см**.

2.4. Деформации военного городка «Северный»

В 1991 году приступили к строительству военного городка для 1000 семей для военнослужащих Западной группы войск (ГДР). Участок площадью 30 га выбрали в 2 км севернее Буденновска, на пологом склоне р. Мокрая Буйвола. Строительство проходило в три этапа. Сначала построили городок «Северный», затем объекты 205-й Особой мотострелковой бригады (ОМСБр) и военный городок для контрактников.

В геоморфологическом отношении площадка расположена в нижней части склона, плавно спускающегося к водохранилищу р. М. Буйвола. Абс. отм. поверхности изменяются от 97,0 до 116,0 м. Лёссы имели небольшую мощность (6,5-22,5 м) и просадку от собственного веса (7,6-139,9 см).

Жилые и общественные здания представляли собой блок-секции из монолитного железобетона с подвалом, на ж/б плитах толщиной 0,4-0,6 м.

ПНИИИС Госстроя РФ предложил Министерству обороны уплотнить просадочные грунты на всей территории городка глубинными взрывами. Немецкий специалист Фелькер, профессор МИСИ С.Н. Чернышев и др. отметили, что *«гидровзрывной метод является наиболее эффективным, поскольку стоимость других способов подготовки основания превышает стоимость данного метода приблизительно в 5 раз»*. Но на площадке применили частичное устранение просадочности [16], *«оставив между вытрамбованными котлованами просадочность 12,6 см (против 67 см в природном залегании)»*.

Деформации жилых домов и общественных зданий городка «Северный» начались сразу после ввода их в эксплуатацию (рис. 2.8, Приложение Ж).



Рисунок 2.8 – Аварийные деформации зданий военного городка «Северный»

В июне 2004 г. комиссия установила следующие деформации:

- **пятиэтажный жилой дом № 8** имеет просадку отмосток до 30 см, трещины в кирпичной кладке до 5 мм, по деформационному шву проходит трещина шириной 65 мм, все маяки на трещинах стен здания лопнули;

- **трехэтажное здание спортивного центра** имеет просадку отмосток до 30 см; у его входа образовалось просадочное блюдце; тамбур отошел от здания на 5 см; трещины с раскрытием 1-5 мм пересекают стены здания; дверной проем перекошен. Маяки имеют трещины до 1 см и смещены по вертикали на 0,5 см. Внутренние стены здания имеют горизонтальные и вертикальные трещины с раскрытием 1-5 см в местах стыков с панелями перекрытий. Наблюдается деформация металлической кровли. *Бассейн не эксплуатируется, т.к. пять лет назад в его стенах появились трещины, произошла утечка воды и разрушение облицовочной плитки.* За время деформаций полностью заменили все коммуникации здания спортцентра;

- **гостиница «Северная»** – двухэтажное кирпичное здание, построенное в 1993 году, имеет провал отмосток до 30-50 см. В местах примыкания стен и ж/б панелей перекрытия имеются трещины с раскрытием 5-15 мм, в коридоре

горизонтальные трещины до 2-5 см. Имеется перекос дверных проемов и разрушение дверных косяков, деформация окон. Маяки, установленные 15.03.2003 г., разорваны трещинами с раскрытием до 5 мм;

- *кафе «Мираж»* имеет трещины 1-5 мм, наблюдается расслоение и смещение кирпичной кладки, трещины в оконных проемах переходят на асфальт отмосток, просадка вокруг здания достигла 50 см;

- *детский сад «Золотой петушок»* имеет просадку отмосток 20 см с трещинами до 15 мм, в стенах образовались вертикальные, горизонтальные и наклонные трещины раскрытием до 20 мм, произошло расслоение кирпичной кладки на 5-10 мм. *Внутренний бассейн не эксплуатируется из-за разрушения кафельной плитки и образования трещин шириной до 2 мм;*

- *гимназия № 9* – трехэтажное кирпичное здание имеет расслоение кирпичной кладки с выпором кирпича в углах около крыши. На всех стенах имеются вертикальные трещины. В местах стыков панелей перекрытий и стен трещины достигли 30 мм. По полу разрыв плитки. Оконные проемы деформированы. В спортзале гимназии из-за просадки здания течет кровля;

- *электрическая подстанция* - одноэтажное сухое здание имеет по всем стенам трещины с раскрытием до 70 мм, образовался перекос дверного проема, произошло расслоение кирпичной кладки и смещение маяков на 5 мм.

Прогноз незатухающих деформаций зданий военного городка дать невозможно, т.к. неизвестно состояние просадочных грунтов под их фундаментами. В связи с деформациями зданий произошло разрушение водопроводных труб, возможно разрушение канализации городка и загрязнение оз. Буйволы.

Проблема деформаций военного городка «Северный» сохраняется на многие годы. По мере старения и износа водонесущих коммуникаций следует ожидать продолжение деформаций, обусловленных браком в подготовке оснований и оставшейся просадочностью грунтов под фундаментами зданий.

Правительство Ставропольского края, обеспокоенное возможным развитием экологической катастрофы в районе г. Буденновска, обратилось в Северо-Кавказский военный округ с просьбой принять срочные меры по изучению и

предотвращению опасных геологических процессов, вызванных просадкой зданий военного городка «Северный», СевКавГТУ составило смету на изучение просадочных грунтов на сумму 1,0 млн. рублей. Из-за отсутствия финансирования эти работы не были выполнены.

2.5. Выводы по главе 2

1. Академик В.И. Осипов, анализируя природные опасности и стратегические риски в мире и в России [102], отметил, что *«Территории, сложенные лёссовыми грунтами, подверженными просадкам, оказываются крайне чувствительными к воздействию подземных вод. На участках с неглубоким залеганием подземных вод лёссовые толщи дают просадку, вызывая деформации и разрушение зданий, сооружений и инфраструктуры, тогда как на участках с глубоким залеганием подземных вод эта опасность отсутствует, и лёссы могут служить надежным основанием строительных объектов».*

В условиях Буденновска, при глубоком залегании грунтовых вод, деформации многих зданий произошли после ограниченного замачивания их оснований техногенно-аварийными или атмосферными водами.

2. Непосредственной причиной деформаций аварийных объектов явилось замачивание просадочных грунтов в основаниях их фундаментов атмосферными или техногенными водами. Поступление воды часто происходило через неуплотненную обратную засыпку пазух фундаментов. Тотальное подтопление территории Буденновска пока не наблюдается, что объясняется небольшими водопотерями из коммуникаций и быстрым сбросом избыточной воды в горизонт грунтовых вод, направленных к оз. Буйвола.

3. Следует согласиться с мнением ведущих специалистов НИИ оснований [72, с. 8] о многофакторной причине аварийных деформаций зданий, построенных на просадочных грунтах. Но основной причиной аварийных ситуаций следует считать слабую научную разработанность строительных нормативов и недооценку специфических свойств просадочных грунтов Буденновска изыскателями, проектировщиками, экспертизой, строителями и службами ЖКХ.

ГЛАВА 3. КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НОРМАТИВОВ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ В УСЛОВИЯХ г. БУДЕННОВСКА

Первое обобщение материалов по строительству на просадочных грунтах по предложению проф. Н.М. Герсевича выполнил Ю.М. Абелев в 1948 году в монографии [3, с. 11]. С учетом результатов двух Всесоюзных совещаний (Москва, 1935 и Запорожье, 1938) он описал глубинное уплотнение (1934), обжиг (1936), двурастворную (1934) и однорастворную (1944) силикатизацию, электрохимическое закрепление (1937), предварительное замачивание (1931-1932) лёссовых грунтов. В следующей монографии Ю.М. Абелев и Ю.М. Абелев [4] дали историю, наиболее полное описание и научное обоснование методов строительства на просадочных грунтах.

При строительстве на просадочных грунтах нормативы [70; 133; 136; 137, с. 458,] рекомендуют:

1) **свайные фундаменты**, прорезающие просадочную толщу и опирающиеся на непросадочный грунт;

2) устранение просадочности **закреплением или уплотнением** этих грунтов.

В условиях Буденновска применение свайных фундаментов ограничивают несколько факторов:

- большая мощность просадочных лёссовых толщ (до 30-50 м);
- отсутствие надежного несущего слоя для опирания свай-стоек;
- повышенная сейсмичность (8 баллов);
- недостаточная разработанность строительных нормативов по проектированию свайных фундаментов на просадочных грунтах;
- необходимость длительных и дорогих испытаний опытных свай с замачиванием котлованов в грунтовых условиях II типа просадочности;

- высокая стоимость свайных работ по сравнению с уплотнением просадочных лёссов.

Против висячих железобетонных свай в просадочных грунтах в сейсмических районах выступили Ю.М. Абелев и М.Ю. Абелев [5, с. 142].

Справочник геотехника [137, с. 458, 218] дает указания по испытанию свай статическими нагрузками в обычных грунтах, но не дает методику испытания свай с замачиванием просадочных грунтов в котлованах. Кроме того, свайные нормативы [128, п. 8.3; 133, п. 9.2] указывают, что при просадке свыше 30 см для свайных фундаментов требуется уплотнить просадочные грунты II типа, но после такой подготовки оснований часто отпадает необходимость в применении свай.

Полноценные испытания опытных свай с замачиванием котлованов были проведены в 1970-ые годы при проектировании жилья и взрывоопасных объектов Прикумского завода пластмасс. Это позволило избежать аварийные деформации, которые произошли в г. Волгодонске [25; 26; 64; 110].

Поверхностное уплотнение тяжелыми трамбовками в Буденновске стали широко применять в 70-е годы при строительстве жилья и промышленных объектов после предстроительного замачивания котлованов, в том числе с применением глубинных взрывов. При оптимальной влажности, близкой к границе раскатывания, трамбование дает коэффициент уплотнения $k_{com} = 0,95-0,98$, требуемый для зданий и сооружений.

Трамбование, устройство грунтовой подушки и вытрамбовывание котлованов осложняет создание и сохранение оптимальной влажности грунта, которая зависит от погодных условий. Равномерную оптимальную влажность по глубине уплотняемого слоя трудно добиться при больших объемах работ в жаркое время года и в зимних условиях. Атмосферные осадки создают неравномерную влажность и увеличивают липкость грунта. Типичный лёсс Буденновска имеет число пластичности около 7 %. Даже небольшое изменение влажности, в пределах 5-8 %, изменяет его консистенцию от твердой до текучей.

Трамбование и вытрамбовывание котлованов невозможно вблизи существующей застройки: при массе трамбовок более 3 т на расстоянии менее 10

м от зданий и сооружений, не имеющих деформаций, и 15 м – от зданий в удовлетворительном состоянии [134, п. 171.6]. Фактически многократные удары трамбовок распространяются на большее расстояние и становятся опасными для зданий с неукрепленными основаниями.

Уплотнение лёссовых грунтов послойной укаткой рекомендуется взамен поверхностного трамбования, вблизи существующих объектов и когда грунты переувлажнены. Грунтовая подушка выполняет роль малопроницаемого экрана, предохраняющего от замачивания нижерасположенный просадочный грунт.

Уплотнение поверхностного слоя подводными взрывами описано в работе В.И. Крутова и др. [71]. К недостаткам метода относится небольшая глубина уплотнения и высокие требования к технике безопасности при выполнении взрывных работ.

Поверхностная силикатизация описана в работах [15; 69]. Метод пригоден для закрепления верхнего (1-2 м) слоя грунта, в котором возможна инфильтрация разбавленного силикатного раствора, перспективен для устройства оснований под легкие здания в хорошо фильтрующих лёссах.

Термическое упрочнение верхнего слоя не отличается от обжига на всю глубину просадочной толщи, может заменить трамбованную подушку.

В настоящее время при массовом строительстве в условиях Буденновска предпочтение отдают фундаментам мелкого заложения с уплотнением всей просадочной толщи или верхнего слоя [124, п. 3.13; 130, п. 6.1.22]. Выполнение и приемка указанных работ происходит в соответствии с [127; 132]. Учитывая сложность, комплексность и ответственность работ при подготовке искусственных оснований на просадочных грунтах, эти нормативы требуют одновременного участия в них изыскателей, проектировщиков и строителей.

СНиП 2.02.01-83*, п. 1.1 и СП 22.13330.2016, п. 4.13 *рекомендуют при проектировании учитывать местные условия и опыт проектирования, строительства и эксплуатации сооружений в аналогичных инженерно-геологических условиях.* Критический анализ действующих нормативов позволяет указать на неразработанность и даже ошибочность некоторых рекомендаций,

относящихся к глубинным методам уплотнения просадочных грунтов II типа грунтовых условий для г. Буденновска.

Грунтовые сваи стали применять с начала 30-х годов прошлого века по предложению проф. Ю.М. Абелева [2; 3]. Грунтовые сваи использовали при возведении объектов завода «Запорожсталь» (1936), а в 1960-61 гг. – при строительстве крупного объекта в Красноярске. Госстрой СССР в 1967 году утвердил СН 33-66 [147], в которых были описаны две технологии устройства грунтовых свай: при помощи станков ударно-канатного бурения и с использованием энергии взрыва. До 60-х годов более эффективным считалось уплотнение удлиненными зарядами в скважинах. Ю.М. и М.Ю. Абелевы [4, с. 140] для взрывного метода отметили: компактность энергии ВВ, транспортабельность ВВ, отсутствие оборудования для превращения химической энергии в механическую работу, возможность контролировать силу взрыва.

Применение взрывов в сухих лёссах часто сопровождалось обвалом скважин [66]. Поэтому с 60-х годов получила распространение пробивка скважин и заполнение их местным грунтом [4]. Обе технологии детально описаны в [104; 108; 119] и окончательно регламентированы в Своде Правил СП 45.13330.2017 [134, п. 17.1.7] и Справочнике геотехника [137, с. 357-361].

Грунтовые сваи устраивают при влажности грунтов, близкой к оптимальной, степени влажности $S_r=0,4-0,7$, отсутствии верховодки, плотных или переувлажненных грунтов. Для пробивки скважин и уплотнения засыпаемого грунта применяют станки ударно-канатного бурения БС-1М и БС-2 с пробивным снарядом весом 30-55 кН, сбрасываемым с высоты 4-10 м. Пробивной снаряд представляет собой штангу с наконечником диаметром 0,52-0,82 м. Пробивка скважин дает в верхней части «буферный» слой большой толщины, который приходится доуплотнить трамбовкой или заменить на грунтовую подушку.

К грунтовым сваям с самого начала было скептическое отношение. В 1939 г. к.т.н. Мелкумов С.М. [86] сообщает: «Инж. Абелев, предложив применение грунтовых свай в качестве меры, обеспечивающей устойчивость сооружения на лёссовидных грунтах от просадочных явлений, считает, что он разрешил проблему

строительства на лёссах. Вряд ли предложенные им сваи будут использованы при производстве, так как изготовление одной грунтовой сваи потребует производства в полевых условиях до восьми точных анализов и операций. Более того, поскольку лёссовидные грунты плохо уплотняются, такие сваи придется устраивать под каждым квадратным метром фундамента по несколько штук. *Не лучше ли произвести экскавацию грунта с последующей засыпкой и уплотнением слоями при помощи катков.* При существующих возможностях механизации работ последний метод упрочнения лёссовидных грунтов является более выгодным с технико-экономической стороны, чем устройство грунтовых свай».

Внедрение грунтовых свай происходило в основном на крупных стройках Украины, и там же произошли тяжелые аварийные деформации зданий и сооружений, построенных на грунтовых сваях. Появились сообщения [117] об аварийной просадке зданий после замачивания неуплотненного грунта. Проектировщики г. Харькова [63] сообщили, *«что грунтовые сваи не гарантируют сооружения от больших и неравномерных осадок ... Осадка сооружений, построенных на грунтовых сваях, в некоторых случаях превышает осадку аналогичных сооружений, построенных на естественных основаниях, и достигала значений 1053 мм».*

Против грунтовых свай, разработанных НИИ оснований, выступили сотрудники этого института. По мнению д.т.н., проф. Б.А. Ржаницына [115]: *«глубинное уплотнение дает значительные по величине и неравномерные осадки. Это происходит, главным образом, за счет сжатия грунта, находящегося между грунтовыми сваями».*

Д.т.н., проф. А.А. Григорян [42, с. 137] сообщает о трудоемкости, низкой индустриальности и невысокой эффективности грунтовых свай НИИ оснований по сравнению со свайными фундаментами. Осадка сооружений, построенных на грунтовых сваях, всегда превышала 10-15 см и доходила до 40 см и более.

Несмотря на разработку официальных нормативов, рекомендуемая технология не нашла применение в условиях Северного Кавказа. Это объясняется трудоемкостью работ, ограниченной областью применения и дорогим

оборудованием. Стоимость грунтовых свай сравнительно велика, сопоставима со стоимостью обжига [43]. От грунтовых свай отказались при проектировании жилых домов, общественных зданий и корпусов завода «Атоммаш» в г. Волгодонске, применив буронабивные ж/б сваи, которые также оказались ненадежными [64; 110].

Несмотря на простую и научно обоснованную технологию, «нормативные» грунтовые сваи имеют существенные недостатки:

- применение глубинных взрывов удлиненными зарядами для расширения взрывных скважин или пробивка скважин трамбующим снарядом весом 3-5,5 т, сбрасываемым с высоты 4-10 м, невозможны в условиях плотной городской застройки с подземными и наземными коммуникациями;

- для пробивки скважин требуется дорогой и малопроизводительный станок БС-1;

- после пробивки и набивки скважин остается сверху неуплотненный, т.н. «буферный» слой толщиной до 3,0 м, который требует дополнительного уплотнения тяжелой трамбовкой или заменой на грунтовую подушку;

- влажность уплотняемого грунта должна быть близкой к оптимальной;

- в геологическом разрезе не должно быть слоев и прослоек пылевато-глинистых грунтов, песков, линз переувлажненного грунта, верховодки;

- рекомендуемая толщина слоя просадочного грунта от 10 до 24 м.

На Северном Кавказе, «нормативные» грунтовые сваи по взрывной технологии Ю.М. Абелева не нашли применение. Этот метод не требует воды и может быть очень эффективным в степных безводных районах, а завалы грунта после взрыва в скважинах можно уплотнить шнековым способом СКФУ.

Уплотнение просадочных грунтов предварительным замачиванием на Северном Кавказе начали широко применять сначала в мелиоративном строительстве для предотвращения просадки каналов, а с 60-х гг. — при строительстве гражданских и промышленных зданий на просадочных грунтах большой мощности. Н.Я. Денисов [52] призвал к предстроительному замачиванию лёссов, которое «аналогично известному в строительной практике методу

оттаивания мерзлых пород». После выхода Инструкции (1965) [60] и Пособии [107] метод стал доступным для широкого практического применения. Справочник геотехника [137, с. 369] рекомендует предстроительное замачивание для просадочных грунтов *с просадкой более 30 см* для перевода II типа грунтовых условий в I. При длительном замачивании (2-6 месяцев), чтобы исключить замачивание оснований соседних зданий, принимается безопасное расстояние: до трехкратной толщины просадочного слоя, подстилаемого водоупором, до полуторной толщины просадочных грунтов при отсутствии этого слоя. Эти расстояния можно уменьшить в 1,5 раза, если укреплены основания соседних зданий или защищены противодиффузионной завесой (там же, с. 370).

СП 45.13330.2017, п. 17.1.8 указывает, что для *уплотнения просадочной толщи замачивание необходимо выполнять на всю ее глубину, а стабилизация просадки должна быть менее 1 см в неделю*. Такая просадка может наступить через 300 дней [107, п. 3.171].

В условиях Буденновска рекомендации СП 45.13330 оказались ошибочными. После полного промачивания лёссовой толщи просадка полностью не реализуется из-за быстрого сброса воды вниз. Для стабилизации просадки 1 см в неделю требуется в 2-4 раза больше воды, дефицитной в степных районах Юга России. Соответственно, увеличивается время на замачивание котлованов, которые, по меткому выражению строителей, превращаются в «*лягушатники*». Осушение такого котлована и уплотнение верхнего слоя надолго задерживает строительство.

Применение дренажных скважин для ускорения промачивания просадочной толщи часто приводило к образованию провальных суффозионных воронок.

После предварительного замачивания остается неуплотненной верхняя (5-7 м), наиболее нагруженная под фундаментом часть основания, доуплотнить которую невозможно однослойным трамбованием на глубину 2-3 м. Требуется разработка котлована, трамбование или устройство грунтовой подушки при оптимальной влажности грунта.

Примером неудачного применения замачивания может служить строительство двухэтажного здания детского сада в 7-ом микрорайоне г.

Буденновске, в котором сразу после сдачи в эксплуатацию в 2017 году появились трещины.

Предварительное замачивание просадочных грунтов с глубинными взрывами (гидровзрывной метод) впервые включили в СНиП в 1974 году по предложению автора, киевского профессора И.М. Литвинова. Основные положения по применению метода приведены в научной и нормативной литературе [58; 70; 81; 84; 88; 104].

В 1973 году глубинные взрывы применили для уплотнения просадочных лёссов небольшой мощности (10-12 м) при строительстве завода в г. Грозном. Здесь переувлажненный верхний слой после взрывов пришлось заменить на 3-метровую гравийную подушку.

СП 45.13330.2017, п. 17.1.9, Справочник геотехника [137, с. 375] и В.И. Крутов и др. [70, с. 431] при выполнении глубинных взрывов рекомендуют *взрыв зарядов ВВ производить **одновременно**; разрыв между окончанием замачивания и взрывами зарядов ВВ должен составлять не более 3-8 ч.* Эти рекомендации ошибочны. Одновременный взрыв большой массы зарядов многократно увеличивает безопасное расстояние до охраняемых объектов, не позволяет контролировать отказы и не улучшает качество уплотнения грунта. Выполнение взрывов сразу после замачивания превращает котлован в тот же «лягушатник».

Первые опытные взрывы на стройбазе Буденновска вскрыли недостаток киевского метода. Взрывы разорвали обсадные трубы в нижней и верхней частях. Их не удалось выдернуть даже мощным краном (см. главу 4). После этого отказались от киевской технологии и стали применять новый, более эффективный взрывной метод (см. ниже).

Химическое закрепление просадочных грунтов силикатизацией было очень популярным в 1960-70-е гг. благодаря исследованиям НИИ оснований и Ростовского Промстройинипроекта. Восторженное отношение к этому методу выразил проф. Б.А. Ржаницын на VIII Всесоюзном совещании в г. Киеве [116] и многие участники совещания. В качестве удачного применения силикатизации назывались Одесский оперный театр, главный корпус Георгиевского ремзавода и

др. Б.А. Ржаницын пишет: *«Спустя два года после возведения фундаментов из закрепленного грунта осадка здания (Одесского оперного театра – О.Г.), имевшая место на протяжении всех лет существования здания (с 1887 г.), прекратилась».* Но в 1994 году О.Ю. Медведев [85] сообщил, что силикатизация не остановила деформации этого уникального здания, *«геодезические наблюдения, установленные с 1956 г., показывают, что, несмотря на все проведенные мероприятия, деформации здания продолжаются».* О деформациях этого здания сообщили «Аргументы и факты», 1997, № 1.

Силикатизация просадочных грунтов на многих объектах края (Буденновск, Кисловодск, Георгиевск и др.) оказалась неэффективной [30]. Неудачный опыт силикатизации лёссовых грунтов Одесского оперного театра описали Ю.М. и М.Ю. Абелевы [5, с. 243].

На совещании в Киеве (1974) был доклад, показавший неэффективность силикатизации при закреплении просадочных суглинков на аварийных объектах Ставропольского края [32]. Неудачное применение силикатизации в городах Ставропольского края (Кисловодск, Георгиевск, Буденновск и др.) описано в нашей статье [30].

Силикатизация оказалась неэффективной при восстановлении аварийных жилых домов, общественных зданий и корпусов завода «Атоммаш». В настоящее время строители Ставропольского края от этого метода отказались из-за высокой стоимости, ограниченной области применения, ненадежности и неэффективности на опытных объектах.

Термическое закрепление (обжиг) лёссовых грунтов было применено на единичных объектах в гг. Грозном, Буденновске и Новокубанске. Решение технического совещания (14.08.1975 г.) Ставропольского крайисполкома укрепить основание аварийного кинотеатра в Буденновске осталось не выполненным. Обжигом укрепили основание небольшого здания винзавода в с. Прасковее (рис. 3.1). После этого строители от обжига отказались.



Рисунок 3.1 – Обжиг лёсса в с. Прасковья Буденновского района

Ю.М. и Ю.М. Абелевы [5, с. 236] указывают, что «*наиболее часто ликвидация возможности дальнейшего развития просадки в ранее неуплотненных и незакрепленных просадочных грунтах осуществляется **силикатизацией, обжигом грунтов, организованным замачиванием и т.п.** ... Исправление кренов дымовых труб и водонапорных башен обычно осуществляется **односторонним замачиванием** грунта в основании фундаментов этих сооружений*».

Силикатизация и обжиг лёссовых грунтов на Юге России практически не применяются, а технологию одностороннего замачивания авторы, к сожалению, не раскрыли.

Выводы по главе 3

1. Критический анализ действующих нормативов и практика строительства на просадочных лёссах Буденновска выявили недостатки, в первую очередь, глубинных методов устранения просадочности.

2. «Нормативные» грунтовые сваи, полученные с использованием удлиненных зарядов или пробивкой скважин, несмотря на достаточное теоретическое обоснование, не нашли применение в условиях Северного

Кавказа при новом строительстве и неприменимы при аварийных ситуациях и реконструкции зданий и сооружений.

3. При замачивании котлованов в условиях Буденновска требуется в 2-4 раза больше воды, чем рекомендуют нормативы. Кратковременное и полное промачивание лёссовой толщи не устраняет ее просадочность, а длительное замачивание превращает котлован в «лягушатник» и надолго задерживает строительство.

4. Уплотнение предварительным замачиванием и глубинными взрывами выявило недостатки этого эффективного метода (потеря обсадных труб, избыточное замачивание просадочной толщи, опасность одновременного взрыва всех зарядов и др.).

5. Силикатизация и обжиг лёссов Буденновска оказались неэффективными не только при новом строительстве, но и при аварийных ситуациях из-за высокой стоимости и ограниченной области применения.

ГЛАВА 4. УСПЕШНЫЙ ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ АВАРИЙНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ г. БУДЕННОВСКА

4.1. Строительство жилых домов и общественных зданий

В начале 70-х годов на Юге России началось бурное строительство промышленных объектов, среди которых надо выделить крупнейший в мире Прикумский завод пластмасс в г. Буденновске и завод «Атоммаш» в г. Волгодонске. Оба объекта столкнулись с проблемой просадочных грунтов, для решения которой были привлечены главные научные институты страны, предложившие различные методы подготовки оснований и определившие на долгие годы политику строительства на просадочных грунтах.

Строительство завода Пластмасс сопровождалось возведением жилого массива из 5-9-тиэтажных домов и общественных зданий в 7-ом микрорайоне, комплексом очистных сооружений и мощной стройбазой. Жилой массив запроектировали на пологом склоне к оз. Буйвола с абс. отм. от 103 до 113 м.

Геологический разрез, характеристики состава, структуры и свойств лёссовых грунтов на площадке жилых домов 7-го микрорайона приведены в Приложении Д.

При строительстве жилых домов особые надежды возлагались на забивные ж/б сваи, несмотря на удорожание строительства на **5-6 млн. рублей** по сравнению с предстроительным замачиванием котлованов. Но конкурентным методом обычному замачиванию с 1977 года стали глубинные взрывы, а затем и грунтовые шнековые сваи.

4.1.1. Испытание опытных забивных ж/б свай

В 1975 году *впервые* в Буденновске на площадке дома № 9 провели испытание трех забивных, составных свай длиной 16 м и сечением 30 х 30 см. Нагрузку 15, 20 и 25 тонн осуществили бетонными блоками, замачивание котлованов произвели напуском воды.

Уровень грунтовых вод на площадке находился на глубине 18,3-19,8 м от поверхности земли. *Просадочная толща, при давлении $P=0,25$ МПа, заканчивалась на глубине 12,5 м, т.е. низ висячих свай длиной 3,5 м находился в т.н. «непросадочных» грунтах.*

Замачивание трех карт-котлованов с 30.05.1975 г. продолжалось с перерывами 77 суток (с водой 55-57 суток). При замачивании обнаружили разрушение свай с нагрузкой 25 т и замачивание карты прекратили. Просадка грунта в котловане со сваей 20 т достигла **23,6 см**, при этом просадка сваи составила **44,8 см**. Свая с нагрузкой 15 т просела на 3 см, а просадка грунта вблизи этой сваи составила 4 см. Свая с нагрузкой 25 т просела на 15 см, а просадка грунта составила 8,27 см. По расчету просадка грунта на этой площадке ожидалась равной 15,8-18,5 см.

Важным результатом этих исследований явилось то, что просадка свай обгоняла просадку грунта. С этим явлением не согласна А.А. Григорян [42, с. 115], утверждающая, что *«Общая осадка свай никогда не может превзойти осадки грунтовой толщи, так как в противном случае будут отсутствовать силы негативного трения».*

Несмотря на осложнения с испытанием свай, главным результатом стал факт невозможности использовать даже длинные сваи при строительстве жилых зданий в 7-ом микрорайоне. Испытание свай поставило под сомнение несущую способность 20-ти тысяч запроектированных свай под взрывоопасные объекты на промплощадке завода Пластмасс.

4.1.2. Опытнo-производственное замачивание котлованов

Одновременно с испытанием свай на соседней площадке дома № 11 шла подготовка основания для *первого в Буденновске панельного 5-этажного дома*. В котлован размером $37 \times 110 \text{ м} = 4070 \text{ м}^2$ подали 35.000 м^3 воды из расчета $8,6 \text{ м}^3$ на 1 м^2 площади котлована, что в 2 раза превышало норму воды, рекомендуемую Инструкцией (1965) для промачивания просадочной толщи. После замачивания просадка составила: для карты № 1 – от **32,5 до 37,8 см**, для карты № 2 – от **23,8 до 29,7 см**, для карты № 3 – от **минус 2,0 до 1,0 см**, для карты № 4 – от **1,5 до 7,2 см**. Расчетная просадка ожидалась равной **23,0 см**. Бурение подтвердило полное промачивание просадочной толщи: грунты имели плавунное состояние.

Верхний слой уплотнили трамбовкой весом **6,4 т**, диаметром **1,8 м**, сбрасываемой с высоты **3,5-4,0 м**. Опускание грунта при трамбовании 14-ю ударами достигало **65-72 см**. Трамбовка при 10-ти ударах хорошо уплотняет грунт при оптимальной влажности до глубины **2,5 м** (табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Результаты уплотнения грунтов

Характеристики грунта	Глубина, м				
	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-4,5
$\rho_d, \text{ г/см}^3$	1,75 (1,88-1,65)	1,72 (1,85-1,65)	1,71 (1,80-1,63)	1,68 (1,75-1,61)	1,55 (1,64-1,50)

Уплотненный слой в большинстве случаев превышал сжимаемую толщину под ленточными фундаментами шириной **1,0-1,6 м**, т.е. служил надежным основанием для построенных зданий.

Надежность строительства в Буденновске значительно повысилась после внедрения глубинных взрывов и шнековых свай для полного устранения просадочности в пределах всей просадочной толщи. Глубинное уплотнение грунтов выполнили новым гидровзрывным методом и грунтовыми шнековыми сваями. На уплотненных взрывами грунтах были построены: 7-этажная

поликлиника, жилые дома и общежития в новых микрорайонах, хлебозавод, станция технического обслуживания на 800 машин, база треста «Татхимремонт», стройбаза завода Пластмасс, очистные сооружения г. Будённовска, военный городок для контрактников, Газоперерабатывающий завод. Всего было взорвано **более 12 тыс. зарядов** массой от 3 до 12 кг на глубине от 3 до 10 м. Для взрывов потребовалось **более 100 тонн водостойкого аммонита**.



Рисунок 4.1 – Общий вид 7-го микрорайона. Вдали Буйвола и Военный городок. Жилые дома, построенные на просадочном лёссе, уплотненном глубинными взрывами и шнековыми сваями

4.1.3. Общежитие на 203 места в 7-ом микрорайоне

Здание общежития сначала запроектировали на *составных 17-метровых* (9+8 м) ж/б сваях сечением 350×350 мм, а затем применили глубинные взрывы из 136 зарядов массой по 5 кг в скважинах диаметром 200 мм и глубиной 6 м, расположенных по сетке 4×5 м.

Замачивание грунтов провели в течение 10 дней напуском 7400 м³ воды в котлован. После взрывов просадка составила **75 см**, превысив расчетную просадку

от собственного веса (**40 см**) в два раза. Верхний «буферный» слой заменили на грунтовую подушку толщиной 4,5 м с плотностью сухого грунта **1,75 г/см³**.

После взрывов грунт находился в мягкопластичном и текучем состоянии и монолиты отобрать не удалось. Состояние грунта до глубины 20 м оценили статическим зондированием установкой С-832. Среднее лобовое сопротивление зонду составило 1,5 МПа, модуль деформации грунта ниже грунтовой подушки приняли равным $E = 1,5 \times 7 = 10,5$ МПа. В грунтовой подушке модуль деформации по компрессионным данным был принят равным $E = 20$ МПа, по сдвиговым испытаниям прочностные характеристики составили $C = 19$ кПа и $\phi = 25^\circ$.

Через 4 месяца, после сброса воды вниз, пробурили 3 скважины с отбором монолитов до 11,5 м, плотность сухого грунта во всех случаях превысила 1,60 г/см³, а ниже глубины заложения зарядов достигла 1,75 г/см³ (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Влажность и плотность грунта в трамбованной подушке

Глубина, м	3,0	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	11,5
Влажность, %	13,4	14,2	18,1	13,8- 14,2	12,1- 14,1	14,8- 15,0	17,3- 17,4	15,7- 17,0	17,4	15,3- 16,5	14,7
Плотность скелета грунта, г/см ³	1,80	1,77	1,65	1,62- 1,70	1,61- 1,65	1,61- 1,65	1,61- 1,62	1,63- 1,75	1,75	1,61- 1,68	1,64

После общежития на уплотненных взрывами грунтах были построены почти все жилые дома в 7-ом микрорайоне.

4.1.4. Объекты по титулу «Новая железнодорожная линия «Будённовск – Благодарное»

В связи со строительством завода Пластмасс было решено построить новую ж/д линию Благодарный – Буденновск, а для железнодорожников построить 5-

этажный жилой дом и другие объекты на просадочных лёссах мощностью 30 м. Это был *второй панельный дом*, который решили построить в Буденновске.

На площадке дома запроектовали взрывы 96 зарядов на глубине 9 м с шагом 5 x 5 м и замачивание котлована в течение 12 дней, из расчета 5 м³ воды на 1 м² площади котлована. Но строители не промочили просадочную толщу, и после взрывов *образовались полости-колодцы диаметром 1,5-2,0 м и глубиной около 9 м.*

Пробурили новые скважины, в которые опустили заряды по 10 кг. Но при взрывах произошел массовый отказ неводостойких детонирующих шнуров.

Ликвидацию невзорванных зарядов выполнили мощной (10-20 атм) струей воды из тампонажных агрегатов. Для размыва одного заряда и установки полиэтиленовой трубы в скважину требовалось 5 минут. Новую водоструйную технологию ликвидации зарядов согласовали с Кавказвзрывпромом и Госгортехнадзором.

После доувлажнения грунтов и повторных взрывов просадка составила **120-150 см**. В котловане выступила вода, которая осложнила уплотнение верхнего слоя. Для его осушения были пройдены траншеи глубиной 2-2,5 м, которые засыпали сухим лёссом, а затем верхний слой уплотнили тяжелой трамбовкой.

Панельный дом эксплуатируется без осложнений, несмотря на утечки горячей воды в его подвале и замачивание грунта через просевшую обратную засыпку.

4.1.5. Школа на 33 класса

Площадка для строительства школы находится в 7-м микрорайоне. Просадочный лёсс мощностью 23 м с расчетной просадкой от собственного веса 0,5 м уплотнили 257 глубинными зарядами массой по 13 кг в скважинах диаметром

350 мм и глубиной 10 м с шагом 5х5 м. Заряды поместили в стальные трубы, что значительно повысило стоимость работ.

4.1.6. Поликлиника на 850 посещений в смену

Здание состоит из 7-этажного и 3-этажного блоков (рис. 4.2), его несущей конструкцией служит сборный ж/б каркас с шагом колонн от 4,5 до 9 м, сечением 40 х 40 см.



Рисунок 4.2 – Поликлиника в 7-ом микрорайоне Буденновска

В геологическом разрезе участка выделены: 1) почва 0,2 м, 2) супесь (просадочный лёсс), мощностью 7,8 м, 3) супесь (просадочный лёсс), мощностью 6,0 м, 4) супесь непросадочная, мощностью 5,0 м, 5) глина зеленовато-серая, слоистая, мощностью 3,0 м.

Просадочная толща составляет **14,0 м**, расчетная просадка 25 см (II тип грунтовых условий). Грунтовые воды с минерализацией 5 г/л находятся на глубине **17,0 м**.

В качестве фундаментов были запроектированы **593 забивные ж/б сваи** длиной **16 м** с несущей способностью $R=33$ т, в лидерных скважинах $D=300$ мм и

глубиной 11 м. Но учитывая срыв 16-метровых свай на соседней площадке и сжатые сроки строительства, просадочную толщу уплотнили взрывами. Просадка после взрывов (**50 см**) в 2 раза превысила расчетную просадку **25 см**.

До взрывов и через месяц после взрывов выполнили лабораторные исследования грунтов и статическое зондирование. Через 4 месяца до глубины 14 м влажность в среднем составила 12-17 %, что соответствует переходу к связанной воде (границе раскатывания супесей).

Верхний слой (выше зарядов 7 м) оказался слабо уплотненным (сопротивление конусу 1 МПа), с модулем деформации **E=7 МПа**. После сброса избыточной воды (через 4 месяца) модуль деформации составил **E=15 МПа**. Верхний слой до глубины 4 м уплотнили в нижней части тяжелой трамбовкой, а выше укаткой при оптимальной влажности. После уплотнения были получены 3 слоя: 1) грунтовая подушка толщиной 4 м, 2) слабый слой (4-7 м), 3) уплотненный взрывами слой (7-14 м).

Модули деформации уплотненного грунта определили 3 способами: 1) испытанием в компрессионных приборах, 2) по данным статического зондирования, 3) по табл. 4.3 СНиП II-15-74.

Таблица 4.3 – Значение модулей деформации грунтов на площадке поликлиники

ИГЭ	Глубина, м	Коеф. пор-ти е, д.е.	Модуль деформации, Е, МПа			Расчетный Е, МПа
			1	2	3	
1	0-4	0.583	20	24	22	20
2	4-7	0.596	7	15	19	7
3	7-14	0.639	11	21	18	11

Модули по зондированию и СНиПу получились сравнительно близкими, а компрессионный модуль оказался самым низким для слабых ИГЭ-2 и ИГЭ-3.

На уплотненном основании запроектировали столбчатые ж/б фундаменты с шириной подошвы от 2 до 4 м и давлением грунта 0,25 МПа. После поликлиники на уплотненных взрывами грунтах построили почти все жилые дома в 7-ом микрорайоне (на позициях 33–34, 35–36, 37–38, 39–40, 41, 42).

По справке треста «Промстрой-2», применение гидровзрывов при строительстве поликлиники и общежития позволило отказаться от применения **1273 свай длиной до 17 м** и сэкономить **1650 м³ бетона и 173,8 тонн стали**.

Одновременно с трестом «Промстрой-2» гидровзрывное уплотнение просадочных грунтов стал применять мощный трест «Прикумскводстрой».

4.1.7. 100-квартирный жилой дом треста «Прикумскводстрой»

Жилой дом в микрорайоне № 3 запроектировали на просадочных грунтах мощностью до 20 м, уплотнённых **двухъярусными** зарядами на глубине 3 и 6 м. Сначала взорвали заряды на глубине 6 м, а затем на глубине 3 м.

Следующие два 5-этажных дома построили без конструктивного усиления после 6 дней замачивания котлованов и взрыва 158 зарядов массой по 6 кг. На уплотнение 58.120 м³ грунта потребовалось 948 кг аммонита, 3950 м детонирующего водостойкого шнура ДШЭ-12 и 7.265 м³ воды.

4.1.8. Здание автовокзала

Здание автовокзала находится в центре города, рядом с ж/д вокзалом, где просадочная толща составляет 30 м. Для устранения просадочности выполнили замачивание котлована и получили просадку **50-65 см**. Осмотр здания в 2019 году показал, что в его стенах имеются волосяные трещины, а рядом со зданием

образовалось большое просадочные блюдце, собирающее атмосферную воду со всей территории автовокзала. Дальнейшая судьба здания автовокзала зависит от развития просадочного блюдца.

4.1.9. Здание таможни

Основание здания таможни уплотнили грунтовыми сваями на глубину 12,0 м, оставив неуплотненной нижнюю слабопросадочную часть до глубины 22,9 м. Верхнюю часть («буферный слой») заменили грунтовой подушкой. Кроме этого, выполнили конструктивное усиление стен здания. В настоящее время в здании таможни находится районный следственный комитет.

4.2. Строительство промышленных объектов

4.2.1. Комбикормовый завод

В 1973 г. по решению Совета Министров СССР приступили к строительству большого комбикормового завода производительностью 400 тонн в сутки. Просадочную толщу мощностью 30 м СевКавПНИИС предложил уплотнить

взрывами. Идею поддержал киевский НИИСК Госстроя СССР, Фундаментпроект предложил обычное замачивание под контролем СевКавПНИИС.

При замачивании 4-х карт-котлованов вскрылся существенный недостаток Инструкции (1965). По проекту было предусмотрено полное промачивание просадочной толщи площадью 3000 м² из расчета **7 м³ на 1 м²** площади котлована и дренажные скважины глубиной 18 м. Проектную воду израсходовали за 10 дней, а максимальная просадка составила всего **16 см**. Это удивило проектировщиков и строителей. Для стабилизации просадки 1 см в неделю норму воды пришлось увеличить до **12 м³ на 1 м² площади**, т.е. почти в два раза. Это позволило увеличить просадку до **51,3 см**, которая, возможно, была не окончательной.

Отрицательную роль при замачивании сыграли дренажные скважины. Они быстро сбросили воду в нижнюю непросадочную часть разреза, а между ними остались участки слабо промоченного грунта.

Верхнюю часть массива доуплотнили тяжелой трамбовкой.

Полная загрузка силкорпуса составила 9485 тонн, а его осадка – 10 см, что в три раза меньше допустимой.

4.2.2. Строительство хлебозавода

К строительству этого важного объекта приступили в 1977 году, когда развернулось строительство завода Пластмасс. К этому времени были опробованы глубинные взрывы в стальных трубах и **впервые** решили закрепить стенки взрывных скважин цементным раствором, чтобы сэкономить металл. Для этого применили специальное устройство (рис. 4.3), которое позже вошло в «Методические рекомендации по уплотнению просадочных грунтов гидровзрывным способом» [88].

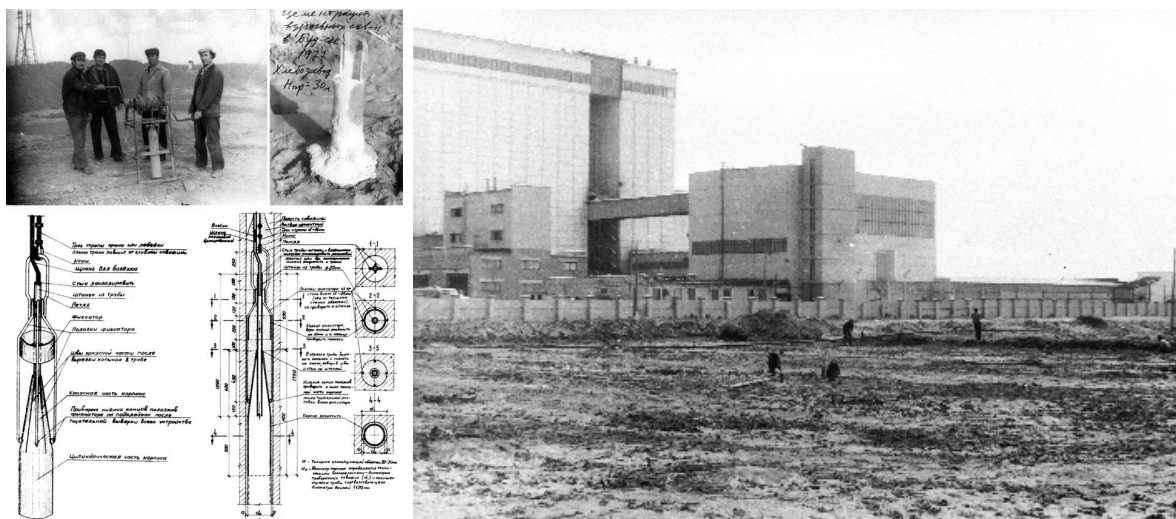


Рисунок 4.3 – А. Цементация стенок взрывных скважин и опускание зарядов на площадке хлебозавода; Б – Фрагмент цементной оболочки (перевернутый), извлеченный из взрывной скважины. В – Устройство для оцементирования стенок взрывных скважин [88, с. 51–52]

Замачивание котлованов выполнили в течение 14 суток напуском воды из расчета $5,28 \text{ м}^3$ на 1 м^2 площади котлована. После такого ограниченного замачивания просадка грунтов практически не проявилась. Для полного устранения просадочности потребовалось бы не менее $12\text{-}15 \text{ м}^3$ воды на 1 м^2 площади котлована. Взрывы 255 зарядов по $6,5 \text{ кг}$ на глубине 10 м произвели на расстоянии до лабораторного корпуса – 67 м , до весовой – 92 м , до силкорпусов элеватора – 120 м . Безопасность этих объектов обеспечила траншея глубиной 5 м и длиной 120 м между площадкой комбикормового завода и хлебозавода.

В первый день взрывы дали просадку 30 см , через неделю – **80 см** .

Верхний слой доуплотнили трамбовкой массой **$6,5 \text{ т}$** . При трамбовании произошло дополнительное опускание поверхности котлована на **$50\text{-}70 \text{ см}$** .

Принятый вариант позволил отказаться от стальных труб, разводящей водопроводной сети, бурения скважин диаметром 500 мм . По сравнению с обычным замачиванием, экономический эффект в ценах 1977 года составил $4,5$ тыс. руб., с киевским методом гидровзрывного уплотнения – 51 тыс. руб., а с вариантом грунтовых свай – не менее 230 тыс. руб. в старых ценах.

4.2.3. Станция технического обслуживания на 800 машин Буденновского РО «Сельхозтехника»

Площадка строительства СТО находится в промышленной зоне Буденновска, с просадочной толщей до 25–30 м, для уплотнения которой применили взрывы 275 зарядов массой по 10 кг *с цементацией взрывных скважин* (1978). Это позволило сэкономить 435,0 тыс. рублей, или 1011 пог. м стальных труб $D = 114 \times 4,5$ мм, 3800 м³ щебня и 4 т арматурной стали.

Просадка после взрывов составила в среднем 1,0 м, превысив в два раза просадку от собственного веса 0,55 м. На площадках главного корпуса и градирни грунты увлажнили на глубину до 2 м, после взрывов образовались камуфлетные полости диаметром от 1,0 до 1,6 м и глубиной до 12,0 м, с выходом на поверхность (рис. 4.4). На этих объектах выполнили повторное замачивание и взрывы.



Рисунок 4.4 – Провалы после камуфлетных взрывов в сухих лёссах.

Верхний слой грунта после взрывов уплотнили трамбовкой массой 6 т.

Образование цилиндрических полостей при взрыве сосредоточенных зарядов наводит на мысль о возможности устройства грунтовых свай по новой технологии, отказавшись от линейной цепочки зарядов, которую применял Ю.М. Абелев [4, с.140-144].

4.2.4. Ремонтно-механический завод

При строительстве корпуса-пристройки к механическому цеху РМЗ были выполнены буронабивные бетонные сваи диаметром 500 мм и длиной 25 м, проходящие 20-метровую просадочную толщу. Расчетную нагрузку на сваи с запасом приняли равной $P=45$ т. Учитывая сухое производство и надежную водозащиту, СевКавПНИИС поддержал строительство корпуса РМЗ.

4.2.5. База треста «Татхимремонт»

В состав базы площадью 22.125 м² входили административно-бытовой корпус, блок ремонтных цехов, производственный корпус с тремя пролетами, столовая на 110 мест. Для устранения просадочности обычным замачиванием потребовалось бы 265.500 м³ воды. Гидровзрывное уплотнение сократило сроки замачивания и расход воды примерно в 4 раза. Всего было взорвано **347 зарядов по 10 кг** на глубине 6 м. После взрывов плотность сухого грунта (скелета) в зоне взрывов и ниже составила 1,65-1,67 г/см³. Верхний слой доуплотнили тяжелой трамбовкой.

4.2.6. Строительство стройбазы завода Пластмасс и г. Буденновска

В 1976 году в г. Будённовске *впервые в СССР* уплотнили просадочные лёссы мощностью 30,0 м гидровзрывным способом. Ранее подобные взрывы применили для уплотнения просадочных грунтов мощностью 18 м в г. Запорожье и 10 м в г. Грозном. Быстрое внедрение нового метода произошло благодаря решению Совета Министров СССР построить Прикумский завод пластмасс, для строительства которого потребовалось создать мощную строительную базу, построить жилье и объекты соцкультбыта.

Характеристики грунтов на площадке стройбазы приведены в Приложении И.

По просьбе Ставропольского крайкома КПССС, проект гидровзрывного уплотнения разработал автор метода, проф. Иван Михайлович Литвинов. В его последней книге [81, с. 169–170] сообщается, что на площадке стройбазы: *«площадь уплотнения составила 78.000 м², а объем уплотняемого грунта – 1.600.000 м³. Фактическая просадка достигла 190 см (на самом деле 275 см – О.Г.), т.е. превысила расчетную более чем в **три раза**. Кроме того, время замачивания было сокращено более чем в **10 раз** по сравнению с обычным способом замачивания»*. Эти данные требуют пояснения и уточнения в лучшую сторону.

По проекту в котловане размером 28×120 м, состоящем из трех карт-захваток размерами 28×40 м, пробурили 188 дренажно-взрывных скважин глубиной 14 м и диаметром 0,4 м, по квадратной сетке 4×4 м и 5×5 м. В скважины опустили стальные трубы диаметром 100 мм и длиной 15 м. Затрубное пространство заполнили щебнем.

С 10 декабря по 22 декабря 1976 года замочили две карты через разводящую водопроводную сеть, а одну – напуском воды в котлован, через дренирующий слой и дренажно-взрывные скважины. Всего потребовалось 24,5 тыс. м³ воды. *Просадка котлована после замачивания составила 3–5 см, т.е. не проявилась.*

Затем в каждую взрывную трубу опустили по **10 кг** аммонита и произвели взрывы с интервалом 3–5 секунд. В течение 30 минут после взрывов произошло опускание поверхности дна котлована на 1,0–1,2 м. Через сутки в средней, наиболее просевшей части котлована образовался слой воды толщиной до 0,6 м, а просадка достигла **200 см**. Через 2-4 суток вода впиталась в грунт. Через 20 дней просадка достигла **275 см** (рис. 4.5). В течение четвертой недели дополнительная просадка составила 2-5 см, а в *пятой практически закончилась*. В 3 м от краев котлована величина просадки составила 100-130 см, на удалении до 6 м образовались глубокие трещины шириной до 40 см.



Рисунок 4.5 – Опытное гидровзрывное уплотнение просадочных грунтов на площадке стройбазы завода Пластмасс. Просадка после взрывов составила 2,75 м.

На опытном участке обнаружился существенный недостаток киевского метода: 3000 пог. метров стальных труб в нижней части были разорваны глубинными зарядами, а над поверхностью земли – детонирующими шнурами. Несмотря на потерю обсадных труб, впервые была доказана высокая эффективность гидровзрывного метода для уплотнения мощных просадочных толщ. Экономический эффект по сравнению с грунтовыми сваями НИИ оснований составил *около 1,5 млн. рублей* (в ценах 1975 года).

4.3. Строительство очистных сооружений Прикумского завода пластмасс и г. Буденновска

Проблема очистных сооружений Буденновска возникла в 1972 году, при строительстве 12-ти отстойников-резервуаров для механической очистки городской канализации. Резервуары высотой 5 м и диаметром 9 м были сделаны из сборных, ж/б панелей с конусным монолитным ж/б днищем.

Площадку выбрали в 10 км от Буденновска. Геологический разрез был изучен до глубины 11 м. Для устранения просадочности запроектировали предварительное замачивание котлованов без дренажных скважин и трамбование верхнего слоя. Воду брали из артезианской скважины. Из-за недостатка воды просадочность не устранили. Наполнение отстойников привело к утечке воды и их просадке на 10 см.

Грунты на глубину 8 м в объеме 12.600 м³ решили закрепить *жидким стеклом* инъекцией 663 скважин, всего 5.304 пог. метров. Но опытное закрепление показало, что силикатный раствор пошел в основном по кротовинам и червеходам. От силикатизации отказались, ограничились гидроизоляцией отстойников.

В 1978 году СтавропольТИСИЗ и Севкавгипроводхоз выполнили детальные изыскания на площадке очистных сооружений для проектирования биологических прудов (200 х 500 м) и пруда-накопителя (1000 х 1500 м) и *впервые установили мощность просадочной толщи до 45 м и просадку от собственного веса до 123 см.*

На Земледельческих полях орошения (ЗПО) площадью 522,6 га, расположенных в 2,5 км от очистных сооружений, просадочная толща была 50 м, расчетная просадка до 230 см. Грунтовые воды вскрыли на глубине 65 м. Поток грунтовых вод с небольшим уклоном (0,001) направлен к руслу р. Кума.

Для уплотнения уникальной просадочной толщи ЗПО запроектировали глубинные взрывы. Однако этот проект остался нереализованным.

Анализ этого разреза позволил предположить, что вся сухая часть лёссовых грунтов (до глубины **65 м**) может обладать просадочными свойствами. Для подтверждения этой гипотезы требовалось отобрать ненарушенные монолиты, что в то время было технически невозможно из-за отсутствия обуривающих грунтоносов. Независимо от этого, стало ясно, что в районе Буденновска распространены уникальные лёссовые грунты, которые надо изучать комплексно и научно, не ограничиваясь стандартными методами.

В 1978 г. проектирование очистных сооружений Буденновска и завода Пластмасс поручили Ростовскому Водоканалпроекту, который обнаружил, что производительность отстойников не 23.184 м³/сутки, как было запроектировано, а 14.421 м³/сутки. С целью утилизации сточной воды приняли решение о строительстве дополнительных фильтрующих прудов площадью **50 га**.

По распоряжению Совета Министров СССР для проектирования очистных сооружений мощностью 45 тыс. м³/сутки пригласили немецкую фирму «Линда», а проект уплотнения просадочных грунтов глубинными взрывами поручили выполнить СевКавПНИИС. Факторами, осложняющими гидровзрывное уплотнение, было то, что взрывные работы запроектировали рядом с существующими очистными сооружениями, любое нарушение работы которых создавало катастрофическую ситуацию с канализацией крупнейшего объекта страны.

Расчеты показали, что обычное замачивание грунтов на площадке очистных сооружений задержит строительство крупных объектов *пропилена* на 4 месяца по сравнению с уплотнением глубинными взрывами. Для глубинных взрывов на площади 120.000 м² разбили 26 карт-котлованов, в которых шнековым способом пробурили **4804** взрывные скважины диаметром 200 мм на глубину 6 м, с шагом 5 х 5 м. В сухие скважины опустили обсадные полиэтиленовые трубы диаметром 160 мм.

Замачивание просадочной толщи по проекту составило 24 дня. Для замачивания потребовалось **1.192.000 м³** воды (**12 м³ на 1 м²** площади котлована) После замачивания грунта в обсадные трубы опустили заряды водостойкого аммонита 6ЖВ массой по 10 кг.

Взрывные работы закончили летом 1990 года. Для их выполнения применили **48,04 тонн** аммонита 6ЖВ, **71.460 пог. метров** детонирующего экранированного шнура ДШЭ-12 и **33.628 пог. м** полиэтиленовых труб. Объем уплотненного грунта составил 5.400.000 м³.

Сразу после взрывов просадка грунта составила в среднем **1,70 м**, иногда – до **2,25 м**, что в 3-4 раза превышает расчетную просадку по материалам изысканий.

Сразу после взрывов строители начинали уплотнение верхнего слоя грунта тяжелыми трамбовками весом до 6 тс.

Гидровзрывное уплотнение значительно сэкономило сроки строительства очистных сооружений Прикумского завода пластмасс и г. Буденновска, которые запроектировала немецкая фирма «Линда» (рис. 4.6).



Рисунок 4.6 – Очистные сооружения г. Буденновска

Многолетняя эксплуатация очистных сооружений, построенных на просадочных грунтах и на единственном в районе артезианском бассейне, подтвердила эффективность гидровзрывного уплотнения в условиях Буденновска.

В Буденновске *впервые в строительной практике* были опробованы новые варианты глубинных взрывов: камуфлетные взрывы в сухих грунтах, двухъярусные взрывы зарядов (на глубине 6 и 3 м), крепление стенок взрывных скважин цементным раствором, замачивание котлованов с водостойкими зарядами, ликвидация невзорванных зарядов водоструйным способом, согласованная с Госгортехнадзором России.

4.4. Строительство Прикумского завода пластмасс (ООО «Ставролен»)

Прикумский завод пластмасс (ныне ООО «Ставролен», рис. 4.7) был построен по Постановлению Совета Министров СССР от 3.09.1975 года как крупнейший в мире комплекс по производству 250 тыс. тонн этилена, 125 тыс. тонн пропилена, 100 тыс. тонн бензола и 200 тыс. тонн полиэтилена в год.

Он производит полиэтилен, пропилен, бутилен, бензол нефтяного и других производств. На заводе трудится более 3-х тысяч квалифицированных специалистов. В бюджет края отчисляется свыше 1 млрд. рублей.



Рисунок 4.7 – Общий вид завода ООО «Ставролен» ПАО «Лукойл».

Завод расположен в с-з части города на правом берегу р. Мокрая Буйвола, занимает более 400 га. Поверхность ровная с общим уклоном к р. М. Буйвола. В геоморфологическом отношении площадка расположена на пойменной, I и II надпойменных террасах р. Мокрая Буйвола и пологом склоне водораздела.

Покровные отложения представлены лёссовыми супесями и легкими суглинками, замещающими друг друга по простиранию и с глубиной. Мощность лёсса возрастает от уреза р. Мокрая Буйвола до 27,5 м. Соответственно, возрастает просадка от собственного веса до 83,96 см. Супеси по цвету и внешнему виду практически не отличаются от суглинков. В просадочной толще преобладает *супесь (типичный лёсс)* – палевая, серовато-желтая, пылеватая, местами опесчаненная, твердая, в подошве слоя пластичная, макропористая, с карбонатными и гипсовыми включениями, с линзами и прослойками пылеватых песков.

Характеристики состава и свойств грунтов на площадке ООО «Ставролен» приведены в Приложении К. В разрезе выделяется слой песка с высоким значением модуля деформации $E=30$ МПа, но использовать его в качестве опоры для свай невозможно, так как песок находится на большой глубине и мощность его не выдержана.

Замачивание просадочных грунтов приводит к резкому уменьшению компрессионного модуля деформации, в среднем **в 5 раз**. Испытание штампом 5000 см² дало модуль деформации сухого лёсса до $E=28,9$ МПа, а в замоченном состоянии $E=3,6$ МПа. Поправочный коэффициент m_k приняли равным **2,0-3,5**.

Статическое зондирование показало сопротивление зонду: в грунтовой подушке до 14 МПа (в среднем **7-8 МПа**), в зоне капиллярной каймы – **2-3 МПа**, а в обводненных суглинках – **3 МПа**.

4.4.1. Нейтрализация уксуснокислых утечек

При проектировании завода Пластмасс возникла опасность утечки *уксуснокислых промстоков* в подстилающие лёссовые грунты. Промстоки

содержали: винилацетат – 230 мг/л, ацетальдегид – 230 мг/л, **уксусная кислота – 620 мг/л**, гидрохинон – 15 мг/л, поливиниловый спирт – 50 мг/л.

Исследования показали, что:

- количество кальция и магния в вытяжке промстоков в 1,5-3,5 раза больше, чем в водной вытяжке;
- простое насыщение промстоками не вызывает дополнительного по сравнению с замачиванием водой ослабления структурных связей. Сжимаемость, просадочность и сопротивление сдвигу образцов, замоченных промстоками и водой, в обоих случаях примерно одинаковы;
- *при фильтрации промстоков через просадочный и уплотненный (непросадочный) грунт следует ожидать дополнительную просадку суффозионно-химического характера и снижение прочностных характеристик за счет растворения карбонатов уксуснокислой составляющей промстоков.*

После этого Гипропласт предусмотрел нейтрализацию промстоков.

4.4.2. Попытка закрепления лёсса фенолформальдегидной смолой

Учитывая исключительную важность строительства объектов завода Пластмасс, по заданию Минхимпрома СССР, опробовали закрепление лёсса **фенолформальдегидной смолой**, изготовленной Кемеровским НИИ «Карболит». Смола отверждается серной кислотой. Опытное закрепление фенолоформальдегидной смолой не привело к эффективному закреплению лёсса вследствие высокого (8-10 %) содержания карбонатов кальция. *Серная кислота была нейтрализована карбонатами и не выполняет роль отвердителя фенолоформальдегидной смолы.* Увеличение концентрации серной кислоты с

целью нейтрализации карбонатов привело к вспучиванию грунта, связанного с выделением углекислого газа при химическом разложении карбонатов.

4.4.3. Проектирование свайных фундаментов

Взрывоопасные объекты завода Пластмасс сначала запроектировали на 20 тыс. ненадежных забивных сваях без учета негативного трения просадочного грунта (табл. 4.4).

Испытание свай с локальным замачиванием грунтов показало их низкую несущую способность. После этого все сваи удлиннили в среднем на 3 м, на некоторых объектах забили дубли свай, усилили их ростверки и, что очень важно, изготовили сульфатостойкие сваи. В обводненных лёссах некоторые сваи опускались без дополнительной нагрузки.

В 1983 году по поручению Госстроя СССР провели *испытание свай длиной 24 м, которые показали расчетную нагрузку от 0 (нуля!) до 120 т.*

Учитывая исключительную важность объектов поливинилбутираля, их проектирование в 1984 г. обсуждалось на уровне Совета Министров СССР, с участием Госстроя, Госплана, Минхимпрома и Минпромстроя СССР. На площадке поливинилбутираля пришлось отказаться от свайных фундаментов. По рекомендации ПНИИС (Р.С. Зянгинов, Б.Ф. Галай) плитные и столбчатые фундаменты возвели на грунтах, уплотненных трамбовками.

Таблица 4.4 – Объекты Прикумского завода пластмасс, построенные на забивных сваях

№ объекта	Название объекта	Размеры в плане	Кол-во свай	Тип свай	Марка свай	Несущая способность свай	Тип просадочности	Часть свай ниже УГВ, м	УГВ от дневной поверхности, м	Абс. отм., м	Автор проекта
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Корпус компаундирования	110х30,5	1435	Одиночные и кусты	С12-30	30 т	II		10 м	101,75	Гипропласт
2	Установка хранения порошка	24х24	310	Кусты	С12-30	35 т	?		10 м	101,75	-//-
3	Склад готовой продукции	128х24	1952	Кусты	С12-30	30 т	II		13,5 м	101,75	-//-
4	Склад оборудования	108х24	320	Кусты	С14-35	35 т	II	1,40	13,8 м	102,80	-//-
5	Отделение реакции (реакторы и холодильник)	49,5х25,3	51	Кусты	С9-30	29 т	I		90,82 а.о.	95-75	-//-
6	Склад масел и химреактивов тарного хранения	48х24	415	Кусты	С12-30 и С13-35	30 т	II	Не менее 1,0-1,5	89,83 м а.о.	102,65	Гипропласт (Ростов н/Д, филиал)
7	Инженерный корпус	100х18	534	Кусты	С6-30 С9-30	30 т	I	Не менее 1,5	90,03	95-85	-//-
8	Бытовой корпус	60х18	?		С5-30 С6-30	30 т	I	Не менее 1,35	90,85	95-80	-//-
9	Блок ремонтных цехов	?	?		?	26 т	II	2,3 м	10-12 (90,44)	101,85	Ставрополь промстройпроект
10	Отделение очистки газов				С6-12						
11	Котельная				С9-12						

4.5. Новые объекты ООО «Ставролен»

4.5.1. Газоперерабатывающий завод

При проектировании взрывоопасных объектов Газоперерабатывающего завода ООО «Ставролен» были запроектированы ненадежные буронабивные сваи стоимостью 1,5 млрд. рублей.

Характеристики состава и свойств грунтов на площадке Газоперерабатывающего завода приведены в Приложении Л.

Для уплотнения просадочных грунтов по проекту СКФУ пробурили 2562 дренажно-взрывные скважины глубиной 6 м. В сухие скважины, до начала замачивания, опустили заряды водостойкого аммонита 6ЖВ массой до 6 кг, упакованные в непроницаемые водозащитные мешочки. Заряды соединили с двумя концами водостойкого детонирующего шнура ДШЭ-12, которые на поверхности земли привязали к деревянным кольшкам на время замачивания (рис. 4.8).



а



б

Рисунок 4.8 – Уплотнение просадочных грунтов на площадке строительства Газоперерабатывающего завода ООО «Ставролен»: а) гидровзрывным способом, б) шнековыми сваями диаметром до 90 см.

Проект получил поддержку самых авторитетных специалистов страны – генерального директора «ЦПЭССЛ», д.т.н. В.Л. Барона и технического директора, д.т.н. М.И. Ганопольского, прошел без замечаний Главгосэкспертизу России (положительное заключение № 1255-15/ГГЭ-10119/02 от 14.09.2015 года) и был реализован под авторским надзором СКФУ с экономическим эффектом **887,372 млн. рублей**. Взрывы выполнили вблизи объектов повышенной опасности (резервуары хранения этилена, действующий склад СУГ и др.).

В результате уплотнения грунтов взрывами плотность скелета грунта в среднем составила $1,64 \text{ г/см}^3$, а модуль деформации в водонасыщенном состоянии $E=12 \text{ МПа}$.

Уплотнение верхнего «буферного» слоя шнековыми сваями дало среднюю плотность сухого грунта $1,65 \text{ г/см}^3$, в теле грунтовой сваи не менее $1,75 \text{ г/см}^3$, модуль деформации $E=20 \text{ МПа}$, удельное сцепление $C=20 \text{ кПа}$, угол внутреннего трения 20 , расчетное сопротивление грунта более $0,25 \text{ МПа}$.

4.5.2. Спортивно-оздоровительный комплекс

Спортивно-оздоровительный комплекс (рис. 4.9) сначала запроектировали на буронабивных ж/б сваях, испытание которых в замоченных котлованах могло надолго задержать строительство этого важного объекта под контролем Лукойла и губернатора края.

Просадочные грунты мощностью до 14 м и сейсмичностью до 8 баллов уплотнили шнековыми сваями с экономическим эффектом *146 млн. рублей*.

Характеристики состава и свойств грунтов на площадке Спортивно-оздоровительного комплекса приведены в Приложении М.



Рисунок 4.9 – Глубинное уплотнение просадочных грунтов шнековым способом и укаткой верхнего слоя на площадке строительства Спортивно-оздоровительного комплекса (Лукоморье), с отбором монолитов уплотненного грунта.

Плотность сухого грунта составила $p_d = 1,66 \text{ г/см}^2$, модуль деформации $E = 20 \text{ МПа}$, удельное сцепление $C = 15 \text{ кПа}$, угол внутреннего трения $\varphi = 25^\circ$.

4.5.3. Система противопожарной защиты

Производство ООО «Ставролен» требует надежную систему противопожарной защиты. В 2018 году при участии автора был реализован проект уплотнения просадочных грунтов мощностью до 18,0 м шнековыми сваями в связи с перевооружением противопожарной защиты завода.

Характеристики состава и свойств грунтов на площадке Системы противопожарной защиты приведены в Приложении Н.

4.6. Строительство военного городка для контрактников

Неудачный опыт строительства военного городка «Северный» учли Военпроект и Северо-Кавказский военный округ, приступая к проектированию военного городка для 1000 контрактников. Новый городок включал каркасные и кирпичные здания с плитными и столбчатыми фундаментами. Стройка была на особом контроле министра обороны С.Б. Иванова.

Просадочные грунты мощностью до 20,0 м уплотнили глубинными взрывами и шнековыми сваями.



Рисунок 4.10 – А. Просадка котлованов после глубинных взрывов на площадке строительства городка для контрактников. Б. Уплотнение просадочных грунтов шнековыми буровыми установками вблизи существующих казарм вертолетного полка. Вид военного городка с плотины оз. Буйвола.

В каждом котловане выполнили взрывы 198 зарядов, массой от 4 до 10 кг, на глубине 6 м, по сетке $2,7 \times 2,25$ м, после 3-х дней замачивания и 2-х дней подсушивания верхнего слоя грунта. Общее количество воды, поданной в каждый котлован, составило 8500 – 9500 м³.

Просадка грунта после взрывов составила 0,9-1,6 м и превысила расчетную просадку от собственного веса в 1,5-2,0 раза.

Плотность сухого грунта составила в среднем 1,65 г/см³ (табл. 4.5). Эти данные свидетельствуют об относительном уплотнении всей просадочной толщи на величину 10-12 %.

Буферный слой толщиной 2,0-3,0 м уплотнили грунтовыми сваями. Модуль деформации уплотненного грунта в водонасыщенном состоянии был равен $E=15$ МПа, а расчетное сопротивление грунта составило $R=0,25$ МПа.

Взрывами уплотнили 150 тыс. м³ просадочного грунта, сроки и стоимость строительства сократили в два раза и сэкономили 25 миллионов рублей.

Таблица 4.5 – Плотность и влажность грунтов по глубине разреза после уплотнения глубинными взрывами

Глубина от подошвы фундамента, м	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5
Средняя влажность, %	18,5	21,0	20,3	18,2	20,7	20,3	20,2	22,3	22,1
Средняя плотность скелета грунта, т/м ³	1,63	1,72	1,78	1,74	1,82	1,80	1,79	1,73	1,75

В теле грунтовых свай плотность сухого грунта (скелета) составила $\rho_d = 1,70-1,81$ т/м³, а в межсвайном пространстве $\rho_d = 1,64-1,68$ т/м³. Среднее значение плотности уплотненного слоя грунта $\rho_d = 1,729$ т/м³. Коэффициент уплотнения (по ГОСТ 30416-96) составил: для тела грунтовых свай – $K_{com} = 0,98$, а для межсвайного грунта $K_{com} = 0,92$, при среднем значении $K_{com} = 0,96$.

4.7. Восстановление аварийных зданий центральной районной больницы после террористического акта 1995 года

В 1995 году Буденновск первый в России испытал крупномасштабное нападение боевиков-террористов. Около **1500 местных жителей и больных** в течение шести дней были заложниками в главном корпусе больницы, **146 из них погибли и более 500 человек получили ранения**. В процессе боевых действий были разрушены водонесущие коммуникации, произошли деформации зданий, построенных на просадочных грунтах.

Президент РФ Б.Н. Ельцин поручил мэру Москвы Ю.М. Лужкову срочно восстановить все здания больницы (Приложение П). Для этого были задействованы лучшие фирмы Москвы: Москапстрой, Мосспецпромстрой, Московский НИИ и

проектный институт объектов культуры, отдыха, спорта и здравоохранения (МНИИПОКОСЗ). Изыскания и укрепление просадочных грунтов и фундаментов аварийных зданий выполнил СевКавПНИИС Госстроя РФ.

Главный корпус больницы был построен в 1969-71 г.г. на ленточных фундаментах из бетонных блоков шириной 0,5 м, установленных на бетонную подготовку и просадочные грунты. Фундаменты имели разную глубину (1,6–2,95 м) в зависимости от нагрузки и наличия подвалов.

В главном корпусе (рис. 4.11) были зафиксированы многочисленные трещины до 20 мм. К счастью, при обстреле здания в зоне пожаров не произошла потеря прочности и несущей способности железобетонных перекрытий.



Рисунок 4.11 – Главный и терапевтический корпуса больницы. На терапевтическом корпусе надпись: «Москва – Буденновску».

Главным и наиболее ответственным видом строительных работ было укрепление просадочных лёссов на глубину 12 м грунтовыми сваями с шагом 1 м в количестве 470 штук. Сваи с наклоном к вертикали 10^0 уплотнили грунт под наружным краем фундаментов, подобно «стене в грунте» выполнили функцию вертикальной противифльтрационной завесы, уплотнили насыпные грунты обратной засыпки и предотвратили просадку отмосток вокруг здания.

Недостроенное здание терапевтического корпуса (роддома) было запроектировано на 22-метровых забивных составных сваях с шагом 1,25 м, опирающихся на глубине 20 м на плотные глины. Здание считалось наиболее

надежным в больничном комплексе, т.к. испытание опытных свай выполнил Фундаментпроект. Уплотнение грунтов по периметру здания не произвели.

Сразу после сдачи больницы в эксплуатацию в здании роддома появились многочисленные трещины шириной 1-3 мм, раскрылся осадочный шов, провалились отмостки и крыльца (рис. 4.12). В подвалы роддома после дождей хлынули ливневые воды. Замачивание просадочных грунтов через неуплотненную обратную засыпку привело к снижению бокового трения по периметру свай и потере их несущей способности.



Рисунок 4.12 – Терапевтический корпус (роддом), построенный на забивных сваях длиной 22 м, с трещинами и провалом отмостки.

Одноэтажная пристройка к роддому была запроектирована на таких же забивных сваях с шагом 2,2 м и была рассчитана на нагрузку одного этажа. Специалисты МНИИПОКОСЗ, Мосгоргеотреста и СевКавПНИИИС приняли решение: *«Увеличение расчетной нагрузки на сваи возможно при выполнении противофильтрационной завесы и уплотнения грунтов обратной засыпки методом СКФ ПНИИИС... Комиссия считает целесообразным и возможным надстройку 2-го и 3-го этажей над одноэтажным блоком роддома без усиления ростверка и забивки дополнительных свай»*. Уплотнение околосвайного грунта позволило устранить и увеличить нагрузку на сваю до 70-80 тс и надстроить два дополнительных этажа. Несмотря на возросшую (почти в три раза!) нагрузку на сваи, здание пристройки не имеет деформаций.

Двухэтажный травматологический корпус раньше был монашескими кельями Мамай-Маджарского монастыря. Здание было построено в два этапа. В 1888 году возвели первую часть здания на фундаментах из пиленого камня-ракушечника с шириной подошвы 0,70 м и заглублением до 1,85 м. Другая часть здания пристроена позже на таких же фундаментах с глубиной заложения всего 0,3 – 0,7 м. Аварийные деформации испытала в основном пристроенная часть здания. Для поддержания ее стен были возведены контрфорсы и установлены металлические тяжи, которые, однако, не остановили деформации.

Корпус сначала решили снести. Но руководству Москвы понравился местный красный кирпич, похожий на кирпич кремлевских стен. Основание здания укрепили грунтовыми сваями, а слабые фундаменты усилили набивными ж/б сваями и ростверком, жестко соединенным с фундаментом. Это позволило передать нагрузку от стен здания на ж/б сваи в уплотненном массиве.

После укрепления грунтов и фундаментов разобрали кирпичные контрфорсы, искажающие архитектурный облик здания, выполнили локальное усиление здания металлическими тяжами в специальных нишах-штрабах (рис. 4.13).



Рисунок 4.13 – Бывшее здание Мамай-Маджарского монастыря

17 апреля 1996 года в процессе предвыборной президентской кампании в Буденновск приехал Б.Н. Ельцин, который заложил фундамент для здания Часовни, в которой вскоре появились многочисленные трещины (рис. 4.14).



Рисунок 4.14 – Часовня Б.Н. Ельцина с трещинами.

Здание котельной имело сквозные трещины до 50 мм и считалось самым аварийным в больничном комплексе. Основание здания уплотнили грунтовыми сваями, а стены с двух сторон укрепили спаренными швеллерами.

Кроме указанных основных зданий на территории больницы были укреплены грунтовыми сваями основания вспомогательных построек.

При исследовании просадочных грунтов на территории больницы был установлен факт, заслуживающий особого внимания. Здесь в разное время провели изыскания СтавропольТИСИЗ (1978), московский Фундаментпроект (1988) и Северо-Кавказский филиал ПНИИИС (1995), которые установили, что на площадке до глубины 12 м распространен типичный лёсс с расчетной просадкой от собственного веса **20-24 см**. Ниже просадочной толщи расположен непросадочный уплотненный лёсс мощностью 3,5 м и обводненные (ниже уровня грунтовых вод) песчано-глинистые отложения р. Кумы. Грунтовые воды были вскрыты на глубине 16,0 м от поверхности земли.

Позже оказалось, что, несмотря на высокий уровень специалистов, выполнивших изыскания, **фактическая просадка грунта оказалась в 5 раз больше расчетной**. Сейчас на территории больницы образовалось просадочное блюдце глубиной до 1,0 м, в зону влияния которого попал главный корпус больницы (рис. 1.2). Сверхнормативная просадка от собственного веса грунта

объясняется суффозионными процессами, которые не моделируются стандартной (по ГОСТу) оценкой просадочности в компрессионных приборах.

Учитывая высокую стоимость и социальное значение больничного комплекса, отчет по инженерным изысканиям и проекты укрепления просадочных грунтов были рассмотрены Главгосэкспертизой РФ, которая отметила: *«Рекомендации в отчетах по укреплению просадочных грунтов методом буронабивных грунтовых свай по наружной части зданий, а также по заложению 2-3 створов гидрогеологических наблюдательных скважин и организации наблюдений за осадками зданий являются обоснованными».*

Поддержка Главгосэкспертизы материалов изысканий и ставропольской технологии укрепления просадочных грунтов на правительственном объекте, имеющем в то время международное звучание, была очень важной.

Настоящим испытанием укрепления просадочных грунтов явилось затопление территории больницы ливневыми водами в июне-июле 1997 года. После дождей «дрогнули» 22-метровые «свай-стойки» под терапевтическим корпусом больницы. По распоряжению В.И. Ресина была создана московская комиссия, которая отметила: *«основные конструкции главного корпуса находятся в удовлетворительном состоянии и никаких мер по их усилению не требуется...Терапевтический корпус (бывшее здание роддома) имеет фундаменты в виде свай-стоек длиной до 22 м, прорезающих толщу посадочного грунта и опертые на плотные слои глины. В продольных несущих внутренних и наружных стенах имеются небольшие в пределах этажа трещины, в ряде помещений подвала, из-за обрушения бетонной отмостки у здания, при дождях поступает поверхностная вода...В результате прошедших в июне-июле с.г. сильных дождей ...во многих местах произошел отрыв отмостки от подстилающего слоя, ее провисание и разрушение. На отдельных участках дорожек, проездов и газонов появились локальные просадки и провалы, дали осадку и крен заборные шахты выносных вентиляционных и отдельные входные крыльца. В настоящее время нарушена общая система отвода атмосферных вод, и вода свободно поступает во многих местах в подвальные помещения. Непринятие*

срочных мер по восстановлению этой системы может привести в осенне-зимний период к дальнейшему развитию деформаций... Руководству больницы по договору с СКФ ПНИИИС организовать систематическое инструментальное наблюдение за деформациями в зданиях и динамикой грунтовых вод».

Спустя четыре года (в 2001 г.) в зданиях с неукрепленными основаниями появились трещины. По распоряжению мэра Ю.М. Лужкова была создана комиссия, которая отметила: *«В главном корпусе больницы, фундаменты которого были усилены 470 буронабивными грунтовыми сваями, а также в пристройке пищеблока трещины по наружным и внутренним стенам отсутствуют... Во вновь построенном терапевтическом отделении больницы, состоящем из родильного, кардиологического отделения, административной части, детского отделения и аптеки установлено появление трещин между корпусами, построенных на разных основаниях в местах деформационных швов, на стенах имеются отдельные трещины. Фундаменты этих отделений выполнены в виде свай длиной до 22 метров, прорезающих толщу просадочного грунта 8-10 м и опертых на плотные слои глины. Заключение на несущую способность и разрешение на возведение здания получено после обследования свай НИИОСП им. Н.М. Герсегонова. В связи с чем в терапевтическом корпусе не производилось уплотнение грунтов».*

Запроектированный и реализованный комплекс работ по укреплению оснований аварийных зданий больницы оказался достаточно эффективным. Деформации зданий удалось остановить. Больница с 1995 года функционирует нормально и считается лучшей в Ставропольском крае. Тем не менее, гарантировать долговременную эксплуатационную устойчивость зданий, построенных на просадочных грунтах II-го типа при неконтролируемом и тотальном подтоплении территории больницы невозможно. Водоотвод ливневых вод с территории больницы не организован. Дальнейшее развитие просадочного блюдца между главным зданием и роддомом может привести к новым деформациям зданий и разрушению подземных коммуникаций.

Шнековые сваи при укреплении просадочных грунтов на больнице дали **30-кратную экономию** средств по сравнению с силикатизацией и другими методами.

4.8. Выводы по главе 4

1. Применение свайных фундаментов в условиях Буденновска ограничивают большая мощность просадочной толщи, отсутствие надежного несущего слоя, высокая сейсмичность территории и неразработанность строительных нормативов. При проектировании взрывоопасных объектов крупнейшего в стране химического комплекса (Прикумский завод пластмасс) было заменено около 20 тысяч ненадежных забивных свай из-за их недостаточной длины и сульфатостойкости в агрессивной грунтовой воде.

2. Основными методами подготовки надежных оснований стали усовершенствованные глубинные взрывы в предварительно замоченных котлованах и грунтовые сваи, изготовленные шнековым способом, при новом строительстве; а шнековые сваи – при реконструкции и восстановлении аварийных зданий и сооружений. Для практического применения этих методов, с участием автора, составлены: единственное в России Пособие [31], согласованное с Госгортехнадзором и Кавказвзрывпром, и Рекомендации [33], согласованные с Главгосэкспертизой РФ на крупных объектах г. Буденновска и Северного Кавказа, и НИИ оснований.

3. Имеется возможность усовершенствовать указанные технологии при дальнейшей подготовке оснований в условиях г. Буденновска.

ГЛАВА 5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ г. БУДЕННОВСКА

5.1. Рекомендации по инженерным изысканиям

5.1.1. При изысканиях в г. Буденновске следует выполнять требования действующих строительных нормативов: определить тип грунтовых условий по просадочности, относительную просадочность при бытовом и фактическом давлениях, начальное просадочное давление, начальную просадочную влажность, модуль деформации при естественной влажности и в водонасыщенном состоянии, коэффициент изменчивости сжимаемости основания, сцепление и угол внутреннего трения при естественной влажности, в водонасыщенном состоянии и при заданной плотности грунтов, дать рекомендации по противопросадочным мероприятиям.

5.1.2. Бурение скважин выполнить с отбором монолитов через 1-2 м тонкостенными или обуривающими грунтоносами [137, с. 466], при этом следует учитывать возможное уплотнение грунта и ошибочный перевод II типа грунтовых условий в I тип (непросадочный от собственного веса грунта). Глубина выработок должна быть на 3-5 м ниже просадочной толщи, а для свайных фундаментов – на 5 м ниже концов свай при рядовом расположении и на 15 м – при свайных полях, или до прочных грунтов.

5.1.3. Литологическое описание грунтов должно соответствовать требованиям СП 47.13330.2016, с выделением ИГЭ и стратиграфических комплексов.

5.1.4. Для предварительной оценки величины просадочной толщи и типа просадочности рекомендуется карта просадочных грунтов г. Буденновска (рис. 1.4).

5.1.5. Литологический состав лёссовых грунтов следует характеризовать числом пластичности и гранулометрическим составом (табл. 1.3). Гранулометрический состав следует определять растиранием с пирофосфатом натрия, при котором достигается максимальная диспергация лёссового грунта. При агрегатном анализе основное внимание уделить макроагрегатам (размером более 0,05 мм) как важнейшим структурным элементам, армирующим структуру лёссового грунта.

5.1.6. Для предварительной оценки модуля деформации лёсса Буденновска предлагается табл. 1.8 с коэффициент $m_k=1,0$, а прочностные характеристики рекомендуется определять по табл. 1.9.

5.1.7. Для предварительной оценки относительной просадочности при различных давлениях предлагаются графики (рис. 1.9), опубликованные в [28]. Рекомендуемые характеристики грунтов необходимо сравнить с результатами лабораторных испытаний [137, с. 63, 69].

5.1.8. Отчет по изысканиям в Буденновске должен содержать рекомендации по противопросадочным мероприятиям [126, п. 6.10] с учетом инженерно-геологических условий, особенностей сооружения и методов выполнения работ по подготовке оснований и устройству фундаментов.

5.1.9. На стадии строительства при выполнении контроля качества инженерной подготовки оснований дать характеристики прочностных и деформационных свойств *уплотненных* грунтов [135, п. 6.7.3.2].

5.1.10. Изыскания в период эксплуатации зданий и сооружений выполняются при реконструкции (капитальном ремонте) и техническом перевооружении с увеличением нагрузки на основание; при возникновении предаварийной ситуации и необходимости укрепления основания и (или) усиления фундаментов; при проектировании мероприятий инженерной защиты; при расследовании причин аварии или необходимости проведения поверочных расчетов [135, п. 6.5.2]. В этих случаях технический отчет должен содержать сведения об изменении гидрогеологических условий, состава и свойств грунтов

основания; необходимо дать прогноз дальнейших деформаций и рекомендации для проектирования противопросадочных мероприятий.

5.1.11. Обследование оснований существующих зданий и сооружений выполняется с учетом требований ГОСТ Р 53778 [СП 47.13330.2012, п. 6.5.2].

5.2. Рекомендации по проектированию противопросадочных мероприятий при новом строительстве и реконструкции зданий и сооружений на просадочных грунтах г. Буденновска

5.2.1. Проектирование фундаментов на просадочных грунтах всегда сопряжено с риском, оценить который не всегда представляется возможным [137, с. 80]. В условиях Буденновска *«ошибки, допущенные при проектировании и возведении фундаментов, могут привести к проведению дополнительных мероприятий, значительно превышающих стоимость фундаментов»* [137, с. 80]. В соответствии с указанием нормативов [107, п.1.3в; 127, п.1.1; 132, п.4.10], при проектировании фундаментов на просадочных грунтах в г. Буденновске необходимо учитывать местный положительный и неудачный опыт строительства, а также возможности строительных организаций.

5.2.2. Применение свайных фундаментов в условиях Буденновска ограничивают факторы, указанные в главе 3. В соответствии с СП 24.13330.2011, п. 9.2, при просадке более 30 см следует уплотнить просадочные грунты (см. п. 5.2.7).

5.2.3. Гидровзрывной метод. Для устранения просадочности мощных (15-50 м) лёссовых толщ Буденновска наиболее эффективным, а иногда и безальтернативным, является гидровзрывное уплотнение, успешному применению которого способствуют: легкий гранулометрический состав лёсса (супесь, легкий суглинок); слабая водостойкость структурных связей и быстрое размокание лёсса;

однородность литологического состава по глубине и по простиранию; отсутствие прослоев малопроницаемых пород; высокая пористость грунтов и, соответственно, их высокая водопроницаемость; быстрый сброс избыточной гравитационной воды после взрывов и стабилизация послевзрывной просадки в течение 15-25 дней.

Эти особенности лёссовых грунтов позволили применить в Буденновске новую технологию гидровзрывного уплотнения:

- замачивание котлованов выполняется без дренажных скважин,
- бурение дренажно-взрывных скважин выполняют шнеками диаметром 200 мм на глубину до 6 м, используя буровые станки, имеющиеся в каждой изыскательской организации,
- заряды ВВ в герметичной упаковке (водостойкий аммонит 6ЖВ) опускают в забой скважин до начала замачивания без обсадных труб. Для исключения отказа при взрывах заряды соединяют с двумя проводами экранированного детонирующего шнура, концы которого привязывают к колышкам на время замачивания котлована,
- дренажно-взрывные скважины с зарядами заполняют дренажным материалом (крупный песок, гравий, ПГС, шлак и др.),
- замачивают не всю просадочную толщу, а только на глубину $0,75H_{sl}$. Нижняя часть толщи ($\sim 0,25H_{sl}$) поглощает избыточную воду после взрывов и уплотняется весом вышележащего грунта. Это позволяет сократить сроки замачивания и значительно уменьшить расход воды,
- взрывы производят через 3-5 дней после поглощения расчетного объема воды и осушения верхнего слоя (2-4 м). Это позволяет исключить переувлажнение верхнего слоя, образование т.н. «лягушатника» и сразу приступить к уплотнению верхнего «буферного» слоя,
- чтобы уменьшить сейсмическое воздействие от взрывов, взрывы производят с интервалом 5 сек,
- чтобы «оторвать» замоченную часть массива от окружающего грунта, сначала взрывают контурные заряды, а затем оставшиеся внутри котлована.

Этапы производства взрывных работ показаны на рис. 5.1.



Рисунок 5.1 — Технология гидровзрывного уплотнения просадочных грунтов: 1) дренажно-взрывные скважины, 2) уплотняемый массив грунта, 3) котлован, 4) детонирующий шнур (ДШЭ-12), 5) заряды ВВ, 6) замоченный массив грунта.

Рекомендуемая технология позволяет исключить обводнение котлована и приступить к уплотнению «буферного» слоя сразу после глубинных взрывов.

Большая экономия и сокращение сроков подготовки основания достигается за счет: бурения неглубоких дренажно-взрывных скважин шнековыми установками, имеющимися в каждой изыскательской организации; отказом от применения обсадных стальных труб длиной $0,75H_{cl}$; экономии воды и непрерывного производств работ по подготовке основания.

Новая технология взрывов **в 3-4 раза** снизила стоимость и сроки гидровзрывного уплотнения просадочных грунтов.

Для массового применения взрывов, в том числе на застроенных территориях, с участием автора составлено единственное в России Пособие [31], согласованное с Госгортехнадзором России и ОАО «Кавказвзрывпром», и написана монография [36].

Следует продолжить опробование глубинных взрывов сосредоточенных зарядов в просадочном лёссе, образующих полости-«колодцы» диаметром до 1,0-1,2 м. Это позволит отказаться от удлиненных зарядов при устройстве грунтовых свай, рекомендованных в нормативах, а уплотнение грунта в расширенных скважинах выполнить шнековым способом.

5.2.4. Шнековые сваи. Справочник геотехника [137, с. 169] указывает способы устройства скважин с вытеснением грунта (статическое продавливание, раскатывание, вибрационное продавливание, пробивка) для устройства свай из инертных материалов (грунтовые, песчаные, грунто-известковые, щебеночные). В Справочнике (с. 180) отмечены достоинства этих технологий: небольшая стоимость материалов, высокая производительность, короткие сроки подготовительных работ, минимальный шум и незначительное экологическое воздействие по сравнению с забивными сваями.

Эти же достоинства имеют также рекомендуемые «шнековые» сваи, название которым предложил профессор З.Г. Тер-Мартirosян [139].

Шнековые сваи применяются с целью:

- устранить просадочность лёссовых и насыпных грунтов;
- уплотнить просадочные и слабые грунты вокруг ж/б свай для повышения их несущей способности;
- уплотнить слабые песчано-глинистые грунты, в том числе лёссовые грунты после предварительного замачивания и гидровзрывного уплотнения;
- создать вертикальную противодиффузионную завесу или водонепроницаемый экран из уплотненного глинистого грунта;
- уплотнить насыпные грунты обратных засыпок взамен трамбовок и пневмопробойников, рекомендуемых СН 536-81 [61];
- для снижения категории грунтов по сейсмическим свойствам (в глинистых грунтах с $I_L \leq 0,5$ при $e \geq 0,9$ для глин и суглинков и $e \geq 0,7$ - для супесей).

Технологическая схема устройства шнековых свай показана на рис. 5.2.

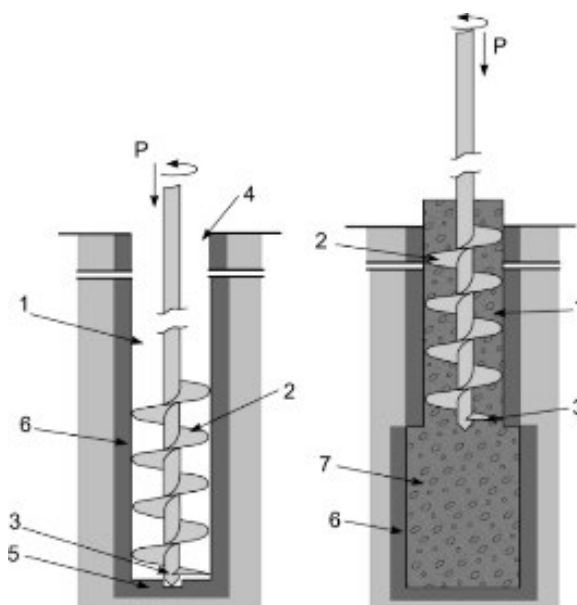


Рисунок 5.2 – Технология выполнения шнековых свай: 1) погружение шнеков на глубину уплотнения, 2) обратное вращение шнеков с подачей рабочего материала и реактивный подъем шнеков с образованием «шнековой» свай:

1 – скважина, 2 – шнеки, 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

Диаметр буронабивной сваи зависит от нагрузки на шнеки и деформируемости уплотняемого грунта. В обводненных лёссах при использовании шнеков диаметром 200 мм получают грунтовые сваи диаметром до 1,0 м.

Применение тяжелых буровых установок типа БАУЭР может дать диаметр грунтовых и бетонных свай до 2,0-2,5 м, недостижимый пробивным способом при помощи бурового станка БС-1М.

Шнековые сваи располагают таким образом, чтобы обеспечить в уплотненном массиве требуемую плотность грунта. В теле грунтовых свай достигается плотность сухого грунта достигает $\rho_d \geq 1,90 \text{ т/м}^3$ и степень уплотнения $K_{com}=0,98-1,0$.

Для практического применения новой технологии с участием автора составлены Рекомендации [33], согласованные с НИИ оснований и Главгосэкспертизой РФ.

5.2.5. Уплотнение обводненных лёссовых грунтов *песчаными, известковыми и грунтоцементными сваями* [1, с. 149, 161; 136, с. 361-362, 364, 406, 419] можно выполнить без обсадных труб и трамбовок весом 400 кг шнековыми буровыми установками согласно Рекомендациям [33]. Это даст возможность применить серийные изыскательские шнековые установки для производства строительных работ. Такое укрепление обводненных лёссовых грунтов выполняется в Буденновске после глубинных взрывов в пределах активной (сжимаемой) зоны под фундаментами.

5.2.6. По заданию СоюзморНИИпроекта и МГСУ рекомендуемая технология была опробована в 2013 г. при проектировании Морского комплекса в г. Темрюк на грунтах, аналогичных Керченскому проливу. Заведующие кафедрами МГСУ, д.т.н. З.Г. Тер-Мартirosян и д.т.н. И.Г. Кантарджи в проекте указали: *«Рассмотрев существующие варианты закрепления и уплотнения слабых грунтов, а также проанализировав опыт реализации рассмотренных технологий в РФ и мире, авторы пришли к выводу, что в данных инженерно-геологических условиях оптимальным методом уплотнения слабого ила будет являться использование песчаных свай-дрен, которые не только эффективно повышают механические характеристики слабого грунта, но и значительно сокращают время уплотнения (консолидации) преобразованного основания».*

Высокую оценку шнековым сваям дали специалисты Автодора и Института «Гипростроймост–Санкт-Петербург» при рассмотрении возможного укрепления слабых грунтов Керченского пролива: *«Метод укрепления слабых грунтов в основании сооружений способом грунтовых буронабивных свай широко распространен в транспортном строительстве. В ходе проектирования Транспортного перехода через Керченский пролив проектировщиком рассматривается вариант укрепления основания насыпи по косе Тузла методом буронабивных свай. Конкретная технология их устройства, а также материал*

заполнения свай будут определены на основе расчетов, исходя из данных инженерно-геологических изысканий и определения несущей способности грунтов естественного залегания, и выбрана на основе технико-экономического сравнения вариантов».

5.2.7. Повышение несущей способности забивных и буронабивных свай в просадочных и обводненных лёссовых грунтах.

Специалисты НИИ оснований [70, с. 84, 298] предложили использовать грунтовые сваи для повышения несущей способности железобетонных свай в просадочных грунтах. При этом они отметили, что стоимость, трудоемкость и длительность выполнения этих работ превышает затраты на свайные фундаменты.

Негативное отношение к «нормативным» грунтовым сваям объясняется устаревшей технологией с применением дорогого и малопроизводительного бурового станка БС-1М.

В.И. Крутов и др. [70, с. 431-436] рассмотрели устаревшую технологию *гидровзрывного уплотнения* просадочных грунтов, основанную на киевских рекомендациях 1984 года [114].

Комплексирование новых технологий глубинных взрывов и шнековых свай открывает дорогу свайным фундаментам при строительстве на мощных (более 20 м) просадочных толщах Буденновска и Северного Кавказа [123]. В уплотненных лёссовых грунтах допускается определение несущей способности свай статическим или динамическим испытанием, испытанием эталонной сваей, статическим или динамическим зондированием.

5.3. Рекомендации по эксплуатации существующей застройки на просадочных грунтах г. Буденновска

5.3.1. Основную опасность для существующей застройки представляет замачивание просадочных грунтов атмосферными и техногенными водами. В условиях Буденновска недостаточными и малоэффективными являются водозащитные мероприятия, рекомендуемые СП 22.13330.2011. п. 5.9.2. Эти мероприятия следует считать временными и дополнительными при восстановлении аварийных зданий и сооружений. Аварийные деформации сооружений с «сухим» производством (Буденновский элеватор и др.) показали необходимость устранения просадочных свойств в их основаниях и ошибочность п. 6.1.8 СП 22.1330.2011.

5.3.2. В Буденновске аварийные деформации зданий за счет замачивания грунтов атмосферными водами чаще всего происходят в результате проникновения воды через неуплотненные грунты обратной засыпки пазух котлованов. В этих условиях шнековые сваи выполняют три защитные функции: уплотняют грунт под подошвой фундамента, уплотняют грунт обратной засыпки и создают вертикальную противифльтрационную завесу из плотного ряда грунтовых свай.

5.3.3. В стесненных условиях, в том числе в подвалах зданий, эффективным методом глубинного укрепления просадочных грунтов являются реверсивные кроты-пневмопробойники, при использовании которых вместо грунта можно применять щебень, бетонные смеси и другой рабочий материал. Эта технология была успешно опробована на аварийных объектах (Молочный завод и др.).

5.3.4. Аварийные утечки из водонесущих коммуникаций особенно опасны для существующей застройки. Лёсс Буденновска легко разрушает напорной струей воды уплотненные и утрамбованные грунтовые подушки. С помощью пожарной машины автору удалось струей воды в районе Буденновска за 30 минут проколоть 40 м лёссовой ж/д насыпи для футляра газовой трубы. Таким же способом было

выполнено одностороннее замачивание при выправлении крена силкорпуса Буденновского элеватора.

5.3.5. Управлению ЖКХ г. Буденновска необходимо постоянно контролировать водонесущие коммуникации и немедленно устранять аварийные ситуации.

5.3.6. На территории города и особенно на площадках водообильных и проблемных предприятий города необходимо оборудовать гидрогеологические наблюдательные скважины (районная больница, ООО «Ставролен», жилая застройка, военный городок «Северный», очистные сооружения и др.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В районе г. Буденновска – крупного промышленного центра Ставропольского края – распространены уникальные лёссовые грунты мощностью до 100-120 м, с просадочной толщей до 55 м и просадкой до 2,5 м, подтвержденной практикой строительства.

2. Для анализа успешного и неудачного опыта строительства потребовалось детально изучить состав, структурные особенности и специфические свойства опорных лёссовых разрезов города и района, а также критически рассмотреть практически все методы строительства на просадочных грунтах. Анализ действующих нормативов показал ограниченность, а иногда и ошибочность их применения для условий г. Буденновска.

3. В условиях Буденновска просадочные лёссы с сейсмичностью 8 баллов ограничивают применение свайных фундаментов.

4. Глубинные методы подготовки лёссовых оснований (гидровзрывное уплотнение и грунтовые сваи) подверглись существенной корректировке, а предстроительное замачивание котлованов, силикатизация и обжиг исчезли из практики строительства.

5. Для укрепления просадочных лёссов наиболее эффективными стали гидровзрывное уплотнение и шнековые сваи, имеющие многоцелевое применение. В качестве рабочего материала для шнековых свай рекомендуются местный лёсс, песчано-гравийные и песчано-цементные смеси, негашеная известь и другие компоненты, закрепляющие просадочный и обводненный лёсс. В стесненных условиях (подвалы и др.), для уплотнения просадочных грунтов и усиления фундаментов ж/б сваями опробованы и рекомендуются кроты-пневмопробойники (СН 536-81).

Перспективы дальнейшей разработки темы

1. Продолжить дальнейшее изучение состава, структуры и свойств просадочных и укрепленных лёссовых грунтов для научного обоснования новых и усовершенствованных методов инженерной подготовки оснований.
2. Совместно с Администрацией г. Буденновска продолжить наблюдение за состоянием построенных и аварийных объектов. Провести паспортизацию жилых домов и систем жизнеобеспечения города.
3. В соответствии с Федеральным законом № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», по специальной программе необходимо проверить несейсмостойкие забивные сваи под взрывоопасными сооружениями ООО «Ставролен», более 40 лет находящиеся в агрессивной грунтовой воде.
4. Составить Экологический паспорт Буденновска с учетом действующих экологических нормативов и крупного химзавода (ООО «Ставролен»).
5. При корректировке нового генплана учесть специфические просадочные грунты как неблагоприятный градостроительный фактор.

Список литературы

1. Абелев, М.Ю. Слабые водонасыщенные глинистые грунты как основания сооружений / М.Ю. Абелев // VIII Междунар. конгресс по механике грунтов и фундаментостроению. – Москва : Стройиздат, 1973. – 288 с.
2. Абелев, Ю.М. Основные результаты изучения особенностей строительных свойств лессовидных грунтов и методов их упрочнения / Ю.М. Абелев // Строительство на лессовидных грунтах : по материалам совещания по строительству на лессовидных грунтах (23–25 марта 1938 г.). – Москва ; Харьков : Госстройиздат, 1939. – С. 7-54.
3. Абелев, Ю.М. Основы проектирования и строительства на макропористых грунтах / Ю.М. Абелев. – Москва : Союзвоенмориздат, 1948. – 203 с.
4. Абелев, Ю.М. Основы проектирования и строительства на просадочных макропористых грунтах / Ю.М. Абелев, М.Ю. Абелев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1968. – 432 с.
5. Абелев, Ю.М. Основы проектирования и строительства на просадочных макропористых грунтах / Ю.М. Абелев, М.Ю. Абелев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1979. – 271 с.
6. Аджимамедов, Р.Е. Страницы истории Прикумья с древнейших времен / Р.Е. Аджимамедов. – Буденновск : Буденновская типография, 1992. – 172 с.
7. Акرويد, Т. Лабораторные испытания грунтов в строительстве / Т. Акرويد. – Москва : Автотрансиздат, 1959. – 220 с.
8. Ананьев, В.П. Минералогический состав лёссовой породы Ставрополя (Северный Кавказ) / В.П. Ананьев // Доклады АН СССР. – 1956. – Т. 110. – № 6. – С. 1079-1082.
9. Ананьев, В.П. Минералы лессовых пород / В.П. Ананьев, В.И. Коробкин. – Ростов-на-Дону : РГУ, 1980. – 200 с.

10. Ананьев, В.П. О модуле деформации лёссовых грунтов / В.П. Ананьев, Е.А. Дуве // Основания, фундаменты и механика грунтов: Материалы 3-го Всесоюзного совещания. – Киев: Будивельник, 1971. – С. 125-127.

11. Ананьев, В.П. О связи гранулометрического состава с минералогическим в эоловых лессах / В.П. Ананьев // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. – Москва : АН СССР, 1960. – № 24. – С. 66-71.

12. Ананьев, В.П. Опыт организованного увлажнения основания промышленного сооружения (на примере цеха ЖБИ в городе Буденновске Ставропольского края) / В.П. Ананьев, А.Л. Диковский // Вопросы исследования лёссовых грунтов, оснований и фундаментов. – Ростов-на-Дону: РИСИ, 1976. – Вып. 6. – С. 50-55.

13. Ананьев, В.П. Строение и состав лёссового покрова юго-востока Русской платформы и Предкавказья по данным опорных скважин / В.П. Ананьев // Тезисы докладов научной конференции. – Ростов-на-Дону : РГУ, 1963. – С. 195-196.

14. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – Москва : МГУ, 1970. – 487 с.

15. Аскарлов, Х.А. Химическое закрепление оснований, возводимых на лёссовых просадочных грунтах по упрощенной технологии / Х.А. Аскарлов, Р.К. Кенджаев // Строительство и архитектура Узбекистана. – Москва : МГУ, 1968. – № 4. – С. 8-10.

16. Багдасаров, Ю.А. Применение новых способов уплотнения просадочных грунтов / Ю.А. Багдасаров, С.Л. Фингеров // Основания, фундаменты и механика грунтов. – Москва : Экономика, строительство, транспорт, 1994. – № 5. – С. 18.

17. Балаев, Л.Г. Особенности проектирования оснований и фундаментов зданий и сооружений на лёссовых просадочных грунтах Северного Кавказа / Л.Г. Балаев. – Госстрой СССР. Производ. и науч.-исслед. ин-т по инж. изысканиям в строительстве. Сев.-Кав. отд-ние. – Ставрополь, 1970. – 214 с.

18. Балаев, Л.Г., Лессовые породы Центрального и Восточного Предкавказья / Л.Г. Балаев, П.В. Царев // Акад. наук СССР. Лаборатория гидрогеол. проблем им. Ф. П. Саваренского. – Москва : Наука, 1964. – 248 с.

19. Богомолов, А.Н. К вопросу об отборе образцов лёссовых грунтов ненарушенного сложения при инженерно-геологических изысканиях / А.Н. Богомолов, Ю.И. Олянский, С.И. Шиян и др. // Инженерная геология. – Волгоград: ВГТУ, 2009. – № 4. – С. 56-58.

20. Васильев, А.В. Об определении модуля деформации глинистых грунтов лабораторными методами // Исследование инженерно-геологических свойств грунтов. – Москва : Стройиздат, 1986. – С. 43-48.

21. Васильев, В.А. Методика и результаты опробования буровых наконечников при проходке скважин для испытания глинистых грунтов полевыми методами / В.А. Васильев, А.Л. Герасимов // Инженерные изыскания в строительстве. Инженерно-геологические исследования в связи со строительством на Северном Кавказе. – Москва, 1977. – №10 (63) – С. 10-12.

22. Величко, А.А. К вопросу о последовательности и принципиальной структуре главных климатических ритмов плейстоцена / А.А. Величко // Вопросы палеогеографии плейстоцена ледниковых и перигляциальных областей. – Москва : Наука, 1981. – С. 220-245.

23. Величко, А.А. Структура термических изменений палеоклиматов мезокайнозоя по материалам изучения Восточной Европы / А.А. Величко // Климаты Земли в геологическом прошлом. – Москва : Наука, 1987. – С. 5-43.

24. Воробьев, Е.А. Зависимость деформационных параметров супесей от их физического состояния / Е.А. Воробьев, Т.М. Шлыкова // Инженерная геология. – Москва : Геомаркетинг, 2009. – № 3. – С. 32-33.

25. Галай, Б.Ф. 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. – Ставрополь : СКФУ, 2015. – № 1 (46). – С. 19-23.

26. Галай, Б.Ф. Аварии зданий и сооружений, построенных на свайных фундаментах в просадочных грунтах Юга России / Б.Ф. Галай, В.В. Сербин // Вестник СКФУ. – Ставрополь : СКФУ, 2014. – № 6 (45). – С. 20-26.

27. Галай, Б.Ф. Восстановление аварийных зданий Буденновской больницы после террористического акта 1995 года: монография / Б.Ф. Галай, Б.Б. Галай, О.Б. Галай. – Ставрополь: СКФУ, Ставропольсервисшкола, 2018. – С. 172.

28. Галай, Б.Ф. Критические замечания к положениям нормативных документов по оценке просадочности лёссовых грунтов по их физическим характеристикам / Б.Ф. Галай, В.В. Сербин, В.С. Плахтюкова, О.Б. Галай // Инженерные изыскания. – Москва : Геомаркетинг, 2016. – № 14. – С. 18-23.

29. Галай, Б.Ф. Лёссовые грунты Китая и Северного Кавказа (условия формирования, состав, свойства, просадочность) / Б.Ф. Галай, Б.Б. Галай // Вестник СевКавГТУ. Серия Естественнаучная. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2004. – №1 (7). – С. 112-116.

30. Галай, Б.Ф. Опыт уплотнения просадочных грунтов на Северном Кавказе / Б.Ф. Галай, В.В. Сербин, О.Б. Галай // Геотехника. – Москва : Геомаркетинг, 2018. – № 5-6. – С. 42-50.

31. Галай, Б.Ф. Пособие по уплотнению просадочных грунтов глубинными взрывами в условиях Северного Кавказа / Б.Ф. Галай, О.Б. Галай, В.В. Сербин. – 3-е изд., доп. – Ставрополь: СКФУ, 2016. – 142 с.

32. Галай, Б.Ф. Результаты применения противопросадочных мероприятий в Ставропольском крае / Б.Ф. Галай // Закрепление и уплотнение грунтов в строительстве: Материалы VIII Всесоюзного совещания. – Киев : Будивельник, 1974. – С. 84-88.

33. Галай, Б.Ф. Рекомендации по проектированию и устройству буронабивных грунтовых свай, изготовленных шнековым способом в просадочных и слабых грунтах / Б.Ф. Галай, О.Б. Галай, В.В. Сербин. – 3-е изд., доп. – Ставрополь: СКФУ, 2016. – 96 с.

34. Галай, Б.Ф. Сравнительный анализ лёссов Китая и Предкавказья / Б.Ф. Галай // Инженерная геология массивов лёссовых пород. Труды Международной научной конференции. – Москва : МГУ, 2004. – С. 79-80.
35. Галай, Б.Ф. Статистическое сопоставление оценки просадочности лёссовых грунтов по методам одной и двух кривых / Б.Ф. Галай // Основания, фундаменты и механика грунтов. – Москва : Экономика, строительство, транспорт, 1973. – № 2. – С. 22-23.
36. Галай, Б.Ф. Уплотнение просадочных грунтов глубинными взрывами / Б.Ф. Галай и др. – Ставрополь: СКФУ, Ставропольсервисшкола, 2015. – 240 с.
37. Горькова, И.М. Теоретические основы оценки осадочных пород в инженерно-геологических целях / И.М. Горькова // АН СССР. Госстрой СССР. Производ. и науч.-исслед. ин-т по инж. изысканиям в строительстве. – Москва : Наука, 1966. – 136 с.
38. ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава = Soils. Methods of laboratory granulometric (grain-size) and microaggregate distribution : межгосударственный стандарт / Разработан произв. и научно-исследоват. ин-том по инженерным изысканиям в стр.-ве. – Взамен ГОСТ 12536-79 : Введен в качестве национального стандарта Российской Федерации с 2015-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 18 с.
39. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация = Soils. Classification : межгосударственный стандарт ГОСТ 25100-2011. – Взамен ГОСТ 25100-95 : Введен 2013-01-01 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 37 с.
40. Градостроительный кодекс Российской Федерации : от 29 дек. 2004 г. № 190-ФЗ : вступил в действие с 30 дек. 2004 г. – Москва : Изд-во деловой и учеб. лит. ; Минск : ООО Дикта, 2005. – 159 с.
41. Григорьева, И.Ю. Микростроение лёссовых пород / И.Ю. Григорьева. – Москва : Наука / Интерпериодика, 2001. – 147 с.

42. Григорян, А.А. Свайные фундаменты зданий и сооружений на просадочных грунтах / А.А. Григорян. – Москва : Стройиздат, 1984. – 163 с.

43. Губкина, Д.А. К вопросу об экономической оценке фундирования на примере г. Запорожья / Д.А. Губкина // Труды межвузовской конференции по строительству на лёссовых грунтах. – Москва : МГУ, 1973. – С. 133-134.

44. Далматов, Б.И. Определение осадок фундаментов грунтов лабораторными методами с учетом изменения модуля деформации глинистого грунта в зависимости от напряженного состояния / Б.И. Далматов, В.М. Чикишев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – Москва: Экономика, строительство, транспорт, 1984. – № 1. – С. 24-26.

45. Дашко, Р.Э. Научно-практическое обоснование изменения положений действующих ГОСТов по номенклатуре песчано-глинистых грунтов и методов их состава, состояния и физико-механических свойств / Р.Э. Дашко // Сергеевские чтения. Научное обоснование актуализации нормативных документов инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий: Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (23-24 марта 2010 г.) – Москва : РУДН, 2010. – Вып. 12. – С. 315-320.

46. Денисов, Н.Я. О генезисе просадочных лёссовидных суглинков / Н.Я. Денисов // Доклады АН СССР. – 1940. – Т. 28. – № 6. – С. 526-527.

47. Денисов, Н.Я. О природе деформаций глинистых грунтов / Н.Я. Денисов. – Москва : Речиздат, 1951. – 200 с.

48. Денисов, Н.Я. О роли физико-химических процессов в деформации грунтов при увлажнении / Н.Я. Денисов // Советская геология. – 1944. – № 2. – С. 107-111.

49. Денисов, Н.Я. Природа прочности и деформаций грунтов / Н.Я. Денисов // Избранные труды. – Москва : Стройиздат, 1972. – С. 180-182.

50. Денисов, Н.Я. Природа прочности и деформаций грунтов / Н.Я. Денисов. – Москва : Стройиздат, 1972. – 280 с.

51. Денисов, Н.Я. Строительные свойства глинистых пород и их использование в гидротехническом строительстве / Н.Я. Денисов. – Москва ; Ленинград : Госэнергоиздат, 1956. – 288 с.
52. Денисов, Н.Я. Строительные свойства лёсса и лёссовидных суглинков / Н.Я. Денисов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1953. – 154 с.
53. Дмитриев, В.В. Точность ареометрического и пипеточного методов определения гранулометрического состава глинистых грунтов / В.В. Дмитриев, Е.А. Зеленцова // Ускорение науч.-техн. прогресса в фундаментостроении. – Москва : Стройиздат, 1987. – С. 32-34.
54. Дорджиев, А.А. Определение структурной прочности грунтов на застроенных территориях в процессе эксплуатации / А.А. Дорджиев, Г.М. Скибин, А.Г. Дорджиев // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – Пермь : ПНИПУ, 2014. – № 3. – С. 150-159.
55. Жуков, М.М. Геоморфология района проектирования Терско-Манычского канала / М.М. Жуков // Труды МГРИ. – Москва : Госгеолиздат, 1936. – Т. 1. – С. 30-57.
56. Зеленцов, О.В. Грунтоносы для отбора монолитов грунта из буровых скважин / О.В. Зеленцов, А.В. Васильев // Инженерные изыскания в строительстве. Реферативный сборник. – Москва : ПНИИС, 1974. – Сер. II. – № 1 (29). – С. 18-21.
57. Зурнаджи, В.А. Усиление оснований и фундаментов при ремонте зданий / В.А. Зурнаджи, М.П. Филатова. – Москва : Стройиздат, 1970. – 97 с.
58. Иванов, П.Л. Уплотнение малосвязных грунтов взрывами / П.Л. Иванов. – Москва : Недра, 1983. – 230 с.
59. Инженерная геология СССР. Кавказ, Крым, Карпаты: в 8 т. / Под ред.: И.М. Буачидзе, К.И. Джанджгава, М.В. Чуринова. – Москва : МГУ, 1978. – Т. 8. – 364 с.
60. Инструкция по уплотнению просадочных грунтов предварительным замачиванием / Науч.-исслед. ин-т оснований и подземных сооружений Госстроя СССР. – Москва : Стройиздат, 1965. – 24 с.

61. Инструкция по устройству обратных засыпок грунта в стесненных местах : изд. офиц. СН 536-81 : утв. Гос. ком. СССР по делам стр-ва 21.08.81. – Москва : Стройиздат, 1982. – 30 с.
62. Королев, В.А. К вопросу о формировании аутогезионного сцепления в лёссовых грунтах в связи с их просадочностью / В.А. Королев, О.Н. Еремина // Инженерная геология. – Москва : Наука, 1986. – № 2. – С. 50-57.
63. Костоглотов, В.В. Осадки промышленных зданий и сооружений, построенных на естественных и искусственных основаниях в условиях просадочных грунтов / В.В. Костоглотов // Материалы совещания по закреплению и уплотнению грунтов. – Киев, 1962. – С. 417-421.
64. Коханенко, М.П. Восстановление гражданских зданий на просадочных грунтах: практика и методы производства работ / М.П. Коханенко, Г.П. Поляков, В.Б. Шевелев. – Москва : Стройиздат, 1990. – 184 с.
65. Кригер, Н.И. Лесс, его свойства и связь с географической средой / Н.И. Кригер. – Москва : Наука, 1965. – 296 с.
66. Кругляк, С.И. Практика строительства металлургического комбината Запорожсталь на лёссовидных грунтах / С.И. Кругляк // Строительство на лёссовидных грунтах. – Москва ; Харьков : Госстройиздат, 1939. – С. 115-147.
67. Крутов, В.И. Классификация просадочных лёссовых грунтов / В.И. Крутов // Геоэкология. – Москва : Наука, 1998. – № 3. – С. 55-63.
68. Крутов, В.И. О характеристиках просадочности грунтов / В.И. Крутов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – Москва : Экономика, строительство, транспорт, 2010. – № 4. – С. 24-30.
69. Крутов, В.И. Поверхностная силикатизация лёссовых просадочных грунтов растворами пониженной концентрации / В.И. Крутов, И.Г. Рабинович // Строительство и архитектура Узбекистана. – Ташкент, 1971. – № 10. – С. 15-18.
70. Крутов, В.И. Проектирование и устройство оснований и фундаментов на просадочных грунтах / В.И. Крутов, А.С. Ковалев, В.А. Ковалев. – Москва : АСВ, 2013. – 544 с.

71. Крутов, В.И. Уплотнение просадочных грунтов / В.И. Крутов, В. Г. Галицкий, А. А. Мусаелян и др. – Москва : Стройиздат, 1974. – 206 с.
72. Крутов, В.И. Фундаменты мелкого заложения / В.И. Крутов, Е.А. Сорочан, В.А. Ковалев. – Москва : АСВ, 2009. – 232 с.
73. Лабораторные работы по грунтоведению: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Гидрология и инженерная геология» / В. А. Королев, Е. Н. Самарин, С. К. Николаева и др. ; под ред. В. Т. Трофимова, В. А. Королева. – Москва: Высшая школа, 2008. – 518 с.
74. Лаврусевич, А.А. Научно-методические основы изучения и оценки лёссового псевдокарста в условиях техногенеза: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук: 25.00.36 / Андрей Александрович Лаврусевич. – Москва : МГСУ, 2013. – 50 с.
75. Лаврусевич, А.А. Проблемы строительного освоения пораженных псевдокарстом лёссовых массивов / А.А. Лаврусевич, В.П. Хоменко, И.А. Лаврусевич // Промышленное и гражданское строительство. – Москва : МГСУ, 2012. – № 12. – С. 11-13.
76. Ларионов, А.К. Инженерно-геологическое изучение структуры рыхлых осадочных пород (структура грунта) / А.К. Ларионов. – Москва : Недра, 1966. – 328 с.
77. Ларионов, А.К. Лессовые породы и их строительные свойства / А.К. Ларионов, В.А. Приклонский, В.П. Ананьев. – Москва : Госгеолтехиздат, 1959. – 368 с.
78. Ларионов, А.К. Методы исследования структуры грунтов / А.К. Ларионов. – Москва : Недра, 1971. – 200 с.
79. Ларионов, А.К. Пористость лессовых пород в связи с оценкой их просадочности / А.К. Ларионов, Б.Ф. Галай // Материалы к V Совещанию по закреплению и уплотнению грунтов. – Новосибирск : НИИЖТ, 1966. – С. 210-214.
80. Лисицын, К.И. О деформациях суглинистых грунтов Предкавказья, в связи с вопросом образования степных блюдеч / К.И. Лисицын // Материалы Северо-Кавказского геолого-разведочного треста. – Новочеркасск: Сев. Кав. Геол.-

разведочный трест; Ростов-на-Дону: газ.-кн. тип. Севкавказполиграф-объединения, 1932. – Вып. 1. – 19 с.

81. Литвинов, И.М. Укрепление и уплотнение просадочных грунтов в жилищном и промышленном строительстве / И.М. Литвинов. – Киев : Будивельник, 1977. – 288 с.

82. Лыков, А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергия, 1968. – 472 с.

83. Лыков, А.В. Тепломассообмен. Справочник / А.В. Лыков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергия, 1978. – 480 с.

84. Мангушев, Р.А. Методы подготовки и устройства искусственных оснований. Учебное пособие / Р.А. Мангушев, Р.А. Усманов, В.В. Конюшков и др. – Москва; Санкт-Петербург: АСВ, 2012. – 286 с.

85. Медведев, О.Ю. Особенности деформации здания театра оперы и балета в г. Одессе / О.Ю. Медведев // Геоэкология. – 1994. – № 3. – С. 91-94.

86. Мелкумов, С.М. Из практики железнодорожного строительства на лёссах / С.М. Мелкумов // Строительство на лёссовидных грунтах. – Москва ; Харьков : Госстройиздат, 1939. – С. 237-239.

87. Мельников, П.Ф. Исследования по разработке метода подготовки засоленных и карбонатных грунтов к гранулометрическому анализу // Ученые записки. – Москва : МГУ, 1956. – Кн. 4. – Вып. 177. – С. 81-94.

88. Методические рекомендации по уплотнению просадочных грунтов гидровзрывным способом / Под ред. А. И. Капитоненко. – Киев: НИИСК Госстроя СССР, 1980. – 77 с.

89. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород: в 2 т. / Под ред. Е. М. Сергеева, С.Н. Максимова, Г.М. Березкиной. – Москва : МГУ, 1968. – Т. 2. – 370 с.

90. Минервин, А.В. Природа просадочности лёссовых пород / А.В. Минервин, Н.Н. Комиссарова // Вопросы инженерной геологии и грунтоведения. – Москва : МГУ, 1983. – Вып. 5 – С. 16-31.

91. Минервин, А.В. Формирование структурных элементов лёссовых пород / А.В. Минервин, Н.Н. Комиссарова, К.И. Чепижный, В.Н. Соколов // Инженерная геология. – Москва : Наука, 1982. – № 2. – С. 44-60.
92. Минервин, А.В. Формирование структуры и текстуры просадочных лёссовых пород Минусинского межгорного прогиба / А.В. Минервин, Н.Н. Комиссарова // Инженерная геология. – Москва : Наука, 1979. – № 1. – С. 70-83.
93. Морозов, С.С. Классификация лёссовых грунтов / С.С. Морозов // Труды совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения. – Москва : АН СССР, 1956. – Т.1. – С. 185-189.
94. Морозов, С.С. Материалы по региональному грунтоведению / С.С. Морозов. – Москва : МГУ, 1964. – 154 с.
95. Морозов, С.С. Механический и химический состав некоторых лёссов Европейской части СССР и генетически близких пород / С.С. Морозов // Почвоведение. – Москва ; Ленинград : СЕЛЬКОЛХОЗГИЗ, 1932. – № 2. – С. 232-259.
96. Мушкетов, И.В. Общая геологическая карта России. Геологические исследования в Калмыцкой степи в 1884-1885 г.г. / И.В. Мушкетов // Труды геологического комитета. – Санкт-Петербург : тип. М. Стасюлевича, 1895. – Т. 14. – № 1. – 202 с.
97. Опорные инженерно-геологические разрезы территорий распространения лёссовых просадочных грунтов СССР: Методические указания. – Москва : ПНИИИС Госстроя СССР, 1987. – 159 с.
98. Осипов, В.И. Литогенез и формирование свойств грунтов / В.И. Осипов // 27-й Международный геологический конгресс СССР (4-14 августа 1984 г.). – Москва : Наука, 1984. – Т. 8. – Секц. 17-22. – 119 с.
99. Осипов, В.И. Механизм физико-химической диспергации и стабилизации глинистых суспензий / В.И. Осипов // Вопросы инженерной геологии и грунтоведения. – Москва : МГУ, 1973. – Вып. 3. – С. 157-161.
100. Осипов, В.И. Природа и механизм просадки лёссов / В.И. Осипов, В.Н. Соколов // Геоэкология. – Москва : Наука, 2000. – № 5. – С. 422-431.

101. Осипов, В.И. Природа прочностных и деформационных свойств глинистых пород / В.И. Осипов. – Москва : МГУ, 1979. – 235 с.

102. Осипов, В.И. Природные опасности и стратегические риски в мире и в России / В.И. Осипов // Экология и жизнь. – Москва : АНО Журн. Экология и жизнь, 2009. – № 11-12. – С. 5-15.

103. Осипов, В.И. Формирование просадочности лёссов при их циклическом увлажнении и высушивании / В.И. Осипов // Теория цикличности лёссов в практике инженерно-геологических изысканий. – Москва : Наука, 1985. – С. 152-158.

104. Основания, фундаменты и подземные сооружения (Справочник проектировщика) / М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов и др. ; Под общ. ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. – Москва : Стройиздат, 1985. – 480 с.

105. Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет: Атлас-монография / И. П. Герасимов, Н. С. Благоволин, О. К. Леонтьев и др. ; Отв. ред. И. П. Герасимов, А. А. Величко. – Москва : Наука. 1982. – 156 с.

106. Попов, И.В. Исследование природы структурных связей в лёссах (на примере лёссов нижнего течения р. Вахш) / И.В. Попов, Л.К. Танкаева // Вестник МГУ. Серия геологическая. – Москва : МГУ, 1961. – № 1. – С. 57-64.

107. Пособие по проектированию основных зданий и сооружений : (к СНиП 2.02.01-83) : утв. НИИОСП им. Герсевича 01.10.84. – Москва : Стройиздат, 1986. – 415 с.

108. Пособие по производству работ при устройстве оснований и фундаментов (к СНиП 3.02.01-83) : утв. НИИОСП им. Н.М. Герсевича 20.02.84. – Москва : Стройиздат, 1986. – 566 с.

109. Проект технических условий на проектирование и возведение промышленных и гражданских сооружений на макропористых (лёссовидных) грунтах // Строительство на лёссовидных грунтах. – Москва ; Харьков : Госстройиздат, 1939. – С. 251-278.

110. Проектирование и строительство зданий и сооружений на просадочных грунтах: тезисы докладов и сообщений Всесоюзной конференции (Волгодонск, 20–

21 ноября 1984 г.) // Госстрой СССР, Главстройнаука, НИИОСП им. Н. М. Герсевича. – Москва : НИИОПС, 1984. – 114 с.

111. Прозрителев, Г.Н. Развалины древнего хазарского города Маджары близ с. Прасковей Ставропольской губернии, на реке Куме / Г.Н. Прозрителев // Тр. Ставропольской ученой архивной комиссии. – Ставрополь : Тип. Губернского Правления, 1910. – Вып. 2. – 24 с.

112. Пшеничкин, А.П. Надежность зданий и оснований в особых условиях: учебное пособие / А.П. Пшеничкин, В.А. Пшеничкина. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2009. – 218 с.

113. Пшеничкина, В.А. Оценка сейсмостойкости жилищного фонда Ставропольского края / В.А. Пшеничкина, С.И. Экба, П.А. Сидякин, Д.В. Щитов // Вестник МГСУ. – Москва : МИСИ-МГСУ, 2017. – Т. 12. – Вып. 4 (103). – С. 452-456.

114. Рекомендации по уплотнению просадочных грунтов большой мощности гидровзрывным методом / НИИСУ Госстроя СССР. – Москва : Стройиздат, 1984. – 56 с.

115. Ржаницын, Б.А. Закрепление и уплотнение грунтов в промышленном строительстве / Б.А. Ржаницын // Материалы совещания по закреплению и уплотнению грунтов. – Киев : АСИА УССР, 1962. – С. 7.

116. Ржаницын, Б.А. Некоторые итоги работ в области химического закрепления грунтов (обобщающий доклад) / Б.А. Ржаницын // Закрепление и уплотнение грунтов в строительстве: Материалы VIII Всесоюзного совещания. – Киев : Будивельник, 1974. – С. 99-112.

117. Руденко, А.А. Исследование несущей способности уплотненных грунтовыми сваями массивов лёссовых грунтов / А.А. Руденко // Труды межвузовской конференции по строительству на лёссовых грунтах. – Москва : МГУ, 1973. – С. 146-148.

118. Руководство по проектированию оснований зданий и сооружений / НИИОСП им. Н.М. Герсевича. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Стройиздат, 1978. – 375 с.

119. Руководство по производству и приемке работ при устройстве оснований и фундаментов / НИИОСП им. Н.М. Герсевича. – Москва : Стройиздат, 1976. – 240 с.

120. Руэ, Р.В. Природная обстановка накопления поздневисконсинских лёссов в центральной части США / Р.В. Руэ // Природные условия США в позднечетвертичное время. Поздний плейстоцен. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1986. – С. 103-104.

121. Савинов, А.В. Применение свай, погружаемых вдавливанием, при реконструкции исторической застройки городов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.02 / Алексей Валентинович Савинов. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2008. – 34 с.

122. Свиточ, А.А. Палеогеография плейстоцена / А.А. Свиточ. – Москва: МГУ, 1987. – 186 с.

123. Сербин, В.В. Экспериментальное обоснование повышения несущей способности свай в лёссовых грунтах на примере Северного Кавказа: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.23.02 / Виталий Викторович Сербин. – Ставрополь, 2017. – 24 с.

124. Сергеев, Е.М. Инженерная геология / Е.М. Сергеев. – Москва : МГУ, 1978. – 384 с.

125. Сергеев, Е.М. Грунтоведение / Е.М. Сергеев. – 2-е изд., перераб. – Москва : МГУ, 1959. – 334 с.

126. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – Москва : ПНИИИС, 1997. – 151 с.

127. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. – Москва : ФГУП ЦПП, 2006. – 48 с.

128. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. – Москва : ФГУП ЦПП, 2006 – 46 с.

129. СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты. – Москва : ФГУП ЦПП, 2007. – 124 с.

130. Соколов, В.Н. Проблема лёссов / В.Н. Соколов // Соросовский образовательный журнал. – Москва : МГУ, 1996. – № 9. – С. 86-93.

131. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов / Госстрой России. – Москва : ПНИИИС, 2000. – 74 с.

132. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83. – Москва : Минрегион России, 2017. – 162 с.

133. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – Москва : Минрегион России, 2011. – 85 с.

134. СП 45.13330.2017. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87. – Москва : Минрегион России, 2017. – 172 с.

135. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. – Москва : Минрегион России, 2017. – 160 с.

136. СП 50-102-2003. Проектирование и устройство свайных фундаментов / Госстрой России. – Москва : НИИОПС, 2004. – 82 с.

137. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / В.А. Ильичев и др. ; Под общ. ред. В. А. Ильичева и Р. А. Мангушева. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва : АСВ, 2016. – 1024 с.

138. СТО 36554501-018-2009. Стандарт организации. Проектирование и устройство свайных фундаментов и упрочненных оснований из набивных свай в пробитых скважинах. – Москва : НИЦ Строительство, 2010. – 27 с.

139. Тер-Мартirosян, З.Г. Напряженно-деформированное состояние грунта в процессе его уплотнения грунтовыми сваями и последующего нагружения его под воздействием внешней нагрузки / З.Г. Тер-Мартirosян, Али Саид Мухамед Абдул Малек // Вестник МГСУ. – Москва : МИСИ-МГСУ, 2008. – № 2. – С. 96-106.

140. Терцаги, К. Механика грунтов в инженерной практике / К. Терцаги, Р. Пек ; Под ред. М. Н. Гольдштейна. – Москва : Стройиздат, 1958. – С. 608.

141. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон № 384-ФЗ : принят Государственной Думой 23 декабря 2009

года / Российская Федерация. – Москва : НТЦ ПБ, 2010. – 50 с. – ISBN 978-5-9687-0342-2.

142. Трофимов, В.Т. Генезис просадочности лёссовых пород / В.Т. Трофимов. – Москва : МГУ, 1999. – 271 с.

143. Трофимов, В.Т. Грунтоведение / В.Т. Трофимов, В.А. Королев, Е.А. Вознесенский и др. ; Под ред. В.Т. Трофимова. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва : МГУ ; Наука, 2005. – 1024 с.

144. Трофимов, В.Т. Инженерная геология массивов лёссовых пород: учебное пособие / В.Т. Трофимов. – Москва : КДУ, 2008. – 398 с.

145. Трофимов, В.Т. Лёссовый покров Земли и его свойства / В.Т. Трофимов, С.Д. Балыкова, Н.С. Болиховская и др. ; Под ред. В.Т. Трофимова. – Москва : МГУ, 2001. – 464 с.

146. Трофимов, В.Т. Опорные инженерно-геологические разрезы лёссовых пород Северной Евразии : монография / В.Т. Трофимов, С.Д. Балыкова, Т.В. Андреева и др. ; Под ред. В.Т. Трофимова. – Москва : КДУ, 2008. – 608 с.

147. Указания по глубинному уплотнению просадочных грунтов в основании зданий и сооружений грунтовыми сваями. СН 33-66 : изд. офиц. : утв. 28.05.1966 г. / Госстрой СССР. – Москва : Стройиздат, 1967. – 28 с.

148. Улицкий, В.М. Геотехническое сопровождение реконструкции городов (обследование, расчеты, ведение работ, мониторинг) / В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин. – Москва : АСВ, 1999. – 324 с.

149. Федоров, П.Ф. Плейстоцен Понто-Каспия / П.Ф. Федоров // АН СССР. Геологический институт. Труды. – Москва : Наука, 1978. – Вып. 310. – 166 с.

150. Филатов, М.М. Основы дорожного грунтоведения : Частью учеб. заведений НКВД СССР утв. в качестве учеб. пособия для дор.-механич. ин-тов / М. М. Филатов. – Москва ; Ленинград : Гострансиздат, 1936. – 537 с.

151. Хуртин, А.Н. Исследование просадочных и послепросадочных деформаций в лёссовых породах Восточного Предкавказья / А.Н. Хуртин, Ю.И. Шпильберг // Инженерные изыскания в строительстве. Инженерно-геологические

исследования в связи со строительством на Северном Кавказе. Реферативная информация. – Москва : ПНИИИС, 1977. – Сер. XV. – № 10 (63). – С. 19-21.

152. Черный, Б.И. Об уплотнении лёссовых оснований искусственным увлажнением после возведения сооружения / Б.И. Черный // Основания, фундаменты и механика грунтов: Материалы III Всесоюзного совещания. – Киев: Будивельник, 1971. – С. 111-114.

153. Шелкопляс, В.Н. Геохронология лёссовых толщ Центрального Предкавказья по термолюминесцентным и палеомагнитным данным / В.Н. Шелкопляс, Л.С. Куликова, Б.Ф. Галай // Инженерно-геологические особенности цикличности лессов. – Москва : Наука, 1987. – С. 109-114.

154. Шлыков, В.Г. Особенности минерального и гранулометрического составов лёссов / В.Г. Шлыков, М.Ю. Василенко // Геоэкология. – Москва : МГУ, 2002. – № 5. – С. 442-454.

155. Bjerrum, L. Geotechnical Properties of Norwegian Marine Clays / L. Bjerrum // Geotechnique. – Oslo, 1954. – Vol. IV. – №2. – P. 49-69.

156. Czudek, T. Pleistocenní permafrost na území Československa / T. Czudek // Geografický časopis. – Československa, 1986. – № 2-3. – P. 245-259.

157. Gates, W.L. Modelling the ice-age climate / W.L. Gates // Science. Wash. – 1976. – Vol. 191. – № 4232. – P. 1138-1144.

158. Lanynig, W. A preliminary study of the physico-mechanic properties of loesses and paleosols of different age at Weibei Yuan, Shaanxi provine / W. Lanynig, G. Jiuxi, L. Yanchou // Loess, environment and global change. – Beijing : Science Press, 1991. – P. 245-259.

159. Petit, J.R. Ice age aerosol content from east Antarctic ice core samples and past wind strength / J.R. Petit, M. Briat, A. Royer // Nature. – London, 1981. – Vol. 293. – № 5831. – P. 391-394.

160. Yong-yan, W. Loess in China / W. Yong-yan, Z. Zunghu // Shaanxi People's Art Publishing House. – Shaanxi, 1980. – 230 p.

161. Yong-yan, W. Loess microtexture and the origin of loess in China / W. Yong-yan, T. Zhi-hong, Y. Le-ping // Lithology and stratigraphy of loess and paleosols. – Budapest, 1984. – P. 49-58.

162. Zaigyan, L. Some noticeable aspects of the engineering properties of deep-seated loess in China / L. Zaigyan, W. Shujie, W. Yougyan et al. // Aspect of loess research. – Beijing : China Ocean Press, 1987. – P. 378-386.

Справки о внедрении результатов исследования

**Ректору Северо-Кавказского федерального университета
И.В. Соловьевой**

Глубокоуважаемая Ирина Васильевна!

На территории г. Буденновска распространены просадочные грунты большой мощности, осложняющие новое строительство и восстановление аварийных зданий.

Для уплотнения просадочных грунтов ученые СКФУ разработали «Пособие по уплотнению просадочных грунтов глубинными взрывами в условиях Северного Кавказа», согласованное с Госгортехнадзором РФ и ОАО «Кавказвзрывпром». Взрывы при подготовке оснований для многих жилых домов, общественных зданий и промышленных сооружений позволили сэкономить сотни миллионов рублей.

Эффективным методом укрепления просадочных грунтов при новом строительстве и, особенно, при восстановлении аварийных зданий являются т.н. шнековые сваи, описание которых дано в «Рекомендациях по проектированию и устройству буронабивных свай, изготовленных шнековым способом в просадочных и слабых грунтах».

В настоящее время просадочные грунты Буденновска активно изучает аспирант кафедры «Строительство» Инженерного института СКФУ Галай Олег Борисович. С его участием разработаны проекты укрепления просадочных грунтов Спортивно-оздоровительного комплекса и Противопожарной защиты ООО «Ставролен», православного Храма в с. Прасковья, аварийных зданий Молочного завода и Мебельного комбината, предотвращена просадка канализации жилых домов №№1 и 18 по улице Борцов Революции, составлены рекомендации по восстановлению памятника архитектуры – Дома детского творчества, ведется мониторинг зданий Буденновской больницы, пострадавших от террористического акта 1995 года.

Администрация г. Буденновска выражает благодарность аспиранту О.Б. Галаю за помощь в строительстве на просадочных грунтах Буденновска и сохранении существующей застройки.

Исполняющий обязанности главы
Администрации города Буденновска



Д.В. Богданов

ООО «ПМК-777»**Общество с ограниченной ответственностью
«Передвижная Механизированная Колонна - 777»**

Адрес: 356817, Ставропольский край,
Буденновский район, с. Прасковья
ул. Буденного, д. 124
тел/факс 8(86559)7-40-71

ИНН 2624801679 КПП 262401001
р/счет 40702810507000001060
к/счет 30101810400000000737
БИК 040701737 ФАИК ПСБ «Ставрополье»

Ректору Северо-Кавказского федерального университета
И.В. Соловьевой

Уважаемая Ирина Васильевна!

Общество с ограниченной ответственностью «Передвижная механизированная колонна-777» (ООО «ПМК-777») является основной строительной организацией города Буденновска, выполняющей строительство промышленных и гражданских зданий и сооружений.

Основным заказчиком для наших работ является ООО «Ставролен» ОАО «ЛУКОЙЛ» – крупнейший нефтехимический комплекс России, один из флагманов ставропольской промышленности и основное градообразующее предприятие Буденновска.

Строительство всех зданий в Буденновске, в том числе взрывоопасных объектов ООО «Ставролен», осложняли и продолжают осложнять просадочные лёссовые грунты, которые на территории нашего райцентра имеют сплошное распространение.

По данным ученых Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (В.Т. Трофимов и др. Опорные инженерно-геологические разрезы лёссовых пород Северной Евразии, М., КДУ, 2008, с. 11), лёссы Буденновска превосходят по просадочности все известные в мире геологические разрезы (КНР, Украина, США и др.).

По предложению кафедры «Строительство» Инженерного института СКФУ для уплотнения просадочных грунтов в Буденновске стали применять глубинные взрывы и шнековые сваи.

С участием ПМК-777 глубинными взрывами были уплотнены просадочные грунты на объекте: «Товарно-сырьевой склад СУГ ООО «Ставролен» с экономическим эффектом 887,372 млн. рублей. Проект глубинных взрывов вблизи действующих взрывоопасных объектов ООО «Ставролен» был рассмотрен и согласован Главгосэкспертизой России.

В центре Буденновска закончено строительство крупного Спортивно-оздоровительного комплекса с футбольным полем, финансируемого ООО «Ставролен». Здесь для уплотнения просадочных грунтов были применены буронабивные грунтовые сваи, изготовленные шнековым способом, которые дали экономический эффект 146,42 млн. рублей.

При выполнении сложных и ответственных работ на наших объектах следует отметить активное участие аспиранта кафедры «Строительство» СКФУ Галая Олега Борисовича, выполняющего кандидатскую диссертацию по просадочным грунтам г. Буденновска. Из-за просадочности грунтов в Буденновске многие здания и сооружения испытали предаварийные деформации, исправление которых невозможно без применения новых методов, разработанных учеными кафедры «Строительство».

ООО «ПМК-777» постоянно пользуется рекомендациями ученых кафедры «Строительство» СКФУ и надеется на дальнейшее взаимовыгодное сотрудничество СКФУ с нашей организацией, внедряющей передовые методы строительства на проблемных просадочных грунтах г. Буденновска и Ставропольского края.

Директор ООО «ПМК-777»



М.М. Чмелев

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИГ РАН)

119017, Москва, Старомонетный пер., д. 29. Тел.: 8(495) 959-00-32 (дирекция); 8(495) 959-00-15 (ученый секретарь);
8(495) 959-00-22 (канцелярия); 8(495) 959-37-69 (бухгалтерия); факс: 8(495) 959-00-33; e-mail: direct@igras.ru

2.09.2019 г. № 13203-2115/354
На № _____ от _____
Зав. кафедрой палеоархивов природной среды
09.09.19

Проректору по научной работе
Северо-Кавказского федерального университета,
доктору географических наук
В.С. Белозерову

Уважаемый Виталий Семенович!

В соответствии с достигнутой договоренностью (письмо №13203-2115 от 30.04.2019) сотрудники нашего института под руководством зав. лабораторией палеоархивов природной среды, к.г.н. Е.А. Константинова проводят исследования в Предкавказском регионе по проблемам палеогеографии плейстоцена, стратиграфии лёссово-почвенных серий и тефрохронологии.

При выполнении этих исследований сотрудники ИГ РАН получили возможность изучить образцы лёссовых пород из опорной 100-метровой скважины и других лёссовых разрезов Северного Кавказа, хранящихся в кернохранилище кафедры «Строительство» Инженерного института СКФУ.

Практическую помощь в отборе проб лёссовых пород из опорных разрезов кернохранилища оказал аспирант кафедры «Строительство» Галай Олег Борисович, которому ИГ РАН выражает благодарность.

Исследования в рамках указанного направления будут продолжены с участием специалистов СКФУ.

Зам. директора Института географии РАН
по научно-организационной работе, к.г.н.

Н.И. Осокин



Исполнитель: Е.А. Константинов
Телефон: +7925-205-62-01

Благодарственное письмо

**Аспиранту ФГАО ВО «Северо-Кавказского
федерального университета»
Галаю Олегу Борисовичу**

Выражаем глубокую признательность за научное руководство по производственной практике студентки Чернявской А.В. Благодаря Вашей поддержке будущему специалисту были даны точные профессиональные ориентиры, чётко обозначен спектр будущей практической работы, что позволило приобрести ценные умения и навыки в области инженерно-геологических изысканий и на высоком уровне защитить отчет по практике.

Директор
Института географии,
геологии, туризма и сервиса
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»



М.Ю. Беликов

Заведующий кафедрой
региональной и морской геологии

Т.В. Любимова



**МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ
РЕСУРСОВ И ОХРАНЫ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ**

Голенева ул., д.18, г. Ставрополь, 355006
тел (8652) 94-73-44, факс (8652) 94-73-07
e-mail: mprsk@mpr26.ru
ОКПО 75057621, ОГРН 1052600255993
ИНН/КПП 2636045265/263601001

09.09.2020 № 04/02-8494

На № _____ от _____

Ректору
Северо-Кавказского
федерального университета

Д.Н. Беспалову

Уважаемый Дмитрий Николаевич!

На территории с. Донская Балка Петровского района в начале 1990-х годов активизировались оползневые процессы. В 2017 году оползни разрушили часть жилых домов, водопровод, вызвали деформацию газопровода и стали угрожать местной ЛЭП.

В связи с проектированием карьера для добычи местных стройматериалов, жители с. Донская Балка стали опасаться повторной активизации оползней и угрозы разрушения жилых домов.

По нашей просьбе 01 сентября 2020 г. специалисты кафедры «Строительство» Инженерного института: профессор Б.Ф. Галай, доцент В.В. Сербин и аспирант О.Б. Галай провели визуальное обследование местности и составили «Заключение с рекомендациями по вопросу оползневых процессов в с. Донская Балка Петровского района Ставропольского края».

По рекомендации учёных необходимо провести комиссионный мониторинг восстановленных и потенциально аварийных объектов с. Донская Балка и, при необходимости, выполнить инженерные изыскания и проекты противооползневых мероприятий на проблемных объектах с. Донская Балка. Эти рекомендации будут рассмотрены с участием заинтересованных организаций.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края благодарит Б.Ф. Галая, В.В. Сербина и О.Б. Галая за выполненные исследования и надеется на дальнейшее плодотворное сотрудничество с учёными СКФУ.

Заместитель министра

Д.М. Дегтярев



**МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ
РЕСУРСОВ И ОХРАНЫ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ**

Голенева ул., д.18, г. Ставрополь, 355006
тел (8652) 94-73-44, факс (8652) 94-73-07
e-mail: mprsk@mpr26.ru
ОКПО 75057621, ОГРН 1052600255993
ИНН/КПП 2636045265/263601001

22.03.2021 № 08/03-2633

На № _____ от _____

Ректору ФГАОУ ВО
«Северо-Кавказский
федеральный университет»

Д.Н. Беспалову

Уважаемый Дмитрий Николаевич!

По данным специалистов на территории г. Невинномыска широкое распространение имеют просадочные и оползневые грунты.

После обильных и продолжительных атмосферных осадков 17-19 марта 2021 года оползни разрушили участок Закубанской зоны централизованного водоснабжения Невинномыска, обеспечивающей водой из водозаборных сооружений на р. Большой Зеленчук производительностью 32 тыс. м³ /сутки.

Кроме стального водопровода диаметром 500 мм, в оползневой зоне аварийные деформации испытал газопровод, оползневые процессы представляют опасность для местной ЛЭП.

Губернатор Ставропольского края В.В.Владимиров поручил Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края для оценки оползневой угрозы привлечь специалистов ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

По нашей просьбе 20 марта 2021 г. специалисты кафедры «Строительство» Инженерного института: профессор Б.Ф. Галай, доцент В.В. Сербин и аспирант О.Б. Галай провели визуальное обследование местности и составили «Заключение с рекомендациями по вопросу оползневых процессов на территории водозаборных сооружений на реке Большой Зеленчук ОА «Водоканал» г. Невинномыска».

Заключение с рекомендациями по вопросу оползневых процессов передано в Администрацию г. Невинномыска и ОА «Водоканал» г. Невинномыска.

По рекомендации учёных данный оползень на момент обследования не поддается инженерному расчету для проектирования надежных противооползневых мероприятий и указанные системы жизнеобеспечения города следует перенести на безопасное расстояние.

Эти рекомендации будут рассмотрены с участием заинтересованных организаций.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края благодарит Б.Ф. Галай, В.В. Сербина и О.Б. Галай за выполненные исследования и надеется на дальнейшее плодотворное сотрудничество с учёными ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

Заместитель министра

А.В.Говоров

FALLING WALLS LAB STAVROPOL

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

We hereby proudly certify that

Galay Oleg

*participated in the Falling Walls Lab Stavropol
on 24 April 2019.*

The **Falling Walls Lab** is a challenging interdisciplinary platform that invites talented academics, professionals and entrepreneurs from around the world to present their breakthroughs – research work, business ideas and initiatives – within 3 minutes each to an audience of industry experts, decision makers, and scientists. A distinguished jury awards the best presentations. The Falling Walls Lab Stavropol is organised by the German Academic Exchange Service (DAAD) in cooperation with the North-Caucasus Federal University, and is supported by the Federal Foreign Office of Germany and the Falling Walls Foundation.



Prof. Dr. Jürgen Mlyněk
Chairman of the Board of Trustees
Falling Walls Foundation



Prof. Dr. Likhovid Andrey Alexandrovich
Pro-Rector for Scientific Activities and International Development
North-Caucasus Federal University



DAAD

Deutscher Akademischer Austauschdienst
German Academic Exchange Service







Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Международный молодежный научный
форум «Ломоносов-2020»

СЕРТИФИКАТ

постоящим подтверждается, что

Галай Олег Борисович

принял участие

в XXVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных
«Ломоносов»

с докладом «Специфические грунты и опасные геологические процессы как
градостроительный фактор в городах Ставропольского края»

секция «Геология»

Ответственный секретарь
Международной конференции
студентов, аспирантов и
молодых учёных «Ломоносов»,
кандидат экономических наук

И.А. Алешковский

2020 год



65007583863744688571





**Министерство образования и науки
Донецкой Народной Республики**
**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры»**

286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2,
тел.: +38 (062) 343-70-33, email: mailbox@donnasa.org, идент. код 02070795

от 06.05.21 № 4-01-40
на № _____ от _____

Ректору Северо-Кавказского
Федерального университета
Д.Н. Беспалову

355009 г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

Уважаемый Дмитрий Николаевич!

В 2018 году в диссертационном Совете Д 01.006.02 состоялась защита диссертации **А.В. Писаренко «Взаимодействие бескаркасных зданий из частично закрепленного просадочного грунта»**, оппонентом которой был назначен профессор СКФУ Галай Б.Ф. Выбор Б.Ф. Галай в качестве оппонента указанной диссертации объясняется высоким уровнем его исследований в области строительства зданий и сооружений на просадочных грунтах Северного Кавказа и известной геотехнической школой Северо-Кавказского федерального университета.

В настоящее время сотрудничество ученых СКФУ и ДонНАСА расширилось. Б.Ф. Галай подготовил положительный отзыв на докторскую диссертацию нашего специалиста **В.В. Яркина «Развитие методов расчета зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях»**, результаты которой могут найти применение и в условиях Северного Кавказа.

Кроме этого, в Материалах научно-практических конференций (с международным участием) ДонНАСА (2020, 2021) профессор Б.Ф. Галай, доцент В.В. Сербин и аспирант О.Б. Галай опубликовали интересные статьи «Уплотнение просадочных грунтов глубинными взрывами» и «Восстановление аварийных зданий Буденновской больницы после террористического акта 1995 года», в которых сообщается о новых методах укрепления просадочных грунтов в условиях Северного Кавказа.

Принимая во внимание схожесть территорий Донбасса и Северного Кавказа в части сложных инженерно-геологических условий, что объясняется широким распространением просадочных, оползневых и других специфических грунтов и связанных с ними опасных техногенных и геологических процессов, а также необходимость решения этих вопросов при строительстве и реконструкции различных зданий и сооружений, выражаем надежду, что плодотворное сотрудничество ученых СКФУ и ДонНАСА будет продолжено с пользой для наших ВУЗов.

С уважением,

Ректор

Н.М. Зайченко



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

СЕРТИФИКАТ

УЧАСТНИКА КОНФЕРЕНЦИИ

*VI Ежегодная Всероссийская научно-практическая
конференция «Потаповские чтения-2021»*

Участник(и)

Галай Олег Борисович

Галай Маргарита Владимировна

Сербин Виталий Викторович

**тема: «ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВАЙНЫХ
ФУНДАМЕНТОВ ВЗРЫВООПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ НА
ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ В СЕЙСМИЧЕСКОМ
РЕГИОНЕ»**

Директор Института гидротехнического
и энергетического строительства

Заведующий кафедрой
Инженерных изысканий и Геоэкологии

18 мая 2021 г.

г. Москва

Анисикин Н.А.

Паврусов А.А.







100-метровый лёссовый разрез в районе г. Будённовска

В геологической литературе изредка упоминалось о наличии в Предкавказье лёссовых разрезов мощностью до 70-100 м [13; 55], но не приводилось их литологическое описание с необходимыми лабораторными исследованиями грунтов. Максимальная толща лёссовых пород Предкавказья была обнаружена в районе очистных сооружений Прикумского завода пластмасс и г. Буденновска. Мощность лёссов здесь достигает 100 м, просадочная толща составляет почти 60 м, а зона аэрации простирается на исключительно большую глубину – 92 м. В работе Л.Г. Балаева и П.В. Царева [18, с. 26] максимальная мощность лёссовых пород Терско-Кумского междуречья указана намного меньшей – 40 м.

Данная величина намного превышает указанную в 8-ом томе «Инженерная геология СССР» [59, с. 49] глубину залегания грунтовых вод Предкавказья – до 30 м.

Исследования на этом участке были выполнены в связи с проектированием комплекса очистных сооружений Прикумского завода пластмасс в г. Буденновске. Скважина расположена на поверхности местного степного водораздела, полого спускающегося к древним балкам.

По разрезу лёссы весьма однородны, желтовато-серого и палево-серого цвета, очень пылеватые, мягкие и мучнистые на ощупь, маловлажные, содержат редкие и тонкие макропоры. Валдайский горизонт лёсса местами имеет малозаметную слойчатость, чешуйчатость, взрыхленные участки и пустоты до 7 см – возможные следы криолитогенеза, проявлению которого в полной мере препятствовала низкая влажность пород.

В разрезе четко выделяются 5 ископаемых почв (рис. Б.1). Внутривалдайская почва выражена слабее других, она похожа на темно-серый землистый лёсс с гумусированными комками до 5 мм и признаками гидроморфности. Микулинская

почва – буровато-серая, розовая, с малозаметным карбонатным иллювием. Одинцовская почва – темно-бурая, с розовато-вишневым оттенком гумусного горизонта и крупными (до 1 см) карбонатными стяжениями в иллювиальном горизонте. Лихвинская почва – розовато-бурая с такими же крупными включениями карбонатов в иллювии. Раннечетвертичная (предокская) почва расположена ниже грунтовых вод; в условиях обводнения и большого давления она утратила первичные морфологические признаки, выглядит спрессованной белесовато-серой карбонатизированной породой с черными включениями органики (5-7 мм) и тонкими черными макропорами.

Ископаемые почвы в разрезе выделяются также более глинистым составом, возрастанием влажности, уменьшением пористости и характерным распределением карбонатов. Содержание последних закономерно возрастает в иллювиальных горизонтах и сокращается в гумусных горизонтах.

Весьма примечательным для палеогеографического анализа оказалось распределение легкорастворимых солей. Ископаемые почвы служат в разрезе главными геохимическими границами. Ниже ископаемых почв наблюдается поэтапное снижение концентрации солей. Максимальное засоление характерно для лёссов позднего плейстоцена, когда на континенте усилились холодные и сухие восточные ветры [105], и одновременно увеличилась соленость вод Каспия [149].

В минералогическом составе лёссов привлекают внимание окатанные зерна кварца (45%), полевого шпата (12%), кальцита (9%) со следами эолового переноса, крепкие обломки кремнистых сланцев, эффузивов и карбонатно-железистых агрегатов (до 28%). Обнаружено сравнительно много нестойких к выветриванию минералов (пироксены, амфиболы, слюды, хлориты и др.).

Изученный разрез расположен на восточной окраине обширной лёссовой провинции Предкавказья, рядом с вероятной областью питания его первичным материалом (Прикаспийской низменностью).

Скорость накопления лёссов здесь была исключительно большой, для валдайского времени она в среднем составляла 1 мм/год. Лёссы данного разреза демонстрируют важные черты палеогеографии района, одновременно они могут

служить прототипом для изучения изменений вещественного состава при эоловом переносе материала в западные районы Предкавказья и Нижнего Дона. Этот разрез с полным правом может рассматриваться как опорный для Предкавказья.

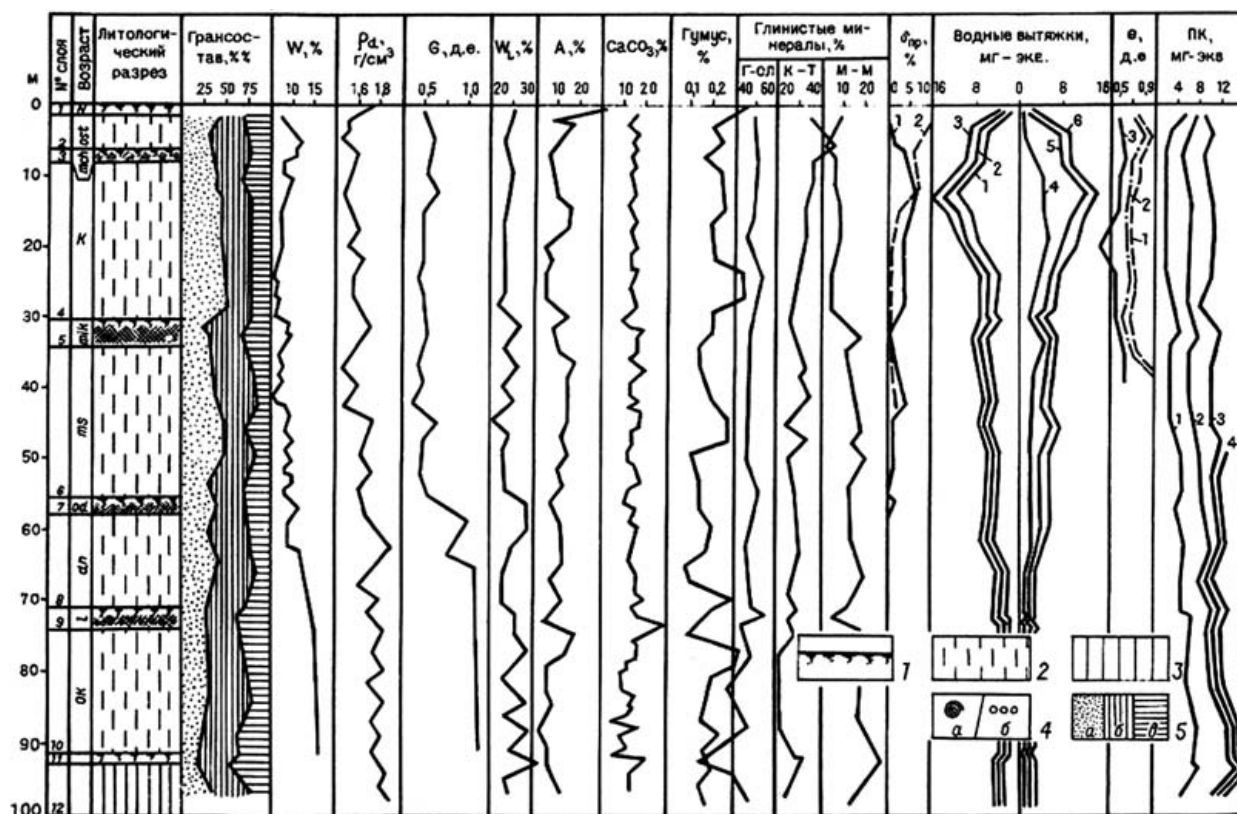


Рисунок Б.1 – Лёссовый разрез в районе очистных сооружений г. Буденновска. Слои: 1 - современная почва, 2 - поздневалдайский лёсс, 3 - внутривалдайская почва, 4 - ранневалдайский лёсс, 5 - микулинская почва, 6 - московский лёсс, 7 - одинцовская почва, 8 - днепровский лёсс, 9 - лихвинская почва, 10 - окский лёсс, 11 - предокская почва, 12 - раннебакинский лёсс, 13 - нижнечетвертичные пески и глины р. Кумы.

Характеристики состава и свойств лёссовых пород 100-метрового опорного разреза в районе г. Буденновска. Условные обозначения: W – влажность; ρ_d – плотность сухого грунта; G – степень влажности; WL – граница текучести; A – содержание макроагрегатов в породе по А.К. Ларионову; глинистые минералы: гидрослюда (г-сл), каолинит (к-т), монтмориллонит (м-м); $\delta_{пр}$ – относительная просадочность (1 – от природных давлений, 2 – при $P = 0,3$ МПа). Состав водной

вытяжки: 1 – $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, 2 – Ca^{2+} , 3 – Mg^{2+} , 4 – Cl^- , 5 – SO_4^{2-} , 6 – HCO_3^- ; e – коэффициент пористости грунта в естественном состоянии (1), замоченном (2) и его пасты (3) при природных нагрузках; ПК – поглощенный комплекс (1 – Ca^{2+} , 2 – Mg^{2+} , 3 – Na^+ , 4 – K^+). Литологическая характеристика пород: 1 – современная и погребенная почвы; 2 – лёссовые породы; 3 – породы, подстилающие лёссовую толщу; 4 – фауна (а), гравий и галька (б); 5 – гранулометрические фракции: песчаная (а), пылеватая (б), глинистая (в).

Литологический разрез имеет следующее строение.

1. 0,00-1,00 м (pd Q_{IV}). Почвенный слой – легкий суглинок, темно-серый (0,25 м), буровато-серый (0,25-0,50 м), светло-бурый (0,5-0,75 м) и серый (0,75-1,0 м), в иллювиальном горизонте почвы с пятнами и включениями карбонатов до 1 см.

2. 1,00-6,75 м (v $Q_{III\text{ост}}$). Лёсс желтовато-светло-серый, очень пылеватый, неравномерно макропористый, в интервале 2,75-4,75 м макропоры более тонкие и редкие, а выше и ниже его – крупные открытые макропоры диаметром до 1-1,5 мм. Наблюдается редкая мелкая белоглазка диаметром до 1-1,5 мм и тонкие штрихи карбонатов диаметром до 0,3 мм и длиной 8-10 мм. Внизу слоя (6,50-6,75 м) лёсс по грансоставу близок к пылеватому (тонкозернистому) песку. На глубине 2,5-3,75 м в лёссе выражена слоистость и чешуйчатость – возможные следы криолитогенеза. Макропоры здесь как бы побиты (мерзлотой?), а в породе наблюдаются тонкие белесые присыпки. В некоторых местах обнаруживается взрыхленное сложение породы, на глубине 5 м встречена вертикальная трещина-пустота с розовой поверхностной пленкой, ширина этой щели до 2 см, высота ее 7 см (возможно, несомкнувшаяся мерзлотная трещина). Мощность слоя 5,75 м.

3. 6,75-8,50 м (pd $Q_{III\text{мч}}$). Слабо выраженная ископаемая почва в виде более землистого, темновато-серого лёсса, с редкими темными комками диаметром до 3-5 мм, с признаками гидроморфности и выветрелости, без карбонатного иллювия. Мощность слоя 1,75 м.

4. 8,50-31,25 м (v $Q_{III\text{к}}$). Лёсс темновато-серый, практически не отличающийся от слоя 2. На глубинах 9,75; 11,50; 14,75; 19,25 и 22,25 м лёсс более

глинистый, имеет слабые следы выветривания и гидроморфности. По всему слою наблюдаются редкие прожилки карбонатов диаметром доли мм и длиной до 1 см. В интервале 26-30 м лёсс пепельно-серый, весьма однородный, без карбонатных выделений, с тонкими (доли мм) темно-бурыми макропорами. В подошве слоя (30-31,25 м) лёсс представлен очень пылеватой, легкой серой супесью с редкими прожилками (штрихами) карбонатов. Контакт с подстилающей почвой постепенный. Мощность слоя 22,75 м.

5. 31,25-33,50 м (pd Q_{III} mik). Ископаемая почва – суглинок буровато-серый с розоватым оттенком, в средней и нижней части слоя – светло-серый с розоватыми пятнами, содержит редкие тонкие макропоры, в верхней части есть рыхлые пустоты диаметром до 1-1,5 см, ниже – более плотный, слитой, монолитно-однородный, без карбонатных включений, но с белесыми участками, имеются открытые червеходы диаметром 2 мм с гладкими стенками и корнеходы диаметром 2 мм с гумусированными стенками. Постепенный переход к слою 6. Мощность 2,25 м.

6. 33,50-57,00 м (v Q_{II} ms). Лёсс палево-серый, исключительно однородный, пылеватый, рыхлый, слабый, очень мягкий и мучнистый на ощупь, местами приближается к тонкому пылеватому песку, слабо макропористый, с редкими тонкими карбонатными прожилками. С глубины 44,0 м цвет лёсса более серый, с розоватым оттенком, встречаются слабогумусированные участки с очень редкими тонкими макропорами, без карбонатных включений. Мощность 23,5 м.

7. 57,00-58,75 м (pd Q_{II} dn). Ископаемая черноземовидная почва – суглинок темно-бурый с розоватым и вишневым оттенком в гумусном горизонте, ниже 58,25 м – желто-темно-серый суглинок с редкой белоглазкой (1-2 мм), пятнами и комками мергелистого вида. Почва более влажная и более пластичная, плотная, монолитная. Мощность 1,75 м.

8. 58,75-72,50 м (v Q_{II} od). Лёсс светло-серый, очень однородный, более плотный и прочный, чем вышележащий лёсс, с очень тонкой, едва видимой макропористостью (до 0,3 мм) с белесыми, слабо выраженными прожилками – штрихами карбонатов, с редкими остроугольными пустотами до 1 см, частично

заполненными темным более глинистым веществом, с темными комками-окатышами диаметром до 1 см более глинистого состава, со слабо выраженной горизонтальной отдельностью, редкими ходами землероев (?) диаметром до 1 см, заполненными розовато-бурым гумусированным суглинком, в подошве слоя (71-72,5 м) с редкими щелями-пустотами (шириной 0,5 мм и высотой до 3 см) и округлыми пустотками диаметром 5 мм, имеющими глянцевую поверхность. Мощность 13,75 м.

9. 72,5-75,0 м (pd Q_{II} dn). Ископаемая почва – суглинок средний или тяжелый, **розовато-бурый**, плотный, со светло-серыми мергелистыми карбонатными включениями диаметром до 1-2 см, с темно-бурыми, почти черными штрихами сильно разложившейся органики, обнаружены остроугольные пустотки диаметром до 7-8 мм. Иллювий почвы (74-75 м) – светло-серый плотный суглинок с частичными белесыми размытыми прожилками и карбонатными макропорами (0,4 мм), содержит большие (до 5 см) мергелисто-карбонатные слабые включения. Обнаружен извилистый ход и спальня землероя диаметром до 1,5 см, заполненные темно-бурым суглинком. Мощность 2,5 м.

10. 75,0-94,0 м (v Q_{II} dn). Лёсс **светло-серый**, на глубинах 77,5; 81,0 и 82,5 м со слабым буроватым оттенком, а на глубинах 80,5 и 93,0 м – с розоватым оттенком, более глинистый к низу слоя, с редкими карбонатно-мергелистыми включениями диаметром до 2-2,5 см. Верхняя треть слоя имеет редкие тонкие слабо видимые макропоры и светлые карбонатные обломки, ниже 82 м – тонкие темные макропоры и штрихи органики. На глубине 88-89 м обнаружены радиально лучистые трещинки-пустотки диаметром до 3 см, на глубине 93 м – остроугольная пустота диаметром 1 см с розовато-кирпичной поверхностью. Мощность 19,0 м.

11. 94,0-95,0 м (pd Q_{II} dn). Слабо выраженная ископаемая почва – суглинок **светло-серый с черными включениями органики (5-7 мм)** и темными макропорами, низ слоя белесый за счет размытой карбонатности. Слой выглядит спрессованной ископаемой почвой. Несмотря на то, что он расположен ниже уровня грунтовых вод (УГВ = 92 м), в слое обнаружены остроугольные пустотки диаметром до 5-6 мм. Мощность 1,0 м.

12. 95,0-99,0 м (v Q_{II} dn). Лёсс светло-серый со слабым буроватым оттенком, пылеватый, однородный, похожий на слой 10. Вскрытая мощность 4,0 м.

Бурение скважины было закончено на глубине 99 м, чтобы не вскрывать ниже расположенные артезианские воды с напором до отметки 76 м и сохранить сухую скважину для температурных замеров. В 30 м скважина Севкавгипроводхоза с глубины 99 м вскрыла следующие слои:

13. 99,0-107,0 м. Суглинок темно-бурый с прослойками сине-зеленых глин, с пятнами ожелезнения и включениями гидроокислов марганца, местами опесчаненный.

14. 107,0-112,0 м. Песок желто-бурый, разнотернистый, с включениями (от 5 до 40 %) хорошо окатанной гальки, обломков ракушек, водонасыщенный, с прослоями темно-бурой глины,

15. 112,0-115,8 м. Глина желто-бурая и темно-бурая с зеленоватым оттенком, твердая, с включениями карбонатов.

16. 115,8-118,0 м. Песок желто-бурый и серо-бурый, разнотернистый, с обломками ракушек.

17. 118,0-123,0 м. Песок темно-бурый, тонкотернистый, с ржавыми пятнами, обломками ракушек (до 5 %), водонасыщенный.

Лёссовый разрез на всю глубину имеет весьма однородный литологический состав, слабо изменяющийся в сторону оглинения в горизонтах ископаемых почв. По гранулометрической классификации эти грунты относятся к типичным лёссам. Структура их зернистая, т.к. содержание водостойких макроагрегатов обычно не превышает $A = 20 \%$.

В пределах зоны аэрации влажность грунтов не превышает 15 %, по консистенции они находятся в твердом состоянии. Пластичность грунтов, характеризуемая величиной границы текучести, находится в пределах от 22 до 30 %. Плотность грунта увеличивается с глубиной. Лёссы до глубины 55,25 м обладают просадочными свойствами под природной нагрузкой, которая достигает здесь величины $P=1,10$ МПа. Ниже 55-60 м (ниже среднечетвертичной одинцовской почвы) лёссы непросадочны.

Расчетная просадка от собственного веса грунта составляет 150-180 см. Гидровзрывное уплотнение на площадке очистных сооружений с просадочной толщей $H_{sl} = 40$ м вызвало просадку до 250-280 см.

Таблица Б.1 – Гранулометрический состав лёссов грунтов 100-метровой скважины при различных методах подготовки к анализу

Глубина, м	Метод	Размеры фракций в мм, содержание в %							
		0,25- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,01	0,1- 0,01	0,01- 0,005	<0,005	<0,002	0,05- 0,005
2,00	1	6,2	35,5	25,4	60,9	5,3	27,6	-	30,7
	2	4,5	38,7	28,8	67,5	3,2	24,8	20,8	32,0
	3	2,5	42,3	30,4	72,7	5,6	19,2	16,8	36,0
5,00	1	1,5	28,5	27,6	56,1	13,8	28,6	-	41,4
	2	2,3	18,5	40,8	59,3	11,2	27,2	20,0	52,0
	3	2,5	14,3	45,6	59,9	12,8	24,8	15,2	58,4
8,00	1	4,8	51,7	11,7	63,4	8,5	23,3	-	20,2
	2	2,3	33,7	32,2	65,9	7,2	21,6	16,0	39,4
	3	1,5	49,7	28,0	77,7	4,0	16,8	14,4	32,0
15,00	1	4,0	37,7	26,9	64,2	9,5	22,3	-	36,4
	2	2,8	29,2	37,6	66,8	7,2	23,2	18,4	44,8
	3	2,5	23,9	45,6	69,5	6,4	21,6	13,0	52
20,00	1	2,7	35,3	28,1	63,4	9,0	24,9	-	37,1
	2	1,8	25,4	38,4	63,8	8,8	25,6	19,2	47,2
	3	1,0	34,2	34,4	68,6	9,6	80,8	16,0	44,0
30,00	1	7,0	46,4	20,1	66,5	5,8	20,7	-	25,9
	2	4,2	43,0	27,2	70,2	5,6	20,0	16,8	32,8
	3	1,8	53,4	23,2	76,6	7,2	14,4	7,6	30,4
33,0	1	1,3	21,3	40,8	62,1	8,0	28,6	-	48,8
	2	1,5	19,7	43,4	62,1	8,8	29,6	20,4	52,2
	3	1,0	25,4	36,0	61,4	10,4	27,2	17,6	46,4
34,5	1	2,8	29,4	37,8	67,2	3,5	26,5	-	41,3
	2	2,0	18,8	33,6	52,4	16,8	28,8	20,0	50,4
	3	1,8	26,2	34,4	60,6	12,0	25,6	16,0	46,4
38,00	1	4,3	33,2	37,1	70,3	10,0	15,4	-	47,1
	2	1,3	19,5	48,0	67,5	16,0	15,2	10,4	64
	3	1,3	29,9	48,0	77,9	12,0	8,8	7,2	60
43,00	1	2,7	37,4	38,2	75,6	10,6	11,1	-	48,8
	2	1,3	29,1	44,0	73,1	11,2	14,4	9,6	55,2
	3	1,0	38,2	44,0	82,2	12,0	4,8	4,8	56
46,00	1	3,2	41,1	26,0	67,1	7,4	22,3	-	33,4
	2	1,3	30,7	28,8	59,5	7,2	32,0	25,6	36
	3	1,0	34,2	29,6	63,8	10,4	24,8	20,8	40
48,0	1	2,7	33,7	31,8	65,5	9,0	22,8	-	40,8
	2	3,0	30,6	40,8	71,4	8,8	16,8	11,2	49,6
	3	1,5	20,1	59,2	79,3	10,4	8,8	7,2	69,6

Продолжение таблицы Б.1

51,00	1	3,3	39,5	39,7	79,2	7,4	10,1	-	47,1
	2	1,5	32,9	42,4	75,3	9,6	13,6	8,8	52
	3	1,0	37,4	44,8	82,2	11,2	5,6	0,8	56
55,0	1	0,8	28,7	36,6	65,3	9,5	24,4	-	46,1
	2	1,3	17,9	38,4	56,3	11,2	31,2	23,2	49,6
	3	0,8	19,2	42,4	61,6	12,0	25,6	17,6	54,4
58,00	1	0,8	34,0	31,8	65,8	11,1	22,3	-	42,9
	2	1,0	15,0	42,4	57,4	13,6	28,0	20,8	56
	3	0,5	12,3	42,3	54,6	17,6	27,2	20,8	59,9
62,0	1	2,2	30,0	37,1	67,1	8,4	22,3	-	45,5
	2	1,3	19,5	40,8	60,3	12,8	25,6	18,4	53,6
	3	0,8	20,8	41,6	62,4	16,4	20,4	16,0	58
72,00	1	1,4	29,2	34,4	63,6	13,3	21,7	-	47,7
	2	1,5	24,9	42,4	67,3	9,6	21,6	13,6	52
	3	0,8	34,4	43,0	77,4	13,0	8,0	6,4	56
75,5	1	1,2	31,0	33,8	64,8	10,1	33,9	-	43,9
	2	1,5	12,9	39,2	52,1	20,0	26,4	14,4	59,2
	3	0,8	24,0	49,6	73,6	16,8	8,8	6,4	66,4
74,00	1	0,5	29,4	28,8	58,2	11,1	30,2	-	39,9
	2	2,0	14,8	35,2	50,0	14,4	33,6	23,2	49,6
	3	1,5	20,9	33,6	54,5	14,4	29,6	13,6	48
78,00	1	0,8	31,4	31,8	63,2	9,0	27,0	-	40,8
	2	1,3	21,1	32,0	53,1	10,4	35,2	25,6	42,4
	3	0,8	22,4	47,2	69,6	12,0	17,6	12,0	59,2
83,00	1	2,8	29,9	42,4	72,3	9,5	15,4	-	51,9
	2	1,3	27,5	44,0	71,5	9,6	17,6	14,4	53,6
	3	0,5	24,3	47,2	71,5	11,2	16,8	11,2	58,4
89,00	1	0,4	22,2	31,8	54,0	10,0	36,6	-	41,8
	2	0,8	8,0	33,6	41,6	12,0	45,6	33,6	45,6
	3	0,5	7,5	35,2	42,7	16,0	40,8	32,8	51,2
94,5	1	1,3	21,8	22,3	44,1	12,2	42,4	-	34,5
	2	1,8	11,8	31,2	43,0	15,2	40,0	25,6	46,4
	3	1,5	24,7	22,4	47,1	15,2	35,2	28,4	37,6
95,00	1	1,3	20,3	20,1	40,4	10,6	47,7	-	30,7
	2	1,0	21,4	25,6	47,0	9,6	42,4	30,4	35,2
	3	1,0	15,0	19,2	34,2	16,0	48,8	38,4	35,2
99,00	1	1,3	26,1	31,3	57,4	8,4	32,9	-	39,7
	2	9,6	31,4	29,4	60,8	2,4	27,2	24,0	31,8
	3	1,3	21,1	46,4	67,5	6,4	24,8	22,4	52,8

Примечание: 1 – растирание грунта с пирофосфатом натрия, 2 – кипячение с пирофосфатом натрия по ГОСТ, 3 – размокание грунта в воде и стабилизация пирофосфатом по ГОСТ.

Таблица Б.2 – Физические и структурно-вещественные характеристики лёссовых грунтов по опорной 100-метровой скважине в районе г. Буденновска

Глубина, м	Влаж- ность, %	ρ_d , г/см ³	W_L	Sr	A, %	CaCO ₃ , %	Гумус, %	Гидро- слюда	Каоли- нит	Монтмо- риллонит
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,25	8,0	1,53	30,7	0,29	39,6	0,73	1,93	-	-	-
0,50	8,1	1,60	-	0,32	39,3	0,61	1,36	-	-	-
0,75	8,1	1,66	-	0,36	36,8	14,22	0,75	-	-	-
1,00	9,9	1,70	25,1	0,46	33,3	13,67	0,35	-	-	-
1,25	10,9	1,65	-	0,48	28,3	9,83	0,35	-	-	-
1,50	6,1	1,52	-	0,22	20,6	8,39	0,22	-	-	-
1,75	5,8	1,42	-	0,18	19,3	8,05	0,22	-	-	-
2,00	5,9	1,49	22,2	0,30	21,6	8,67	0,31	49	34	7
2,25	6,2	1,50	-	0,21	8,6	9,33	0,19	-	-	-
2,50	6,3	1,48	-	0,30	18,5	3,12	0,21	-	-	-
2,75	8,2	1,48	-	0,27	5,7	9,94	0,25	-	-	-
3,00	9,6	1,55	25,4	0,36	26,0	6,48	0,25	-	-	-
3,25	11,4	1,60	-	0,39	21,0	8,80	3,25	-	-	-
3,50	8,7	1,45	-	0,28	14,7	8,69	0,23	-	-	-
3,75	10,4	1,36	-	0,29	13,0	9,10	0,21	-	-	-
4,00	11,7	1,47	24,7	0,39	14,9	-	-	-	-	-
4,25	-	1,49	-	-	-	-	-	-	-	-
4,50	11,9	1,45	-	0,38	23,0	9,80	0,25	-	-	-
4,75	12,1	1,42	-	0,37	16,3	9,69	0,21	-	-	-
5,00	13,6	1,46	23,1	0,44	13,8	9,65	0,25	-	-	-
5,25	13,4	1,57	-	0,51	13,0	8,67	0,27	-	-	-
5,50	13,5	1,50	-	0,46	12,0	9,40	0,23	49	44	2
5,75	13,4	1,50	-	0,46	19,3	8,74	0,27	-	-	-
6,25	11,3	1,66	22,0	0,48	11,3	9,44	0,34	-	-	-
6,50	11,6	1,54	-	0,44	11,5	9,28	0,25	-	-	-
6,75	11,1	1,52	-	-	10,1	8,60	0,27	-	-	-
7,00	11,2	1,53	23,3	0,40	25,6	8,55	0,27	-	-	-
7,50	10,7	1,62	-	0,45	7,9	8,44	0,19	-	-	-
7,75	10,3	1,46	23,4	0,32	21,7	8,58	0,63	-	-	-
8,00	8,7	1,46	23,5	0,28	14,0	8,33	0,21	51	37	4
8,50	8,6	1,51	-	0,30	21,0	8,69	0,25	-	-	-
9,50	8,8	1,53	22,9	0,32	11,7	8,44	0,25	-	-	-
10,00	8,7	1,55	24,7	0,32	8,8	7,73	0,25	-	-	-
10,50	9,9	1,53	-	0,36	3,7	7,68	0,32	-	-	-
11,50	9,9	1,58	24,1	0,38	9,3	7,32	0,32	-	-	-
12,00	9,1	1,55	24,0	0,34	7,6	7,89	0,21	-	-	-
12,50	13,0	1,50	-	0,47	9,0	7,85	0,26	-	-	-
13,00	8,6	1,55	22,7	0,31	17,3	7,58	0,28	-	-	-
13,50	8,6	1,59	-	0,34	11,0	7,80	0,26	-	-	-
14,50	8,9	1,55	24,5	0,33	16,3	7,89	0,23	-	-	-
15,00	8,0	1,55	23,5	0,29	17,0	7,46	0,26	50	35	9
15,50	8,9	1,57	-	0,34	10,7	7,78	0,23	-	-	-
16,00	7,5	1,65	22,9	0,32	13,7	7,58	0,25	-	-	-
16,50	7,5	1,62	-	0,31	9,3	7,35	0,23	-	-	-
17,00	7,1	1,62	23,1	0,29	10,3	8,17	0,24	-	-	-
17,50	7,7	1,60	-	0,31	14,3	8,62	0,21	-	-	-
18,00	7,6	1,59	23,2	0,30	4,2	8,69	0,26	-	-	-
18,50	7,1	1,57	-	0,28	10,7	8,08	0,24	-	-	-
19,00	8,0	1,61	22,6	0,33	6,1	8,00	0,26	-	-	-

Продолжение таблицы Б.2

19,50	8,2	1,62	-	0,33	5,3	8,42	0,23	-	-	-
20,00	7,9	1,53	23,4	0,30	5,7	8,37	0,23	46	36	9
20,50	7,9	1,54	-	0,29	7,7	8,25	0,24	-	-	-
21,00	7,5	1,56	-	-	-	-	-	-	-	-
21,50	6,9	1,63	23,3	0,29	6,4	9,14	0,19	-	-	-
22,00	6,8	1,63	23,0	0,29	9,7	7,80	0,24	-	-	-
22,50	7,8	1,66	-	0,34	7,5	8,30	0,24	-	-	-
23,00	6,8	1,67	22,1	0,30	4,7	7,85	0,28	-	-	-
23,50	6,2	1,59	-	0,24	9,7	7,64	0,28	-	-	-
24,00	6,4	1,56	22,9	0,24	5,3	8,03	0,24	-	-	-
24,50	15,2	1,58	-	0,58	4,9	7,09	0,29	-	-	-
25,00	6,0	1,56	23,1	0,23	5,3	7,14	0,26	52	32	5
25,50	5,7	1,56	-	0,21	5,0	6,78	0,32	-	-	-
26,00	6,9	1,53	24,9	0,25	3,9	6,19	0,35	-	-	-
26,50	6,8	1,58	-	0,26	9,3	6,48	0,33	-	-	-
27,00	7,8	1,57	24,2	0,30	4,7	8,89	0,28	-	-	-
27,50	10,0	1,56	-	0,38	5,7	7,00	0,34	-	-	-
28,00	6,8	1,56	23,4	0,26	4,7	8,19	0,21	-	-	-
28,50	6,7	1,58	-	0,26	11,7	7,51	0,26	-	-	-
29,00	6,5	1,68	22,7	0,29	14,7	7,23	0,26	-	-	-
29,50	6,9	1,69	-	0,29	13,3	6,64	0,22	-	-	-
30,00	6,6	1,67	22,8	0,30	17,2	6,12	0,21	63	28	4
30,50	5,0	1,62	-	0,21	9,0	5,82	0,38	-	-	-
31,00	5,8	1,62	23,7	0,24	14,0	5,76	0,33	-	-	-
31,50	6,6	1,67	-	0,30	17,0	6,89	0,22	-	-	-
32,00	10,0	1,64	27,0	0,43	19,3	7,78	0,33	-	-	-
32,50	9,4	1,79	-	0,40	9,8	10,71	0,22	-	-	-
33,00	8,7	1,76	27,2	0,45	8,3	10,62	0,24	46	29	18
33,50	9,2	1,72	-	0,44	5,3	9,37	0,22	-	-	-
34,00	9,9	1,73	24,4	0,49	9,7	9,71	0,24	-	-	-
34,50	8,5	1,66	-	0,37	7,7	10,01	0,16	46	31	14
35,00	7,9	1,59	24,1	0,31	11,0	9,65	0,17	-	-	-
35,50	6,2	1,55	-	0,23	9,8	9,83	0,16	-	-	-
36,00	7,3	1,52	27,6	0,25	9,3	9,58	0,24	-	-	-
36,50	7,9	1,47	-	0,26	10,1	7,10	0,21	-	-	-
37,00	7,7	1,46	27,3	0,25	12,0	7,35	0,19	-	-	-
37,50	8,1	1,43	-	0,26	19,3	9,05	0,16	-	-	-
38,00	7,9	1,46	27,2	0,26	15,7	11,76	0,17	-	-	-
38,50	7,7	1,49	-	0,27	14,7	9,51	0,21	59	31	-
39,00	7,0	1,62	25,1	0,28	9,0	9,10	0,21	-	-	-
39,50	7,6	1,61	-	-	10,4	8,99	0,16	-	-	-
40,00	8,2	1,61	23,8	0,33	16,2	7,85	0,19	-	-	-
40,50	5,9	1,61	-	0,24	10,7	8,74	0,21	-	-	-
41,00	5,5	-	25,9	-	13,9	7,51	0,26	-	-	-
41,50	5,3	1,45	-	0,17	7,3	8,78	0,26	-	-	-
42,00	5,1	1,32	26,8	0,16	17,0	9,12	0,22	-	-	-
42,50	5,6	1,47	-	0,18	15,7	7,01	0,22	-	-	-
43,00	7,3	1,48	28,1	0,24	9,7	7,30	0,26	59	35	-
43,50	9,0	1,56	-	0,34	6,9	8,85	0,28	-	-	-
44,00	9,5	1,72	23,8	0,47	8,3	10,51	0,33	-	-	-
44,50	9,4	1,81	-	0,54	12,3	10,33	0,29	-	-	-
45,00	10,1	1,77	21,2	0,53	15,3	10,46	0,29	-	-	-
45,50	11,8	1,58	-	0,25	16,1	8,46	0,33	-	-	-
46,00	9,9	1,62	25,9	0,40	14,3	9,40	0,38	46	24	16
46,50	9,0	1,63	-	0,37	14,3	9,74	0,24	-	-	-
47,00	8,8	1,71	25,0	0,42	12,7	9,83	0,26	-	-	-

Продолжение таблицы Б.2

47,50	8,2	1,68	-	0,37	13,3	8,03	0,28	-	-	-
48,00	9,6	1,65	24,7	0,42	11,9	9,62	0,26	45	32	14
48,50	9,7	1,71	-	0,46	15,3	9,40	0,16	-	-	-
49,00	8,3	1,61	24,0	0,33	13,0	8,17	0,16	-	-	-
49,50	6,3	1,65	-	0,27	15,0	7,89	0,14	-	-	-
50,00	7,6	1,65	23,2	0,33	15,3	7,73	0,12	-	-	-
50,50	8,7	1,56	-	0,32	15,0	8,53	0,12	-	-	-
51,00	11,4	1,59	24,1	0,45	18,3	7,76	0,16	45	25	20
51,50	8,1	1,63	-	0,34	27,8	9,05	0,14	-	-	-
52,00	8,6	1,69	24,0	0,40	11,7	8,35	0,14	-	-	-
52,50	7,4	1,76	-	0,38	12,3	7,51	0,14	-	-	-
53,00	8,5	1,75	27,0	0,44	12,8	9,12	0,16	-	-	-
53,50	10,0	1,81	-	0,56	22,5	11,65	0,21	-	-	-
54,00	11,2	1,79	25,1	0,50	11,0	9,99	0,16	-	-	-
54,50	10,4	1,76	-	0,52	15,0	9,71	0,14	-	-	-
55,00	10,7	1,62	24,1	0,45	12,5	9,10	0,16	52	28	13
55,50	9,3	1,57	-	0,36	11,0	7,07	0,17	-	-	-
56,00	7,8	1,52	25,0	0,28	6,7	7,48	0,12	-	-	-
56,50	7,9	-	-	-	4,7	5,82	0,21	-	-	-
57,00	8,3	1,72	29,3	-	7,1	5,80	0,17	-	-	-
57,50	12,1	1,67	-	-	9,5	6,46	0,16	-	-	-
58,00	11,5	-	27,5	-	8,0	9,28	0,16	49	29	12
58,50	11,9	1,91	-	0,80	6,9	8,99	0,16	-	-	-
59,00	12,3	1,89	28,8	-	13,3	9,49	0,12	-	-	-
59,50	12,6	-	-	-	19,3	17,12	0,21	-	-	-
60,00	9,6	-	29,6	-	12,9	8,01	0,24	-	-	-
60,50	-	1,83	-	-	15,3	12,44	0,21	-	-	-
61,00	-	-	26,0	-	14,2	8,23	0,19	-	-	-
61,50	-	1,87	-	-	16,0	4,96	0,22	-	-	-
62,00	-	1,93	25,8	-	5,8	8,33	0,16	44	31	14
62,50	-	2,02	-	-	13,3	8,78	0,21	-	-	-
63,00	8,8	1,87	25,6	0,55	-	8,33	0,19	-	-	-
63,50	15,6	1,79	25,4	0,89	14,2	8,30	0,19	-	-	-
64,00	-	1,81	25,0	-	8,3	7,92	0,10	-	-	-
65,00	-	1,88	24,0	-	13,1	9,05	0,10	-	-	-
66,00	-	1,85	24,7	-	9,3	8,71	0,16	-	-	-
67,50	-	1,64	23,1	-	8,0	8,12	0,14	44	26	18
68,00	-	1,65	22,4	-	6,7	8,85	0,28	-	-	-
69,00	-	1,77	23,7	-	7,3	9,01	0,10	-	-	-
69,50	-	1,60	-	-	10,9	8,83	0,14	-	-	-
70,00	13,5	1,89	23,7	0,87	14,0	10,51	0,31	-	-	-
70,50	-	-	-	-	6,7	9,53	0,16	-	-	-
71,00	-	1,76	24,8	-	2,2	8,64	0,16	-	-	-
71,50	-	1,74	-	-	8,7	9,30	0,16	-	-	-
72,00	-	1,70	26,6	-	6,3	10,12	0,14	47	30	13
72,50	-	1,76	-	-	5,6	8,17	0,19	56	25	9
73,00	-	1,91	29,2	-	11,6	12,9	0,16	-	-	-
73,50	-	1,83	-	-	20,4	16,45	0,14	-	-	-
74,00	-	1,95	28,2	-	10,7	15,61	0,19	43	27	18
74,50	-	1,97	-	-	24,1	15,97	0,09	-	-	-
75,00	-	1,93	26,9	-	20,0	15,24	0,14	-	-	-
75,50	-	1,81	-	-	10,3	15,24	0,14	-	-	-
76,00	-	1,72	24,6	-	10,7	9,24	0,31	-	-	-
76,50	-	1,57	-	-	8,3	10,69	0,26	-	-	-
77,00	-	-	29,2	-	7,3	-	-	-	-	-
77,50	15,5	1,84	29,0	0,92	15,3	11,49	0,33	-	-	-

Продолжение таблицы Б.2

78,00	-	1,87	28,8	0,92	24,0	10,33	0,19	47	22	20
78,50	-	1,76		-	17,0	10,85	0,24	-	-	-
79,00	-	1,85	26,1	-	19,7	9,94	0,31	-	-	-
79,50	-	1,88		-	6,3	6,30	0,26	-	-	-
80,00	-	1,91	26,3	-	8,3	8,14	0,31	-	-	-
80,50	-	1,83		-	7,7	5,55	0,24	-	-	-
81,00	-	1,80	25,8	-	12,0	5,44	0,26	-	-	-
81,50	-	1,77		-	5,9	5,19	0,28	-	-	-
82,00	-	1,80	24,5	-	6,9	5,71	0,31	-	-	-
82,50	-	1,75	-	-	8,3	4,84	0,21	-	-	-
83,00	-	1,71	23,9	-	10,0	5,66	0,21	38	21	41
83,50	-	1,93	-	-	10,7	8,08	0,21	-	-	-
84,00	-	1,82	-	-	9,7	8,87	0,21	-	-	-
84,50	-	1,81	-	-	15,9	7,83	0,16	-	-	-
85,00	-	1,92	30,1	-	9,9	7,60	0,21	-	-	-
85,50	-	-	-	-	15,9	-	-	-	-	-
86,00	-	1,83	26,8	-	10,0	7,98	0,26	-	-	-
86,50	-	-	-	-	7,7	-	-	-	-	-
87,00	-	1,84	24,3	-	6,0	6,37	0,27	-	-	-
87,50	-	1,83	-	-	7,3	7,17	0,19	-	-	-
88,00	-	1,81	31,4	-	7,3	2,42	0,27	-	-	-
88,50	-	1,89	-	-	10,0	6,12	0,21	-	-	-
89,00	15,8	1,90	30,3	1,00	20,7	11,83	0,24	48	22	18
90,00	-	1,93	30,0	-	4,7	4,53	0,27	-	-	-
90,50	-	1,90		-	5,0	7,55	0,24	-	-	-
91,00	-	1,82	25,0	-	6,3	6,92	0,26	-	-	-
91,50	-	1,85		-	9,0	6,94	0,24	-	-	-
92,00	-	1,80	25,9	-	6,7	9,10	0,24	-	-	-
92,50	-	1,83		-	8,7	11,44	0,21	-	-	-
93,00	-	1,89	26,5	-	19,3	3,30	0,16	-	-	-
93,50	-	-	-	-	15,6	4,55	0,24	-	-	-
94,00	15,3	1,90	31,2	1,00	23,9	10,74	0,33	-	-	-
94,50	-	1,94	-	-	14,9	7,60	0,21	28	30	30
95,00	-	1,97	32,4	-	8,5	13,58	0,24	40	32	28
95,50	-	2,06	-	-	8,6	13,26	0,31	-	-	-
96,00	-	1,90	24,8	-	18,1	10,92	0,24	-	-	-
96,50	-	1,84	-	-	9,7	8,48	0,21	-	-	-
97,00	-	1,87	24,5	-	13,7	6,92	0,24	-	-	-
97,50	-	1,90	24,5	-	13,9	7,96	0,19	-	-	-
98,00	-	1,83	25,8	-	13,7	7,32	0,27	-	-	-
98,50	-	1,95	-	-	13,3	7,87	0,24	-	-	-
99,00	-	1,95	25,3	-	15,7	7,21	0,21	45	26	17

Таблица Б.3 – Водорастворимые соли в лёссах 100-метровой скважины в районе очистных сооружений г. Будённовска

Глубина, м	Сухой остаток г/100г	Общая минерализация г/100г	NaCl		Na ₂ SO ₄		MgSO ₄		CaSO ₄		CaHCO ₃		NaHCO ₃		pH
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
2,5	0,060	0,0670	0,05	2,9	0,25	17,8	0,19	11,4	-	-	0,45	36,5	-	-	8,1
5,00	0,494	0,5240	0,05	2,9	4,44	315,2	1,42	85,4	0,81	55,2	0,80	64,8	-	-	8,5
8,00	0,504	0,5120	2,47	144,4	3,55	252,1	0,85	51,1	-	-	0,76	61,6	-	-	8,4
11,25	1,030	1,0240	4,85	283,5	5,29	371,3	2,05	123,2	2,78	189,5	0,70	56,7	-	-	8,6
15,50	0,846	0,6560	4,46	260,7	3,54	251,3	1,92	115,4	2,41	164,1	0,80	64,8	-	-	8,5
20,00	0,794	0,7998	4,86	254,8	3,11	220,8	1,87	112,4	2,39	162,9	0,60	48,6	-	-	8,4
25,50	0,476	0,4540	3,76	219,8	1,00	41,0	1,65	99,2	0,10	6,8	0,70	56,7	-	-	9,0
30,50	0,274	0,3125	2,97	173,6	0,95	37,5	0,23	19,3	-	-	0,36	29,2	-	-	9,4
33,50	0,475	0,3136	3,96	231,5	2,80	198,8	0,32	79,3	-	-	0,71	57,5	-	-	9,0
34,50	0,444	0,4739	4,46	260,7	1,96	139,2	0,10	8,4	-	-	0,38	30,8	-	-	9,3
38,00	0,302	0,3720	3,17	185,3	1,28	90,9	0,59	49,6	-	-	0,18	14,6	-	-	9,4
43,50	0,320	0,3154	2,97	173,6	1,43	101,5	-	-	-	-	0,22	17,8	0,11	9,2	9,3
46,00	0,304	0,2900	3,07	179,4	0,67	47,6	0,15	9,0	-	-	0,31	25,1	-	-	9,2
48,50	0,265	0,3261	2,67	156,1	1,23	87,3	-	-	-	-	0,27	21,9	0,69	58,0	9,4
51,50	0,205	0,2637	2,03	118,7	0,93	66,0	-	-	-	-	0,13	10,5	0,46	38,6	9,5
55,00	0,212	0,2664	2,13	124,5	1,06	75,3	-	-	-	-	0,23	18,6	0,42	35,3	9,1
58,50	0,271	0,3083	2,67	156,1	1,20	85,2	0,34	20,4	-	-	0,31	25,1	-	-	8,8
62,50	0,329	0,3621	2,97	173,6	1,64	116,4	0,28	16,8	-	-	0,49	39,7	-	-	8,9
67,50	0,107	0,1337	0,79	46,2	0,56	39,8	-	-	-	-	0,18	14,6	0,20	16,8	9,3
72,00	0,160	0,1886	1,22	71,3	0,95	67,5	-	-	-	-	0,36	29,2	0,06	5,0	9,3
72,50	0,128	0,1678	0,90	52,6	0,61	43,3	-	-	-	-	0,20	16,2	0,41	34,4	8,7
74,00	0,124	0,1789	1,29	70,1	0,60	42,6	0,25	15,0	-	-	0,27	21,9	-	-	9,2
78,00	0,078	0,1019	0,40	23,4	0,44	31,2	-	-	-	-	0,25	20,3	0,15	12,6	9,1
83,50	0,093	0,1185	0,69	40,3	0,43	30,5	-	-	-	-	0,29	23,5	0,13	10,9	9,1
89,00	0,092	0,1278	0,44	25,7	0,43	30,5	-	-	-	-	0,54	43,8	0,14	11,8	9,2
94,50	0,086	0,1274	0,30	17,5	0,16	11,4	-	-	-	-	0,33	26,7	0,73	61,3	9,4
95,00	0,091	0,1247	0,40	23,4	0,27	19,2	-	-	-	-	0,29	23,5	0,64	53,8	9,5
99,00	0,081	0,1221	0,35	20,5	0,27	19,2	-	-	-	-	0,27	21,9	0,64	53,8	9,4

Таблица Б.4 – Состав обменных катионов (в мг-экв/100 г) и емкость поглощения лёссов 100-метровой скважины в районе очистных сооружений г. Буденновска

Глубина, м	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма	Еп
2,00	нет	0,435	5,214	2,979	8,628	9,203
5,50	нет	4,348	2,234	4,362	10,944	12,789
7,75	нет	4,348	1,809	3,086	9,243	9,272
11,75	нет	4,348	2,022	3,511	9,881	9,98
15,00	нет	4,348	2,554	3,724	10,626	9,186
20,00	нет	4,348	2,660	3,298	10,306	11,742
25,25	нет	3,913	2,234	3,511	9,658	9,425
29,50	нет	1,739	2,554	2,979	7,272	9,493
33,00	нет	4,783	3,086	4,469	12,338	12,305
34,50	нет	4,783	2,873	3,724	11,380	12,100
38,25	нет	4,783	2,660	3,192	10,635	8,590
42,50	нет	4,130	2,660	3,192	9,982	9,493
46,00	нет	4,348	2,872	3,511	10,731	13,004
48,00	нет	4,782	3,192	3,937	11,911	11,538
51,00	0,359	4,348	4,788	3,618	13,113	10,993
55,00	0,359	3,261	4,894	3,724	11,798	10,073
58,00	0,359	2,609	4,894	3,936	11,798	10,243
62,00	0,359	2,174	5,852	4,469	12,854	12,288
67,00	0,359	1,956	5,000	3,086	10,401	9,834
72,00	0,256	1,956	5,746	4,362	12,320	11,555
72,50	0,359	1,956	6,810	3,830	12,955	12,697
74,00	0,256	1,522	6,278	4,043	12,099	12,806
78,00	0,256	1,522	6,278	4,362	12,418	12,356
83,00	0,461	1,956	6,064	5,320	13,801	13,582
89,00	0,461	1,956	7,980	6,596	16,993	17,704
94,00	0,359	1,956	7,873	6,490	16,678	18,015
94,50	0,359	2,174	8,406	7,980	18,919	19,974
99,00	0,359	2,174	5,716	4,362	12,611	12,475

Таблица Б.5 – Анализ солянокислых вытяжек из лёссовых пород опорной 100-метровой скважины в районе очистных сооружений г. Будённовска

Глубина, м	Ca ²⁺		Mg ²⁺		Fe ²⁺		Fe ³⁺		SO ₄ ²⁻	
	г/100г	мг-экв.	г/100г	мг-экв.	г/100г	мг-экв.	г/100г	мг-экв.	г/100г	мг-экв.
2,00	3,731	186,2	0,323	26,6	1,039	37,2	0,742	39,8	0,125	2,6
5,50	3,833	191,5	0,711	58,5	0,653	23,4	0,691	47,8	0,965	20,0
7,75	3,838	191,5	0,776	63,8	0,802	28,7	1,188	63,8	0,679	14,1
11,75	3,923	195,7	0,705	57,9	0,445	15,9	0,801	43,0	0,187	3,8
15,00	3,624	180,8	0,646	53,2	0,475	17,0	0,891	47,8	0,129	2,6
20,00	3,624	180,8	0,646	53,2	0,594	21,2	1,039	55,8	0,594	12,3
25,25	2,985	148,9	0,645	53,2	0,534	19,1	1,039	55,8	0,166	3,4
29,50	2,878	143,6	0,646	53,2	0,356	12,7	0,891	47,8	0,139	2,9
33,00	4,264	212,8	0,776	63,8	0,386	13,8	0,950	51,0	0,209	4,3
34,50	4,392	219,1	0,698	57,4	0,445	15,9	0,891	47,8	0,125	2,6
38,25	4,264	212,8	0,711	58,5	0,416	14,8	0,891	47,8	0,182	3,8
42,50	3,198	159,6	0,646	53,2	0,445	15,9	0,891	47,8	0,199	4,1
46,00	4,477	223,4	0,517	42,5	0,445	15,9	0,802	43,0	0,154	3,2
48,00	3,94	196,8	0,582	47,8	0,237	8,5	0,950	51,0	0,539	11,2
51,00	3,518	175,5	0,582	47,8	0,148	5,3	0,594	31,9	0,135	2,8
55,00	3,241	161,7	0,621	51,0	0,148	5,3	0,891	47,8	0,199	4,1
58,00	3,688	184,00	0,603	50,0	0,148	5,3	0,742	39,8	0,166	3,4
62,00	3,624	180,8	0,608	50,0	0,237	-	0,742	39,8	0,214	4,4
67,00	3,305	164,9	0,672	55,2	0,237	8,5	0,594	31,9	0,216	4,4
72,00	3,838	191,5	0,646	53,2	0,297	10,6	0,594	31,9	0,222	4,6
72,50	4,051	202,1	0,608	50,0	0,386	13,8	0,653	35,1	0,148	3,0
74,00	7,569	377,7	0,646	53,2	0,267	9,5	0,713	38,3	0,297	5,8
78,00	5,330	266,0	0,582	47,8	0,297	10,6	0,742	39,8	0,150	3,1
83,00	2,452	122,3	0,592	48,9	0,356	12,7	0,742	39,8	0,205	4,2
89,00	4,200	209,6	0,362	29,7	0,178	6,3	0,921	49,4	0,207	4,2
94,00	4,627	230,8	0,472	38,3	0,445	15,9	0,653	35,1	0,181	3,7
94,50	5,437	271,3	0,556	45,7	0,148	5,3	0,891	47,8	0,199	4,1
99,00	3,262	162,7	0,478	39,3	0,297	10,6	0,742	39,8	0,150	3,1

Инженерно-геологические условия на площадке очистных сооружений Прикумского завода пластмасс и г. Буденновска

Площадка очистных сооружений расположена в 4 км к северо-востоку от г. Буденновска и приурочена к наиболее высокой водораздельной части междуречья р. Мокрая Буйвола и р. Кума. Междуречье занимает пахотные земли. Местами наблюдаются просадочные блюдца глубиной до 2 м и диаметром до 150 м.

В 1978-1986 г.г. СтавропольТИСИЗ с участием СевКавПНИИИС на этом участке выполнил изыскания для проектирования биологических прудов размером 200 x 500 м, пруда-накопителя размером 1000 x 1500 м, иловых площадок 250 x 600 м. Абсолютные отметки поверхности очистных сооружений изменяются от 129 до 136 м, уровень грунтовых вод находится на отметках 89-92 м. Грунтовые воды, вскрытые на глубине 37-46 м, со слабым уклоном (0,001) направлены в сторону р. Кумы. Мощность сухой просадочной толщи достигает 45 м. Просадка от собственного веса достигает 123,0 см. В просадочных блюдцах могут быть грунты I типа, непросадочные от собственного веса.

В это же время Севкавгипроводхоз выполнил изыскания для проектирования земледельческих полей орошения (ЗПО), которые должны были использовать очищенные сточные воды г. Буденновска. ЗПО расположены в 2,5 км к северу от очистных сооружений и занимают наиболее возвышенные отметки рельефа (до 167,0 м). На площадке ЗПО была обнаружена мощность сухих лёссовых грунтов, равная 72,5 м (скв. 3 Севкавгипроводхоза), с расчетной просадкой от собственного веса до 230 см.

Дальнейшие исследования СевКавПНИИИС по заданию Госстроя СССР позволили найти и изучить на площадке ЗПО уникальный 100-метровый лёссовый разрез.

На площадке очистных сооружений СтавропольТИСИЗ в геологическом разрезе до глубины 46 м выделил следующие инженерно-геологические элементы:

ИГЭ-0. Насыпной грунт мощностью до 1,8 м.

ИГЭ-1. Почва суглинистая мощностью до 0,5 м.

ИГЭ-2. Суглинок (участками переходящий в супесь) лёссовый, коричневатого-серый, высокопористый, твердый, просадочный, мощностью 0-2,95 м. При замачивании проявляет просадочность при нагрузках меньше природных.

ИГЭ-2а. Суглинок (участками изредка переходящий в супесь) лёссовый, коричневатого-серый, высокопористый, твердый, просадочный, мощностью 0-3,5 м. При замачивании проявляет просадочность при нагрузках больше природных.

ИГЭ-3. Супесь (на отдельных участках переходящая в суглинок) лёссовая, желто-серая с зеленоватым оттенком, высокопористая, твердая, просадочная, мощностью 0-10, м.

ИГЭ-3а. Супесь (изредка переходящая в суглинок) лёссовая, желто-серая с зеленоватым оттенком, высокопористая, твердая просадочная, мощностью 0-7,1 м.

ИГЭ-4. Супесь (участками переходящая в суглинок) – погребенная почва – зеленовато-желто-серая, твердая, в отдельных участках просадочная, мощностью 0,8-2,8 м.

ИГЭ-5. Супесь лёссовая, зеленовато-желто-серая, низкопористая, твердая просадочная, мощностью 0-8,6 м. При замачивании проявляет просадочность при нагрузках меньше природных.

ИГЭ-5а. Супесь лёссовая, зеленовато-желто-серая, низкопористая, твердая просадочная, мощностью 0-4,7 м. При замачивании проявляет просадочность при нагрузках равных природным.

ИГЭ-6. Супесь зеленовато-желто-серая – погребенная почва, твердая, мощностью 0,6-2,0 м.

ИГЭ-7. Супесь лёссовая, зеленовато-желто-серая, низкопористая, твердая, просадочная, мощностью 0-3,2 м. При замачивании проявляет просадочность при нагрузках меньше природных.

ИГЭ-7а. Супесь лёссовая, зеленовато-желто-серая, низкопористая, твердая, мощностью 0-1,8 м.

ИГЭ-8. Супесь – погребенная почва – зеленовато-желто-серая, твердая, мощностью 1,0-3,1 м.

ИГЭ-9. Супесь лёссовая, зеленовато-желто-серая, низкопористая, твердая, просадочная, мощностью 0-9,7 м. При замачивании проявляет просадочность при нагрузках меньше природных.

ИГЭ-9а. Супесь лёссовая, зеленовато-желто-серая, низкопористая, твердая, мощностью 0-10,0 м.

ИГЭ-10'. Суглинок твёрдый, просадочный (погребённая почва), розовато-жёлто-серый, коричневатого-серый, макропористый, твёрдый, мощность 0 – 4,2 м. При замачивании проявляет просадочность при нагрузках меньше природных.

ИГЭ-10. Суглинок (в некоторых местах переходящий в супесь) – погребенная почва – розово-желто-серый, коричневатого-серый, макропористый, твердый, просадочный, мощностью 0-4,3 м.

ИГЭ-11. Супесь лёссовая, зеленовато-желто-серая, высокопористая, твердая, просадочная, мощностью 0,8-6,0 м. При замачивании проявляет просадочность при нагрузках меньше природных.

ИГЭ-12. Супесь (участками переходящая в суглинок), зеленовато-желто-серая до желто-серой, твердая, мощностью 2,3-8,0 м.

ИГЭ-12а. Супесь (изредка переходящая в суглинок), зеленовато-серая и желто-серая, пластичная (участками текучая), вскрытая мощность 4.5 м.

Физические, деформационные и прочностные характеристики приведены в табл. Б.6.

Таблица Б.6 – Физические и физико-механические характеристики грунтов на площадке Очистных сооружений г. Буденновска

ИГЭ	W, %	P	ρ_d	ρ_s	e	WL	Wp	Ip	IL	Sr	f	C	E	Степень изм-ти	q _c МПа	F, кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2	10,6	1,50	1,35	2,69	0,993	24,5	17,4	7,1	0	0,30	25,3	3	5,2/1,8	3,6	3,4	42
2а	10,8	1,62	1,46	2,70	0,845	25,2	17,4	7,8	0	0,34	25,3	3	7,9/1,3	7,2	2,7	46
3	9,6	1,54	1,39	2,69	0,915	23,4	18,0	5,4	0	0,28	25	7	6,2/1,8	4,5	2,5	36
3а	11,0	1,63	1,47	2,69	0,835	23,4	17,8	5,6	0	0,35	24	8	8,8/2,3	4,2	2,5	42

ИГЭ	W, %	P	ρ_d	ρ_s	e	WL	Wp	Ip	IL	Sr	f	C	E	Степень изм-ти	q _c МПа	F, кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4	10,7	1,67	1,51	2,69	0,778	23,9	18,2	5,7	0	0,36	24	6	9,7/3,1	3,6	2,6	57
5	9,4	1,64	1,50	2,69	0,794	23,1	18,0	5,1	0	0,32	26	3	8,3/3,0	3,3	2,2	56
5a	10,6	1,74	1,57	2,69	0,710	23,1	17,8	5,3	0	0,40	-	-	8,3/4,6	2,3	2,1	44
6	9,9	1,72	1,56	2,69	0,734	23,0	17,8	5,2	0	0,35	25	2	-	-	2,6	80
7	9,0	1,67	1,53	2,69	0,753	22,8	18,2	4,6	0	0,32	25	5	-	-	2,6	83
7a	15,2	1,81	1,56	2,69	0,724	20,8	17,6	3,2	0	0,60	-	-	-	-	-	-
8	8,3	1,66	1,52	2,69	0,761	23,1	18,3	4,8	0	0,29	22	0,8	-	-	2,4	73
9	8,5	1,66	1,53	2,68	0,752	23,3	18,5	4,8	0	0,30	21	19,7	-	-	3,2	73
9a	8,2	1,69	1,55	2,68	0,734	23,8	18,9	4,9	0	0,30	-	-	-	-	-	-
10'	11,5	1,71	1,53	2,69	0,758	26,7	19,0	7,7	0	0,41	-	-	-	-	-	-
10	14,4	1,88	1,65	2,70	0,638	26,6	17,6	9,0	0	0,61	24	12	-	-	-	-
11	11,0	1,61	1,45	2,69	0,857	25,6	19,6	6,0	0	0,34	-	-	-	-	-	-
12	14,6	1,70	1,49	2,69	0,767	26,0	19,3	6,7	0	0,51	27	22	-	-	-	-
12a	25,1	1,91	1,53	2,69	0,787	25,3	19,5	6,3	0,89	0,85			-	-	-	-

Мощность просадочной толщи составляет 31,2-45,0 м, а расчетная просадка от собственного веса достигает 123,5 см.

Изыскатели ТИСИЗа отметили, что при длительном замачивании просадка увеличивается в 1,2 раза, а при замачивании промстоками возрастает в 1,5-2,0 раза.

При анализе данных следует обратить внимание на трудность выделения ИГЭ по литологическому составу: в слоях суглинка часто попадали образцы супеси с числом пластичности 3,6-4,4, а в слоях супеси обнаружены образцы суглинка с числом пластичности 9,1-10,1.

По результатам анализов водных и солянокислых вытяжек и в соответствии с ГОСТ 25100-2011 грунты отнесены к незасоленным, т.к. максимальное содержание легко- и среднерастворимых солей достигает 4,24 %.

Геологический разрез в центре Буденновска (кинотеатр «Олимпия»)

Геологический разрез глубиной 26,0 м представлен следующими слоями (рис. В.1):

1. 0-0,75. Почвенный слой – буровато-серый легкий суглинок, гумусированный.

2. 0,75-3,50 м. Лёсс (легкая супесь), светло-серый с желтоватым оттенком, макропористый (макропористость тонкая, диаметром до 0,4 мм) с ходами землероев, рыхлый, слабый. В интервале 2,75-3,00 м более белесый и рассыпчатый, что можно объяснить морозным выветриванием. В интервале 3,00-3,25 м лёссовидный суглинок, светло-серый, без макропор, очень однородный. На глубине 3,25-3,50 м лёсс, близкий к пылеватому песку, макропористый. Переход к нижележащему слою постепенный и неровный. Мощность слоя 2,50 м.

3. 3,50-5,00 м. Песок лёссовидный, светло-серый со светло-буроватым оттенком, мелкозернистый, очень слабосвязанный, однородный, пылеватый, с редкими макропорами, местами с белоглазкой, слюдистый. Переход к нижнему слою ясный и резкий. Мощность слоя 1,50 м.

4. 5,00-5,50 м. Лёсс светло-серый со светло-буроватым оттенком, неравномерно макропористый (некоторые макропоры диаметром до 1 мм), рыхлый, слабый. В верхней части – «морозная» рассыпчатость и белёсоватость, в нижней части имеется слабо выраженная горизонтальная слоистость. Переход постепенный. Мощность слоя 0,5 м.

5. 5,50-7,00 м. Лёсс буровато-серый (слабо выраженная ископаемая почва), слабый, рыхлый, среднемакропористый (макропоры открытые, некарбонатные, доли мм). Есть пустоты-щели высотой 3-6 мм и шириной 2-4 мм (от вытаивания льда), а также ходы корней или землероев диаметром 4-5 мм,

заполненные рыхлым грунтом. Переход к нижнему слою постепенный. Мощность 1,50 м.

6. 7,00-14,0 м. Лёсс (супесь) желтовато-серого цвета, слабый, рыхлый, местами близок к пылеватому песку (7,75-8,00 и 9,25-11,00 м), в интервале 12,00-13,50 м ближе к лёссовидному суглинку и более серого цвета. В лёссе имеются редкие макропоры диаметром до 1 мм с гумусированными стенками и коричневато-бурые «штришки» растительных остатков. Карбонатных включений не обнаружено. В интервале 8,50-8,75 м встречены остроугольные пустоты-«розетки» диаметром до 5 мм (от вытаивания льда?) с радиальными стенками-перегородками из рыхлого более темного суглинка. Переход книзу постепенный. Мощность слоя 7,00 м.

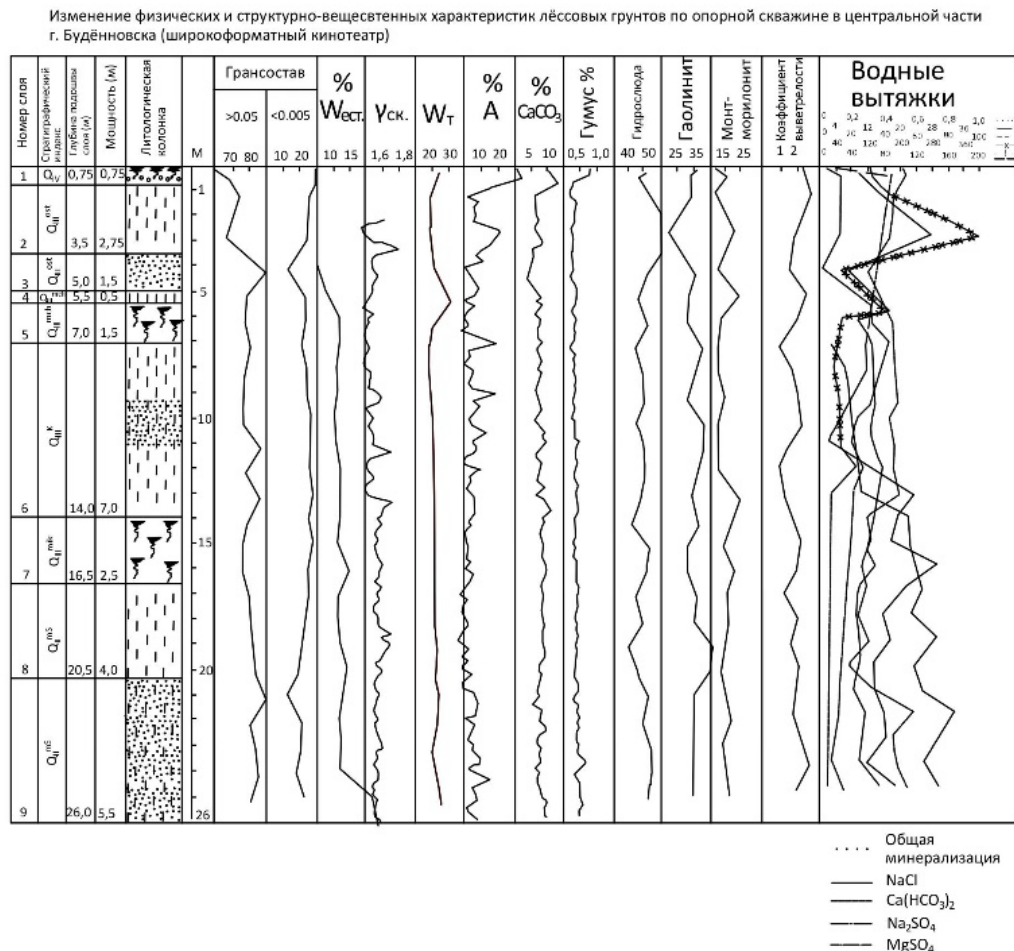


Рисунок В.1 – Лёссовый разрез в центре г. Буденновска

7. 14,00-16,5 м. Ископаемая почва слабо выраженная (?) – легкий суглинок светло-бурый, очень слабо гумусированный, с редкими штришками растительных остатков, с редкими макропорами диаметром до 1 мм. Нижняя часть слоя отличается комковато-землистой структурой, «рассыпчатостью», обусловленной, по-видимому, морозным выветриванием. Переход книзу постепенный. Мощность слоя 2,5 м.

8. 16,50-20,50 м. Лёсс светло-серый, с желтоватым оттенком, менее гумусированный, чем вышележащий слой, очень пылеватый, имеет землисто-морозный облик, встречаются редкие крупные открытые макропоры до 1 мм. Первоначальная макропористость, возможно, была нарушена (побита морозны выветриванием). Переход постепенный. Мощность слоя 4,00 м.

9. 21,50-26,00 м. Лёсс (лёгкая супесь, почти песок) светло-серый с буроватым оттенком, очень пылеватый, слабосвязный, практически немакропористый, книзу слоя мягко-пластичный и текучий (на уровне грунтовых вод 25,0 м). Мощность слоя 5,5 м.

В таблице В.1 приведён гранулометрический состав лёссовых грунтов описанного разреза, в таблице В.2 – водорастворимые соли в лёссовых грунта, в таблице В.3 – состав обменных катионов и емкость поглощения лёссов г. Буденновска, а в сводной таблице В.4 даны основные физические характеристики: пластичность, содержание карбонатов и гумуса, а также главные минералы глинистой фракции. По грансоставу лёссовая толща практически однородна, за исключением прослоев песка в верхней и нижней частях разреза. Количество глинистой фракции в основном составляет 20-25%, соответственно, в узких пределах изменяется влажность (от 10 до 13%), уменьшаясь в слое пылеватого песка до 5,8% и увеличиваясь в слое капиллярной каймы и грунтовых вод до 23,8%, что соответствует границе текучести этих пород.

Плотность скелета грунта изменяется незакономерно и скачкообразно. В разрезе можно выделить верхнюю часть (до глубины 13,0 м), где плотность скелета колеблется около значения $1,50 \text{ г/см}^3$, и нижняя часть, где среднее значение этой величины близко к $1,60 \text{ г/см}^3$.

Граница текучести, как и грансостав, фиксирует практически однородную литологию пород (0,20 – 0,25).

Таблица В.1 – Гранулометрический состав лёссовых пород в центральной части г. Будённовска (широкоформатный кинотеатр)

Глубина, м	Размеры фракций в мм, содержание в %								
	>0,25	>0,1	0,1- 0,05	<0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	<0,002	<0,005	0,05- 0,005
0,25	-	-	16,2	16,2	34,8	9,1	29,1	39,8	43,9
0,50	-	-	23,5	23,5	36,6	7,5	26,4	32,4	44,1
1,25	-	0,5	26,1	26,6	40,5	7,2	18,5	25,8	47,7
2,75	-	0,6	38,1	38,7	30,3	6,9	18,0	24,1	37,2
4,25	0,3	10,1	72,3	82,7	6,1	1,1	8,9	11,0	7,2
5,25	-	0,3	33,4	33,7	40,0	4,5	15,3	21,8	44,5
5,25	0,2	1,5	37,1	38,8	32,6	5,9	17,4	22,6	38,5
7,25	-	0,5	43,0	43,5	30,3	6,0	15,3	19,5	36,3
8,25	-	0,0	27,9	27,9	41,9	7,5	17,4	22,6	49,4
9,25	-	0,0	25,6	25,6	42,4	8,0	17,4	22,9	50,4
10,25	-	0,7	31,6	32,3	39,6	3,5	17,9	24,6	43,1
11,25	-	0,6	29,0	29,6	48,4	8,0	16,8	24,0	56,4
12,25	-	0,8	33,9	34,7	31,6	10,1	16,8	23,7	41,7
13,25	-	0,2	33,9	34,1	36,7	5,0	20,4	25,1	41,7
14,25	-	-	31,5	31,5	40,7	5,1	17,6	22,7	45,8
15,25	-	-	30,8	30,8	37,4	6,4	19,3	25,4	43,8
16,25	-	0,1	33,4	33,5	38,5	4,6	17,0	22,4	43,1
17,25	-	0,3	35,3	35,6	36,6	5,3	17,2	22,5	41,9
18,25	-	0,2	39,6	38,8	34,4	5,3	16,1	21,5	39,7
19,25	-	0,1	38,7	38,8	33,6	8,2	16,1	19,5	41,8
20,25	0,1	1,2	39,0	40,3	35,3	7,13	12,8	17,3	42,43
21,3	-	-	59,0	59,0	25,7	5,2	9,7	10,2	30,9
22,25	-	0,4	37,5	37,9	36,2	5,3	14,9	20,6	41,5
23,25	-	0,6	46,4	47,0	32,7	3,2	11,1	17,1	35,9
24,25	-	0,2	38,8	39,0	41,5	3,7	10,9	15,8	45,2
25,25	-	0,3	27,7	28,0	43,5	8,0	15,4	20,5	51,5

Таблица В.2 – Водорастворимые соли в лёссовых грунтах в центральной части г. Будённовска (широкоформатный кинотеатр)

Глубина, м	Сухой остаток г/100г	Общая минерализа- ция г/100г	KNO ₃		NaNO ₃		Mg(NO ₃) ₂		NaCl		Na ₂ SO ₄		MgCl ₂		MgSO ₄		CaSO ₄		pH
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
0,25	0,237	0,238	0,563	56,9	0,360	29,8	-	-	0,085	4,9	-	-	0,448	21,3	0,145	8,7	0,904	61,5	7,7
0,50	0,59	0,251	0,492	49,7	0,347	29,5	-	-	0,284	16,6	-	-	0,190	9,0	0,445	27,4	0,916	62,3	7,7
1,25	0,391	0,378	0,703	71,1	0,239	20,3	-	-	0,927	137,5	-	-	0,259	12,3			2,356	160,3	7,6
2,75	0,736	0,679	0,077	7,8	0,435	36,9	1,778	263,7	-	-	-	-	0,467	22,2	0,438	26,3	5,966	405,9	7,5
4,25	0,183	0,133	0,064	6,5	0,413	35,1	0,765	113,4	-	-	-	-	0,264	12,6	0,080	4,8	0,657	44,7	7,7
5,75	0,513	0,447	0,070	7,1	0,685	58,2	1,261	187,0	-	-	-	-	0,325	15,5	1,123	67,5	2,381	162,0	7,5
6,25	0,348	0,254	0,064	6,5	1,011	85,9	0,764	113,3	-	-	-	-	0,284	13,5	1,016	61,1	1,083	73,7	7,6
7,25	0,299	0,315	-	-	1,355	115,2	-	-	0,203	11,9	0,256	18,2	-	-	1,367	82,2	0,626	42,6	7,6
8,25	0,321	0,322	-	-	1,468	124,8	-	-	0,203	11,9	0,391	27,8	-	-	1,213	73,0	0,555	37,8	7,7
9,50	0,352	0,334	-	-	1,901	161,6	0,131	19,4	-	-	-	-	0,264	12,6	1,024	61,6	0,658	44,8	7,7
10,25	0,337	0,323	0,070	7,1	1,403	119,3	0,559	82,9	-	-	-	-	0,304	14,5	0,762	45,8	0,651	44,3	7,6
11,25	0,353	0,317	0,070	7,1	1,704	144,8	-	-	0,025	1,5	-	-	0,415	19,8	0,669	40,2	0,724	49,3	7,6
12,25	0,405	0,374	0,077	7,8	1,740	147,9	0,151	22,4	-	-	-	-	0,440	20,9	0,879	52,9	1,263	85,9	7,6
13,25	0,369	0,354	-	-	2,032	172,7	-	-	0,386	22,6	0,746	53,0	-	-	0,671	40,4	0,53	17,2	7,8
14,25	0,285	0,305	-	-	1,468	124,8	-	-	0,326	19,1	1,457	103,4	-	-	-	-	-	-	8,0
15,25	0,260	0,274	-	-	1,048	89,1	-	-	0,284	16,6	1,491	105,9	-	-	-	-	-	-	8,1
16,25	0,304	0,309	-	-	1,048	89,1	-	-	0,568	33,2	1,612	114,5	-	-	-	-	-	-	8,6
17,25	0,211	0,214	-	-	-	-	-	-	0,345	20,2	1,722	122,3	-	-	-	-	-	-	8,5
18,25	0,188	0,205	-	-	-	-	-	-	0,244	14,3	1,551	110,1	-	-	-	-	-	-	8,6
19,25	0,235	0,230	-	-	-	-	-	-	0,284	16,6	2,013	142,9	-	-	-	-	-	-	8,6
20,25	0,180	0,208	-	-	-	-	-	-	0,223	13,0	1,661	117,9	-	-	-	-	-	-	8,6
21,25	0,174	0,192	-	-	-	-	-	-	0,223	13,0	1,713	121,6	-	-	-	-	-	-	8,5
22,25	0,261	0,257	-	-	-	-	-	-	0,264	15,4	2,377	168,8	-	-	0,283	17,0	0,005	0,3	8,5
23,25	0,212	0,224	-	-	-	-	-	-	0,264	15,4	2,007	142,5	-	-	0,185	11,1	-	-	8,5
24,25	0,179	0,205	-	-	-	-	-	-	0,183	10,7	1,902	135,0	-	-	0,120	7,2	-	-	8,5
25,25	0,274	0,273	-	-	-	-	-	-	0,304	17,8	2,439	173,2	-	-	0,361	21,7	0,138	9,4	8,4

Примечание: 1 – мг/100г, 2 – мг/экв.

Таблица В.3 – Состав обменных катионов (в мг-экв/100 г) и емкость поглощения лёссов г. Буденновска (кинотеатр)

Глубина, м	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма	Еп
0,25	0,256	0,652	3,543	4,897	9,348	12,152
0,50	Нет	0,435	6,252	2,500	9,187	11,124
1,25	0,256	0,435	5,106	2,813	8,610	8,146
2,75	0,256	0,304	4,585	3,022	8,167	7,465
4,25	нет	0,435	1,980	2,813	5,226	5,214
5,75	нет	0,435	3,543	4,064	8,042	8,521
6,25	нет	0,869	3,126	5,627	9,622	9,271
6,50	нет	0,521	3,751	6,669	10,941	9,152
7,25	нет	0,870	2,709	5,002	8,581	8,231
8,25	нет	0,869	3,543	3,647	8,059	8,214
9,50	нет	0,869	3,543	4,897	9,309	8,521
10,25	Нет	1,521	3,960	3,439	8,920	8,146
11,25	0,128	1,086	4,585	3,126	8,925	8,146
12,25	0,128	1,086	3,751	2,918	7,883	8,146
13,25	0,128	1,304	4,064	2,605	8,101	6,823
14,25	0,128	1,739	4,272	2,397	8,536	9,134
15,25	0,128	2,173	3,751	1,563	7,615	7,550
16,25	0,128	2,609	4,064	1,980	8,781	9,356
17,25	0,128	2,173	3,751	1,980	8,032	8,436
18,25	0,256	2,609	4,481	1,667	9,013	9,202
19,25	нет	2,609	4,272	1,876	8,757	9,492
20,25	нет	2,609	4,063	1,979	8,651	9,663
21,25	нет	2,609	2,917	1,563	7,089	6,562
22,25	нет	1,739	3,751	1,771	7,261	8,471
23,25	нет	1,304	3,126	1,667	6,097	6,765
23,75	нет	2,174	3,543	1,563	7,280	7,498
24,25	нет	1,304	3,230	1,563	6,097	6,681
25,25	нет	1,304	4,376	1,771	7,451	8,197
26,00	нет	1,304	3,855	1,667	6,826	7,414

Таблица В.4 – Физические и структурно-вещественные характеристики лёссовых грунтов по опорной скважине в центральной части г. Будённовска (широкоформатный кинотеатр)

Глубина, м	W, %	ρ_d , г/см ³	W _L , %	A %	CaCO ₃ %	Гумус	Гидро- люда	Каол- инит	Монт- морилони т	Грансостав	
										<0,005 мм	<0,002 мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,25	-	-	27,3	46	11,81	0,79	51	41	8	60,1	39,8
0,50	-	-	-	49	15,22	0,77	47	37	16	68,6	32,4
0,75	-	-	-	31	12,59	0,37	-	-	-	-	-
1,00	-	-	-	22	10,04	0,27	-	-	-	-	-
1,25	-	-	23,0	14	8,13	0,23	54	37	8	74,2	25,8
1,50	-	-	-	23	8,56	0,40	-	-	-	-	-
1,75	-	-	-	19	9,38	0,36	-	-	-	-	-
2,00	-	1,74	-	20	8,68	0,31	-	-	-	-	-
2,25	-	1,43	-	18	19,06	0,35	-	-	-	75,9	24,1
2,50	-	1,49	-	35	7,70	0,28	-	-	-	-	-
2,75	-	-	22,8	33	9,59	0,28	66	27	19	-	-
3,00	-	1,62	-	30	10,25	0,27	-	-	-	-	-
3,25	-	1,88	-	25	7,38	0,31	-	-	-	-	-
3,50	-	1,59	-	20	7,64	0,25	-	-	-	-	-
3,75	-	1,57	-	25	-	-	-	-	-	-	-
4,00	5,8	1,57	-	13	-	-	-	-	-	-	-
4,25	-	1,61	25,7	17	6,75	0,25	51	38	10	89,0	11,0
4,50	-	1,59	-	20	5,93	0,19	-	-	-	-	-
4,75	-	1,56	-	22	7,38	0,32	-	-	-	-	-
5,00	7,7	1,56	-	20	8,34	0,35	-	-	-	-	-
5,25	-	1,49	33,81	14	9,50	0,31	46	34	21	73,2	21,8
5,50	-	1,46	-	19	9,95	0,29	-	-	-	-	-
5,75	-	1,54	-	14	7,63	0,20	-	-	-	-	-
6,00	12,3	1,50	-	12	9,11	0,27	-	-	-	-	-
6,25	-	1,50	23,1	17	9,27	0,32	50	33	10	-	-
6,50	-	1,46	-	10	8,18	0,24	-	-	-	77,3	22,6
6,75	-	1,45	-	22	8,81	0,25	-	-	-	-	-
7,00	11,9	1,47	-	34	9,52	0,24	-	-	-	-	-
7,25	-	1,50	20,6	14	7,84	0,16	43	41	8	79,8	19,5
7,50	-	1,48	-	15	8,36	0,29	-	-	-	-	-
7,75	-	1,46	-	12	9,56	0,24	-	-	-	-	-
8,00	10,9	1,48	-	18	8,02	0,25	-	-	-	-	-
8,25	-	1,53	20,6	17	9,84	0,23	47	37	8	77,4	22,6
8,50	-	1,52	-	15	9,27	0,32	-	-	-	-	-
8,75	-	1,50	-	17	8,00	0,23	-	-	-	-	-
9,00	11,2	1,63	-	31	7,86	0,29	-	-	-	-	-
9,25	-	1,63	21,6	17	-	0,24	48	32	12	77,1	22,9
9,50	-	1,46	-	21	8,40	0,24	-	-	-	-	-
9,75	-	-	-		9,50	0,25	-	-	-	-	-
10,00	10,0	1,65	-	14	7,52	0,18	-	-	-	-	-
10,25	-	1,49	23,4	16	8,86	0,27	43	42	8	75,4	24,6
10,50	-	1,54	-	37	10,00	0,26	-	-	-	-	-
10,75	-	1,57	-	16	9,36	0,25	-	-	-	-	-
11,00	11,9	1,51	-	18	9,63	0,33	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы В.4

11,25	-	1,75	22,9	18	7,97	0,27	47	42	7	86,0	24,0
11,50	-	1,52	-	11	6,81	0,24	-	-	-	-	-
11,75	-	1,49	-	10	9,04	0,26	-	-	-	-	-
12,00	11,4	1,47	-	22		0,26	-	-	-	-	-
12,25	-	1,55	22,4	14	7,86	0,23	48	39	8	76,3	23,7
12,50	-	1,48	-	15	7,38	0,21	-	-	-	-	-
12,75	-	1,44	-	12	11,11	0,26	-	-	-	-	-
13,00	12,0	1,48	-	14	6,93	0,24	-	-	-	-	-
13,25	-	1,75	23,0	17	9,25	0,22	45	35	20	74,9	25,1
13,50	-	1,69	-	17	10,65	0,26	-	-	-	-	-
13,75	-	1,62	-	17	11,25	0,26	-	-	-	-	-
14,00	11,6	1,58	-	14	8,65	0,20	-	-	-	-	-
14,25	-	1,61	23,0	15	9,59	0,22	39	38	14	77,3	22,7
14,50	-	1,56	-	11	8,31	0,24	-	-	-	-	-
14,75	-	1,59	-	12	8,27	0,26	-	-	-	-	-
15,00	10,8	1,57	-	12	8,54	0,17	-	-	-	-	-
15,25	-	1,57	22,7	13	8,90	0,20	50	31	9	74,6	25,4
15,50	-	1,59	-	12	8,81	0,16	-	-	-	-	-
15,75	-	1,62	-	15	9,34	0,26	-	-	-	-	-
16,00	14,0	1,60	-	11	8,84	0,26	-	-	-	-	-
16,25	-	1,59	22,8	17	9,68	0,25	47	31	16	77,6	22,4
16,50	-	1,55	-	14	8,84	0,24	-	-	-	-	-
16,75	-	1,61	-	10	8,36	0,24	-	-	-	-	-
17,00	10,7	1,57	-	8	8,72	0,30	-	-	-	-	-
17,25	-	1,58	22,9	13	8,61	0,22	41	37	12	77,5	22,5
17,50	-	1,56	-	10	8,54	0,26	-	-	-	-	-
17,75	-	1,56	-	9	8,54	0,26	-	-	-	-	-
18,00	10,4	1,60	-	12	8,77	0,20	-	-	-	-	-
18,25	-	1,60	22,8	13	8,81	0,24	45	36	13	78,5	21,5
18,50	-	1,73	-	10	9,06	0,24	-	-	-	-	-
18,75	-	1,62	-	7	8,77	0,20	-	-	-	-	-
19,00	11,4	1,73	-	10	8,65	0,24	-	-	-	-	-
19,25	-	1,26	23,2	13	8,70	0,24	36	46	11	80,5	19,5
19,50	-	1,62	-	10	9,02	0,25	-	-	-	-	-
19,75	-	1,56	-	13	8,15	0,17	-	-	-	-	-
20,00	12,7	1,64	-	10	7,38	0,18	-	-	-	-	-
20,25	-	1,60	22,5	15	8,36	0,15	41	44	8	82,7	17,3
20,50	-	1,55	-	10	8,06	0,21	-	-	-	-	-
20,75	-	1,54	-	11	7,47	0,29	-	-	-	-	-
21,00	12,1	1,59	-	18	6,97	0,28	-	-	-	-	-
21,25	-	1,57	25,0	18	7,45	0,13	48	34	10	89,8	10,2
21,50	-	1,55	-	18	5,50	0,25	-	-	-	-	-
21,75	-	1,53	-	17	8,59	0,22	-	-	-	-	-
22,00	11,1	1,57	-	11	7,54	0,30	-	-	-	-	-
22,25	-	1,55	23,2	17	8,02	0,22	44	34	13	79,4	20,6
22,50	-	1,58	-	16	8,45	0,24	-	-	-	-	-
22,75	-	1,60	-	12	7,06	0,18	-	-	-	-	-
23,00	11,9	1,64	-	16	6,97	0,24	-	-	-	-	-
23,25	-	1,57	20,8	15	7,86	0,22	49	34	8	82,9	17,1
23,50	-	1,58	-	20	7,22	0,24	-	-	-	-	-
23,75	-	1,51	-	19	7,72	0,47	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы В.4

24,00	11,2	1,56	-	13	6,77	0,25	-	-	-	-	-
24,25	-	1,59	23,5	17	7,38	0,20	50	33	9	84,2	15,8
24,50	-	1,51	-	28	6,52	0,22	-	-	-	-	-
24,75	-	1,54	-	15	7,09	0,26	-	-	-	-	-
25,00	21,4	1,53	-	17	7,27	0,29	-	-	-	-	-
25,25	-	1,55	25,1	18	8,95	0,28	48	33	12	79,5	20,5
25,50	-	1,54	-	12	8,47	0,33	-	-	-	-	-
25,75	-	1,54	-	14	8,70	0,25	-	-	-	-	-
26,00	23,8	1,60	-	19	8,45	0,32	-	-	-	-	-

**Геологический разрез на территории промышленной зоны
(мясокомбинат)**

На территории мясокомбината, вблизи аварийных элеваторов, московский Фундаментпроект пробурил 100-метровую скважины и вскрыл следующий разрез:

ИГЭ-1. Супесь (лёсс) с линзами и прослоями суглинка, **палево-желтая**, макропористая, известковистая, твердая, редко полутвердая и тугопластичная, просадочная, коэффициент пористости от 1,05 до 0,64, степень влажности в среднем 0,46. Подошва слоя – на глубине 10-14 м;

ИГЭ-2 в интервале от 10-14 до 20-25 м – **супесь желтая**, слабомакропористая, опесчаненная, с линзами и прослоями легкого суглинка, коэффициент пористости в среднем $e = 0,75$, степень влажности в среднем 0,56, относительная просадочность от собственного веса снижается до 1,2-2,0 %. Просадочная и слабопросадочная часть разреза подстилается непросадочными грунтами;

ИГЭ-3 в интервале от 20-25 до 30-33 м – **супесь лёссовая, темно-желтая** с частыми прослоями пылеватого песка, твердая, редко полутвердая, коэффициент пористости $e = 0,68$, степень влажности 0,58, практически непросадочная;

ИГЭ-4 до глубины 45 м – **суглинок и супесь аллювиальные (?)** с тонкими прослойками и гнездами пылеватого песка, консистенция от мягкопластичной до твердой;

ИГЭ-5 до глубины 64,7 м – **песок аллювиальный**, разномерный, с тонкими прослойками и гнездами суглинка и супеси, водонасыщенный;

ИГЭ-6 до глубины 89,0 м – **переслаивание суглинков, песка, гравия и галечника**;

ИГЭ-7 – **глина неогеновая**, темно-серая, слабо опесчаненная.

Грунтовые воды вскрыты на глубине **45,0 м**.

Просадочные лёссы подстилаются обводненными песчано-глинистыми нижне- и среднечетвертичными и неогеновыми отложениями. Использование этих непросадочных грунтов в качестве оснований в большинстве случаев невозможно из-за большой глубины их залегания.

На территории производственной базы РСМУ-4 геологический разрез до глубины 40 м ниже почвенного и техногенного слоёв представлен:

ИГЭ-3 – переслаиванием лёссовидных супесей и суглинков, от светло-серого до коричневого цвета, макропористых, известковистых, местами слюдистых, твердых, мощностью до 25,3 м;

ИГЭ-4 – суглинки от темно-серого до темно-коричневого цвета, песчанистые, от твердой до текуче-пластичной консистенции, мощностью до 17,9 м;

ИГЭ-5 – аллювиальные темно-серые супеси и суглинки тугопластичной и мягкопластичной консистенции, вскрыты на глубине 36,2-38,5 м, вскрытая мощность 3,8 м.

Грунтовые воды вскрыты на глубине 25,0 м. Установившийся уровень воды на отметке 108,0 -109,0 м.

Просадочная толща до 25,5 м с расчетной просадкой от собственного веса до 57,9 см.

Описание скважины № 2 глубиной 41 м:

- 1. 0-0,1 м. Почвенно-растительный слой.**
- 2. 0,1-2,0 м. Супесь темно-бурая, твердая, с редкими кристалликами гипса, лёссовидная.**
- 3. 2,0-4,0 м. Супесь желто-серая, твердая, с известковистыми включениями.**
- 4. 4,0-8,0 м. Суглинок желто-серый, твердый, с известковистыми включениями, лёссовидный.**
- 5. 8,0-10,0 м. Супесь желто-серая, твердая, с известковистыми включениями, с неперегнившими корнями растений.**
- 6. 10,0-14,2 м. Суглинок желто-серый, твердый, лёссовидный, с 12,0 м с известковистыми включениями.**

7. 14,2-20,0 м. Супесь желто-серая, до 16,0 м серая, твердая, лёссовидная, макропористая, сильно известковистая – конкреции достигают 10 см, с 18 м – макропористость слабая.

8. 20,0-29,5 м. Суглинок желто-серый, твердый, однородный, с 22,5 м – тугопластичный, с 25,0 м – твердый, с 27,0 м – с известковистыми конкрециями.

9. 29,5-30,0 м. Суглинок темно-коричневый (*погребенная почва*), твердый с известковистыми включениями.

10. 30,0-38,0 м. Суглинок желто-серый, текуче-пластичный и мягкопластичный.

11. 38,0-41,0 м. Суглинок темно-серый, от туго- до мягкопластичного.

Геологический разрез на площадке жилого дома № 10

1) 0,0-0,6 м – почвенный слой – суглинок лёгкий, тёмно-серый, макропористый;

2) 0,6-1,2 м – суглинок лёссовидный, светло-буровато-серый, с открытыми макропорами до 1-2 мм и белыми примазками карбонатов;

3) 1,2-2,8 м – лёсс «типичный», пылеватый, светло-серый с палево-жёлтым оттенком, с хорошо выраженными макропорами диаметром до 1-1,5 мм. Макропоры открытые, инкрустированные, с остатками корешков травянистой растительности. Ниже 2,2 м в лёссе встречены радиально-лучистые пустотки-«розетки» диаметром 5-7 мм, имеющие розоватый оттенок. В монолите 2,2-2,8 встречен розоватый клин (морозобойный?) шириной 1,2 см из перемятого немакропористого грунта со слабой комковато-осколочной структурой. На этой же глубине имеются пустоты до 3-10 мм (вытаивание льда?), внизу слоя больше слюды и почти нет макропор. Нижний контакт резкий и неровный;

4) 2,8-3,8 м – песок пылеватый лёссовидный, серый с буроватым оттенком, очень тонкозернистый с редкими крупными блёстками слюды, местами связный, с редкими открытыми макропорами. На глубине 3,4-3,6 м встречена розоватая пустота диаметром 2,5 см, заполненная рыхлым грунтом. Переход к нижнему слою постепенный;

5) 3,8-5,2 м – лёсс светло-серый, неравномерно макропористый с редкими крупными макропорами с карбонатными стенками и редкими штришками растительных остатков, ниже 4,4 м – более глинистый, с редкими мелкими включениями карбонатов до 2-4 мм и пустотами до 5-8 мм (*морозного происхождения?*). Переход к нижнему слою постепенный;

6) 5,2-6,4 м – ископаемая почва – светло-бурый суглинок, неравномерно макропористый, макропоры открытые, чистые, диаметром до 0,5 мм. В нижней

части слоя штрихи растительных остатков, с глубины 6 м – редкая белоглазка (3-5 мм, *иллювий почвы*);

7) 6,4-15,0 м – лёсс желтовато-серого цвета, *очень пылеватый, слабый, рыхлый, однородный, с тонкими (0,2-0,3 мм) макропорами*, с редкими карбонатными включениями (на глубине 11,4-11,6 м и ниже 12,6 м). Переход к нижнему слою постепенный;

8) 15,0-18,4 м – песок лёссовидный, пылеватый, переслаивающийся с лёгкой супесью, однородный, слабый, рыхлый, слабомакропористый (макропоры до 0,3 мм), с редкой белоглазкой. Переход постепенный;

9) 18,4-19,6 м – суглинок лёссовидный, светло-серый, белесый, слабомакропористый (*тонкие открытые макропоры до 0,3 мм*), много блёсток слюды, с глубины 19,0 м – более слабый и мучнистый, с пятнами и затёками ржавого цвета, мягкопластичный (уровень грунтовых вод на глубине **19,5 м**). Переход к нижнему слою постепенный;

10) 19,6-20,8 м – песок пылеватый, с прослойками лёгкой супеси, светло-серый, макропоры и карбонатные включения не обнаружены, водонасыщенный и плавунный.

Лёссовые грунты микрорайона № 7 близки к лёссам центральной части города (Приложение В). Грунтовые воды в высокой части микрорайона находятся на глубине 20-21 м, с абс. отм. 92 м. Поток грунтовых вод направлен в сторону оз. Буйвола. Грунтовые воды обладают сульфатной агрессивностью по отношению к обычным цементам.

Таблица Д.1 – Гранулометрический состав грунтов на площадке жилого дома № 10
в 7-ом микрорайоне

Глубина образца, м	Размер фракций, мм; содержание, %							
	>0,05	>0,25	>0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01- 0,005	<0,002	<0,005
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,2-0,4	26,00	-	-	26,00	44,20	2,80	22,00	27,00
0,6-0,8	27,50	-	-	27,50	30,00	7,80	27,40	34,70
1,0-1,2	29,50	-	0,40	29,10	33,90	10,00	22,00	26,60
1,2-1,4	35,10	-	1,20	34,00	35,40	6,70	17,50	22,80
1,8-2,0	26,90	-	1,00	25,90	38,60	7,40	20,50	27,00
2,0-2,2	32,00	-	0,50	31,50	35,00	6,70	20,70	26,30
2,2-2,4	32,30	0,40	3,20	28,70	39,40	4,90	18,50	23,40
2,6-2,8	60,00	1,40	10,30	48,30	17,00	3,70	16,40	19,30
2,8-3,0	66,00	2,50	11,30	52,40	15,00	4,00	13,50	15,00
3,0-3,2	72,00	1,50	10,30	60,20	12,60	2,00	11,00	13,40
3,2-3,4	80,50	2,60	19,10	58,80	7,90	1,10	9,50	10,50
3,6-3,8	61,30	0,70	8,00	46,30	31,80	1,20	9,00	12,00
3,8-4,0	43,80	-	3,20	40,60	37,00	4,20	13,00	15,00
4,0-4,2	45,20	-	1,70	43,50	34,10	4,30	13,50	16,40
4,2-4,2	43,70	-	1,70	42,00	34,80	3,00	14,50	18,50
4,6-4,8	32,00	-	0,70	31,30	40,00	6,60	17,00	21,40
4,8-5,0	40,00	-	1,30	38,70	35,50	6,20	13,70	18,30
5,0-5,2	43,30	-	1,70	41,60	35,30	5,00	13,30	16,40
5,2-5,4	38,90	-	1,70	37,20	38,60	3,50	13,70	19,00
5,6-5,8	32,00	-	0,60	31,40	43,40	4,50	14,50	20,00
5,8-6,0	36,70	-	1,30	35,20	38,50	5,40	14,50	19,60
6,0-6,2	35,50	-	1,60	33,90	41,50	4,60	15,00	18,40
6,2-6,4	23,30	0,70	1,40	21,20	48,90	6,20	17,50	21,60
6,6-6,8	27,70	1,80	0,30	25,60	45,00	7,30	15,00	20,00
6,8-7,0	30,60	-	2,50	28,10	41,90	8,00	15,00	19,50
7,0-7,2	37,50	-	1,50	30,00	41,00	7,20	14,50	20,30
7,2-7,4	25,50	-	1,50	24,00	42,00	9,00	19,40	23,00
7,8-8,0	40,50	-	1,50	39,30	35,10	4,10	16,00	20,30
8,0-8,2	33,50	-	1,40	32,10	40,20	6,50	15,60	19,80
8,2-8,4	35,70	-	1,70	34,00	36,30	6,50	17,00	21,50
8,8-9,0	42,70	-	1,40	41,30	30,30	5,50	17,00	21,50
9,0-9,2	49,30	-	1,30	48,00	36,10	3,90	16,60	20,70
9,2-9,4	38,00	-	0,50	37,50	36,00	5,20	17,00	20,80
9,6-9,8	38,00	-	0,50	37,50	38,50	5,20	14,50	18,30
9,8-10,0	34,00	-	0,50	33,50	42,50	3,90	16,00	19,60
11,2-11,4	43,80	-	2,40	41,40	33,80	5,20	15,00	17,20
11,8-12,0	35,30	-	1,20	34,10	41,70	4,50	16,00	17,50

Продолжение таблицы Д.1

12,0-12,2	47,50	-	2,50	45,00	34,50	1,60	12,00	16,40
12,2-12,4	40,00	-	1,60	38,40	36,60	5,40	16,00	18,00
12,6-12,8	35,80	-	1,20	34,60	40,70	5,00	16,50	18,50
12,8-13,0	34,20	-	1,10	33,10	42,80	5,20	16,00	17,80
13,0-13,2	33,10	-	1,10	32,00	43,30	3,60	16,50	20,00
13,2-13,4	37,40	-	1,20	36,20	39,60	5,40	15,00	17,60
13,6-13,8	41,00	-	1,00	40,00	35,00	5,00	15,00	19,00
13,8-14,0	53,00	-	1,00	52,00	28,00	3,40	13,00	15,60
14,6-14,8	47,50	0,30	2,20	45,00	32,00	3,20	13,70	17,30
14,8-15,0	44,40	-	1,40	43,00	36,60	1,70	14,60	17,30
15,0-15,2	41,70	-	2,00	29,70	38,80	2,50	14,00	17,00
15,2-15,4	39,00	-	2,40	36,60	41,00	3,50	13,00	16,50
15,8-16,0	41,00	-	2,00	49,00	31,00	3,10	12,00	14,90
16,0-16,2	57,50	-	5,70	51,80	24,50	3,00	12,30	15,00
16,2-16,4	57,50	-	3,20	54,30	24,50	2,50	12,30	15,50
16,6-16,8	73,50	-	7,70	65,80	14,00	1,50	8,40	11,00
16,8-17,0	73,00	-	20,00	53,00	15,00	0,60	10,50	11,90
17,0-17,2	74,50	-	15,60	58,90	13,50	0,70	10,50	11,30
17,2-17,4	69,00	-	8,90	60,10	19,00	0,10	10,50	11,90
17,6-17,8	81,00	0,70	20,80	49,50	17,00	0,70	10,00	11,30
17,8-18,0	63,60	1,30	14,30	48,00	19,00	4,40	10,40	13,00
18,0-18,2	68,50	0,30	16,50	49,00	16,10	2,50	11,50	12,90
18,2-18,4	60,00	0,50	10,50	49,00	22,60	2,40	13,00	15,00
18,6-18,8	46,00	5,90	5,80	34,30	30,00	6,70	14,30	17,60
19,0-19,2	53,50	4,30	5,80	42,40	30,10	5,40	8,00	12,00
19,2-19,4	52,50	1,90	5,90	44,70	33,50	2,00	8,40	12,00
19,4-19,6	59,50	2,40	10,00	47,10	27,50	2,50	7,00	12,50
19,8-20,0	53,00	2,00	4,70	46,30	34,40	4,60	5,90	8,00
20,0-20,2	66,50	3,10	9,50	53,90	20,90	4,60	7,00	8,00
20,2-20,4	54,50	2,40	8,80	43,30	30,50	5,60	7,50	9,40
20,4-20,6	51,60	1,70	7,30	42,60	28,40	5,20	12,00	14,80
7,6-7,8	36,20	-	2,00	34,20	35,40	7,70	16,70	20,70
11,6-11,8	33,50	-	1,70	31,80	36,50	4,50	20,60	25,50
8,6-8,8	36,30	-	2,00	34,30	38,20	5,50	14,60	20,00

Таблица Д.2 – Гранулометрический состав лёссовых грунтов на площадке дома № 11

Глубина образца, м	Размер фракций, мм; содержание, %								
	>0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,01	0,1-0,01	0,01- 0,005	<0,005	<0,001
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Скважина 1									
1,5	0	1,4	2,8	30,8	39,4	43,8	4,4	21,2	16,0
3,0	0	2,1	3,4	30,5	34,5	40,5	6,0	23,5	17,8
3,25	0	1,0	2,6	33,4	35,7	41	5,3	22,0	13,4
4,5	0	1,8	3,2	30,2	35,8	41,8	6,0	23,0	17,0
6,0	0	1,4	2,3	26,3	41,6	48,2	6,6	21,8	13,2
7,5	0	1,6	3,0	30,8	33,2	41,2	8,0	23,4	16,1
10,5	0	1,2	2,0	33,4	36,2	40,4	4,2	23,0	12,9
12,0	0	1,6	2,6	34,6	37,8	40,4	2,6	20,5	12,1
Скважина 2									
1,5	0	1,2	1,8	31,5	35,7	43,9	8,2	21,6	15,4
3,0	0	1,4	2,8	30,4	36,9	43,9	7,0	21,5	17,8
4,5	0	1,6	3,8	46,8	24,3	19,1	4,8	18,7	12,4
9,0	0	1,4	2,8	36,3	37,0	39	2,0	20,5	11,5
10,5	0	1,4	2,0	34,6	37,0	42,2	5,2	19,8	12,4
12,0	0	1,2	1,8	30,4	40,6	45,8	5,2	20,8	14,1
13,5	0	1,6	2,4	34,0	35,6	42,6	6,6	19,8	12,4
15,0	0	1,6	3,4	39,0	31,5	35	3,5	21,0	16,0
16,5	0	1,2	2,3	31,5	39,4	38,1	6,6	19,0	13,6

Таблица Д.3 – Засолённость лёссовых грунтов на площадке дома № 10

Глубина, м	Сухой остаток г/100г	Общая минерализа- ция г/100г	NaCl		Na ₂ SO ₄		MgSO ₄		CaSO ₄		pH
			1	2	1	2	1	2	1	2	
0,20	0,117	0,1114	0,232	13,6	0,034	2,4	0,277	16,7	0,476	32,0	8,3
0,60	0,077	0,0912	0,270	15,8	0,226	16,0	0,219	13,0	-	-	8,4
1,00	0,124	0,1442	1,150	67,2	0,028	1,99	0,417	25,1	-	-	8,4
1,80	0,105	0,1329	0,803	46,9	0,520	36,9	0,080	4,8	-	-	8,5
2,60	0,140	0,1564	0,857	50,1	0,808	57,4	0,100	6,0	-	-	8,5
3,60	0,143	0,1446	0,664	38,8	0,660	46,9	0,357	21,5	0,080	5,5	8,4
4,60	0,471	0,4584	1,783	104,2	1,406	99,8	1,386	83,3	2,040	139,0	8,1
5,60	0,718	0,7116	1,521	88,9	2,406	170,8	1,723	103,6	4,713	321,2	7,9
6,60	0,798	0,7551	1,837	107,4	1,989	141,2	2,000	120,2	5,247	357,6	7,8
7,60	0,684	0,6580	1,930	112,8	2,065	146,6	2,040	222,6	3,486	237,6	8,0
8,60	0,742	0,7039	1,930	112,8	2,179	154,7	1,802	108,3	4,416	301,0	8,0
9,60	0,306	0,3276	1,706	99,7	2,025	143,8	0,555	33,4	0,179	12,2	8,2
10,60	0,272	0,3131	1,428	83,5	2,253	160,0	0,435	26,2	0,002	0,14	-
11,60	1,453	1,3777	2,123	124,1	3,723	264,3	2,574	154,7	11,762	801,7	7,9
12,60	0,391	0,4131	1,528	89,3	2,552	181,2	0,990	59,5	0,655	44,6	8,0
13,60	0,233	0,2510	1,683	98,4	1,482	105,2	0,061	3,7	-	-	8,5
14,60	0,692	0,6867	2,316	135,4	2,838	201,5	1,762	105,9	3,110	211,9	8,0
15,60	0,765	0,7179	1,590	92,9	2,763	196,2	1,564	94,0	4,515	307,7	7,8
16,60	0,292	0,3104	1,544	90,25	1,448	102,8	0,852	51,21	0,357	24,3	8,2
17,80	0,720	0,7003	1,158	67,7	1,703	120,9	1,604	96,4	5,723	390,1	7,9
18,60	1,577	1,5040	4,840	282,9	0,879	62,4	3,742	224,9	13,405	913,7	7,7
19,00	1,616	1,4966	4,918	287,5	0,203	14,4	3,544	213,0	14,039	956,9	-
19,80	0,588	0,5372	2,084	121,8	0,418	29,7	2,000	120,2	3,545	241,6	7,8
20,80	1,110	1,0553	2,756	161,1	1,852	131,5	2,534	152,3	8,515	580,4	7,8

Таблица Д.4 – Анализ солянокислых вытяжек лёссовых грунтов на площадке жилого дома № 10

Глубина, м	Ca ²⁺		Mg ²⁺		Fe ²⁺		Fe ³⁺		SO ₄ ²⁻	
	г/100г	мг-экв.	г/100г	мг-экв.	г/100г	мг-экв.	г/100г	мг-экв.	г/100г	мг-экв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,20	2,599	129,7	0,360	29,6	0,061	2,1	1,319	70,8	0,123	2,5
0,60	5,181	258,5	0,646	53,2	0,505	8,0	1,757	94,1	0,109	2,2
1,00	4,051	202,1	0,776	63,8	0,386	13,8	1,782	95,7	0,286	5,9
1,80	4,072	203,2	0,763	62,7	0,297	10,6	1,485	79,7	0,277	5,7
2,60	4,221	210,6	0,672	55,3	0,237	8,5	1,337	71,8	0,271	5,6
3,60	3,198	159,6	0,595	48,9	0,505	18,0	1,247	67,0	0,176	3,6
4,60	3,923	195,7	0,672	55,3	0,445	15,9	1,337	71,8	0,417	8,6
5,60	4,285	213,8	0,763	62,7	0,564	20,2	1,782	95,7	0,786	16,3
6,60	3,987	198,9	0,685	56,3	0,445	15,9	1,485	49,7	0,934	19,4
7,60	3,734	186,2	1,048	86,1	0,148	5,3	1,099	59,0	1,211	25,2
8,60	3,518	175,5	0,841	69,1	0,325	11,7	1,188	63,8	0,584	12,1
9,60	3,810	190,1	0,494	40,6	0,245	8,7	1,227	65,9	0,252	5,2
10,60	3,348	167,0	0,641	52,7	0,399	14,2	1,412	75,8	0,263	5,4
11,60	3,944	196,8	0,711	58,5	0,386	13,8	1,337	71,8	1,397	29,0
12,60	3,624	180,8	0,646	53,2	0,505	18,0	1,693	90,9	0,438	9,1
13,60	3,155	157,4	0,646	53,2	0,297	10,6	1,247	67,0	0,211	4,4
14,60	3,518	175,5	0,707	58,5	0,297	10,6	1,188	63,8	0,615	12,8
15,60	3,411	170,2	0,724	59,5	0,399	13,8	1,574	84,5	0,870	18,1
16,60	3,198	159,6	0,582	47,8	0,297	10,6	1,188	63,8	0,249	5,1
17,80	2,753	137,4	0,601	49,4	0,214	7,6	1,013	54,4	0,612	12,7
18,60	5,970	297,9	0,754	62,0	0,416	14,8	1,386	74,4	4,128	85,9
19,00	4,950	247,3	0,668	54,9	0,214	7,6	1,135	61,0	3,367	70,1
19,80	3,560	177,6	0,944	77,6	0,386	13,8	1,129	60,6	0,555	11,5
20,80	4,958	247,4	0,717	59,0	0,348	12,4	1,045	56,1	1,558	32,4

Таблица Д.5 – Состав обменных катионов (в мг-экв/100 г) и емкость поглощения (Еп) лёссов на площадке жилого дома № 10

Глубина, м	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма	Еп
1	2	3	4	5	6	7
0,20	нет	0,69	9,11	1,88	11,68	13,91
0,60	нет	0,26	7,23	3,16	10,65	11,66
1,00	нет	0,44	7,13	4,75	12,32	9,10
1,80	нет	0,96	7,92	3,66	12,54	8,10
2,60	нет	1,22	6,93	4,06	12,21	8,68
3,60	нет	0,69	5,35	2,57	8,61	6,30
4,60	нет	2,35	6,93	3,46	12,74	10,12
5,60	нет	1,83	5,74	3,07	10,64	8,27
6,60	нет	2,52	6,73	2,08	11,33	9,03
7,60	нет	3,22	5,35	4,55	13,12	9,39
8,60	0,31	3,22	5,64	4,06	13,23	8,18
9,60	0,31	3,83	5,15	3,96	13,25	8,30
10,60	0,31	3,04	5,54	3,37	12,26	8,59
11,60	0,31	3,66	5,54	3,17	12,68	8,56
12,60	0,31	3,04	5,54	3,17	12,06	8,54
13,60	0,31	2,96	4,36	4,66	12,29	7,52
14,60	нет	3,48	5,15	3,26	11,89	8,88
15,60	0,31	2,69	6,63	12,90	10,92	6,51
16,60	0,31	1,83	5,64	1,29	9,07	6,00
17,80	0,31	1,39	4,45	1,78	7,93	6,27
18,60	0,31	1,39	5,45	3,66	10,81	7,62
19,00	0,51	1,39	6,54	3,36	11,80	6,51
19,80	0,51	1,22	7,13	2,27	11,13	7,65
20,80	0,31	1,13	7,03	2,87	11,34	6,32

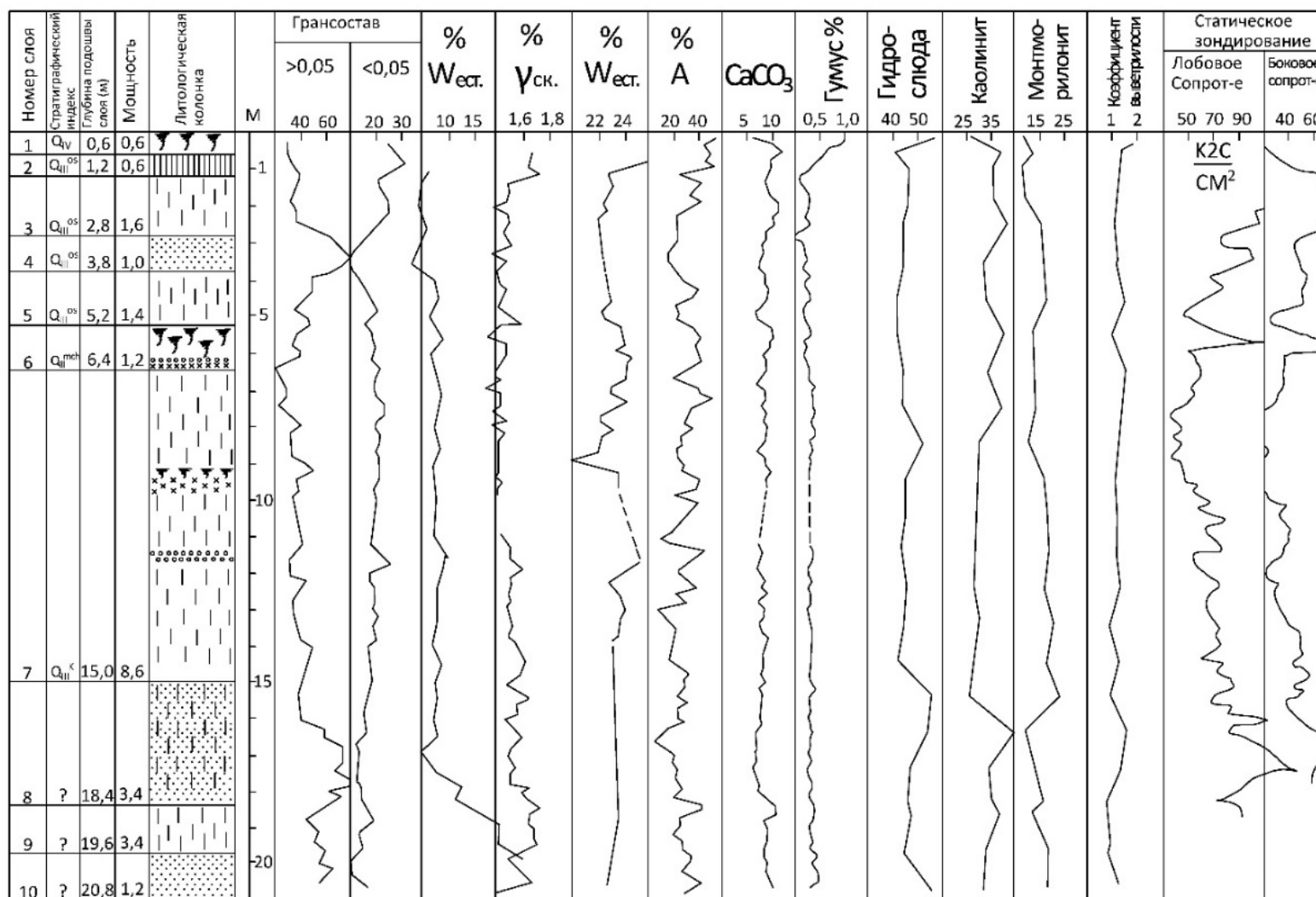


Рисунок Д.1 – Физические и структурно-вещественные характеристики лёссовых грунтов на площадке дома № 10

Таблица Е.1 – Гранулометрический состав лёссов Буденновска методами пипетки (1-я строка) и ареометра (2-я строка). Военный городок «Северный».

Глубина, м	Размеры фракций в мм, их содержание в %								
	0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,005	<0,001
1	0	1,4	5,1	13,5	48,0	2,7	9,3	29,3	20,0
1	0	1,4	5,1	19,6	42,1	5,7	7,8	26,1	18,3
2	0	0,2	0,7	19,1	41,3	8,0	9,4	30,7	21,3
2	0	0,2	0,7	25,6	36,4	7,6	11,2	29,5	18,3
3	0	0,1	1,0	28,8	38,7	8,0	6,7	24,0	17,3
3	0	0,1	1,0	31,9	39,7	4,8	5,8	22,5	16,7
4	0	0,2	1,2	41,3	25,3	2,7	12	29,3	17,3
4	0	0,2	1,2	39,0	25,2	3,0	10,8	30,8	20
5	0	0,4	2,3	48,0	20	10,6	2,7	18,7	16
5	0	0,4	2,3	36,6	31,5	4,2	6,4	25,0	18,6
6	0	0,6	1,3	26,1	40,0	12,0	5,3	20,0	14,7
6	0	0,6	1,3	21,0	42,1	6,2	8,1	28,8	20,7
7	0	0,2	1,4	25,1	38,6	5,4	14,6	29,3	14,7
7	0	0,2	1,4	31,4	29,8	7,6	10	29,8	19,8
8	0	0,3	2,7	41,0	25,3	14,7	6,7	16	9,3
8	0	0,3	2,7	37,0	28,5	6,2	9,1	25,3	16,2
9	0	0,1	0,7	51,2	18,7	4,0	14,6	29,3	14,7
9	0	0,1	0,7	28,1	38,0	5,1	7,7	28,6	20,9
10	0,1	0,4	1,3	22,2	46,7	4,0	9,3	25,3	16
10	0,1	0,4	1,3	34,7	30,9	27,1	6,0	26	20
11	0	0,5	2,5	26,3	38,7	9,3	5,4	22,7	17,3
11	0	0,5	2,5	40,0	32,1	3,7	8,9	21,2	12,3
12	0	0,2	1,2	41,3	28,6	6,0	5,4	22,7	17,3
12	0	0,2	1,2	25,6	47,0	3,7	6,3	22,3	16,0
13	0	0,2	0,8	47,0	28,0	5,3	6,7	18,7	12,0
13	0	0,2	0,8	37,0	35,5	7,2	9,1	19,3	10,2
14	0	1,0	7,0	54,7	18,6	6,7	6,7	12	5,3
14	0	1,0	7,0	49,7	25,9	2,2	2,1	14,2	12,1
15	0	0,3	3,3	47,7	26,0	4,0	4,0	18,7	14,7
15	0	0,3	3,3	47,3	27,8	1,5	6,8	19,8	13,0
16	0	0,2	0,4	18,1	54,0	2,0	8,0	25,0	17,0
16	0	0,2	0,4	21,4	50,5	14,3	1,4	23,2	11,8
17	0	1,3	0,8	31,2	37,4	5,3	4,0	24,0	20,0
17	0	1,3	0,8	54,6	16,3	3,6	11,4	23,4	12,0
18	0	0,5	1,5	12,7	45,3	9,3	10,7	30,7	20,0
18	0	0,5	1,5	12	51,1	9,0	15,2	26,0	10,8

Военный городок «Северный»**ПРОТОКОЛ**

технического совещания
по вопросу строительства
жилого городка "Буденновск"
на просадочных грунтах

г. Москва

21 декабря 1992 г.

Присутствовали:

от 4 Управления ГлавКЭУ МО РФ
от CWU

полковник В. Щербина
подполковник В. Мовчан
майор В. Гусев

от филиала ПНИИИС
Госкомархстроя г.Ставрополь
от ЭКЦ
от ARGE WOB AU

г-н Б. Галай
г-н В. Кущенко
г-н Плепп
г-н Чернышев

от РЧ ПБ

полковник В. Путушков
подполковник О. Талалай
г-н В. Голосов

Техническое совещание рассмотрело вопрос строительства жилого городка "Буденновск" на просадочных грунтах.

Инженерно-геологические изыскания выполнены в полном объеме.

Мощности просадочных грунтов, сложенных лессовыми породами на площадке строительства до 25 м.

Слушали сообщение заведующего лабораторией просадочных грунтов Северо-Кавказского филиала ПНИИИС Госкомархстроя РФ (г. Ставрополь) профессора Галай Б.Ф. о применении гидровзрывного уплотнения лессовых просадочных грунтов.

Метод, разработанный для условий г. Буденновск (профессор Галай, авторское свидетельство N 702957) применяется с 1976 г. За этот период с его использованием построены жилые дома, хлебозавод, очистные сооружения Прикумского завода пластмасс (по контракту с германской фирмой "Линда"), городские очистные сооружения, объекты стройбазы. При этом мощность просадочных грунтов достигала 50 м.

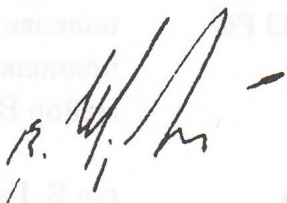
Взрывные работы проводились местными строительными организациями, которые могут выполнить уплотнение грунтов на площадке городка в течении 3-4 месяцев.

Г-ну Галаю были заданы вопросы о сроках, стоимости работ, проверке качества уплотнения, документах, подтверждающих эффективность метода и состоянии объектов, построенных с применением этого метода.

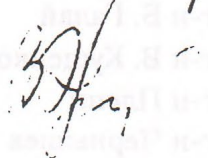
Решили:

1. Для строительства жилого городка "Буденновск" рекомендовать уплотнение грунтов по методу профессора Галая..
2. Профессору Галаю представить копию авторского свидетельства.

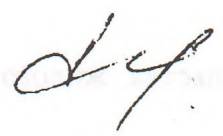
От 4 Управления



От ЭКЦ



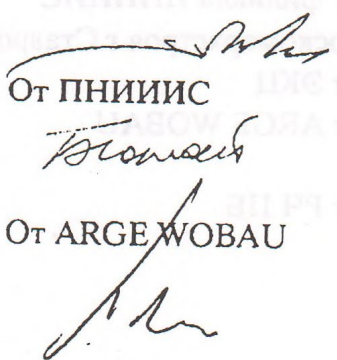
От РЧ ПБ



От CWU

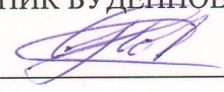
От ПНИИС

От ARGE WOB AU



« У Т В Е Р Ж Д А Ю »

НАЧАЛЬНИК БУДЁННОВСКОЙ КЭЧ РАЙОНА

МАЙОР  НОВОЖЕНИН Д.П.

« 14 » 05 2001 года



А К Т

технического освидетельствования состояния зданий микрорайона
«Северный» в связи с их деформациями.

г.Будёновск

14 мая 2001 года

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе : главный инженер Будёновской КЭЧ района ст. лейтенант КАРПЕНКО А.И., главный инженер Домоуправления № 1 НИКУЛИНА З.В., профессор Северо-Кавказского гостехуниверситета (лицензия СТК 002979), д.г.-м.н. ГАЛАЙ Б.Ф., доцент, к.т-н СТОЛЯРОВ В.Г., директор Будёновского «Техпроекта» (лицензия 003302) ФОМИНА Е.Е. произвели осмотр зданий мкр. «Северный» и установили следующее :

1. Здание общественного центра инв. № 6/23 имеет просадку отмосток до 15 см, трещины на внутренних стенах от 1 мм до 15 мм (в складском помещении и электрощитовой).
2. Здание спортцентра инв. № 6/22 имеет просадку отмосток до 20 см, косые трещины в выступающей части здания с раскрытием до 20 мм, и в верхней части здания – до 10 мм, имеются вывалы кирпича в парапете.
3. Жилой дом № 8 инв. № 6/8 имеет просадку отмосток до 15-20 см в деформационном шве между секцией здания 4А и сегментом и трещину в секции здания и сегменте до 60 мм В квартирах №№ 51, 55 4-го и 5-го этажей раскрытие трещин достигло 3-4 мм.
4. Здание поликлиники инв. № 6/20 имеет просадку отмосток до 15-20 см, трещины на наружных стенах шириной до 3 мм, разрушение кафельного покрытия стен и пола (восстановлено), перекося дверных коробок , разрушение парапета (частично восстановлено).
5. Гостиница инв. № 6/3 имеет трещины на внутренней стене с раскрытием до 10 мм, в торце здания трещины до 3 мм, имеются трещины в парапете .
6. Здание КНС инв. № 6/27 имеет трещину по наружной стене с раскрытием до 30 мм по стене здания (В 1998 и в 1999 году произведено частичное усиление фундамента) .

Вокруг каждого здания наблюдаются провалы и разрушение бетонных отмосток.

На территории микрорайона наблюдаются просадочные блудца.

Деформации зданий начались после первого года эксплуатации и с 1996 года приобрели незатухающий характер.

Во время эксплуатации жилого городка производились работы по восстановлению отмосток, перекладке парапетов, заделке наружных трещин и внутренние отделочные работы (восстановление кафеля полов и стен), а также замена стальных водопроводных труб на полиэтиленовые (всего заменили 70% вводов водопровода в здания) в связи с образованием в стальных трубах многочисленных свищей.

На все трещины в зданиях установлены наблюдательные маяки с 1996 года и ведётся журнал наблюдений.

Комиссия пришла к следующим выводам:

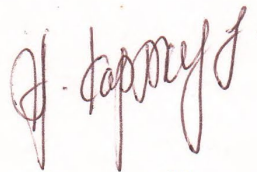
1. На момент обследования ~~деформации~~ зданий общественного центра инв. № 6/23, здания спортцентра инв. № 6/22, жилого дома № 8 инв. № 6/8, здания поликлиники инв. № 6/20, гостиницы инв. № 6/3, здания КНС инв. 6/27 ^{ДЕФОРМАЦИИ} имеют незатухающий и не прогнозируемый характер.
2. Здания общественного центра инв. № 6/23, здания спортцентра инв. № 6/22, жилого дома № 8 инв. № 6/8, здания поликлиники инв. № 6/20, гостиницы инв. № 6/3, здания КНС инв. 6/27 находятся в предаварийном состоянии.
3. Предварительная причина отмеченных выше деформаций является наличие неравномерной просадки грунтов под фундаментами зданий и в пазухах обратной засыпки.

Решение комиссии:

1. В связи с деформациями зданий необходимо составить программу работ по выяснению причин незатухающих деформаций зданий и подземных коммуникаций.
2. По утверждённой программе работ провести исследование грунтов и обследование конструкций зданий с привлечением специализированной организации.
3. Домоуправлению № 1 продолжить наблюдения за деформациями зданий с фиксированием результатов в журнале наблюдений.

ЧЛЕНЫ КОМИССИИ:

Главный инженер
Будёновской КЭЧ района
ст. лейтенант



КАРПЕНКО А.И.

Главный инженер
Домоуправления № 1



НИКУЛИНА З.В.

Профессор Северо-Кавказского
гостехуниверситета, д.г.-м.н.



ГАЛАЙ Б.Ф.

Доцент, к.т.-н.



СТОЛЯРОВ В.Г.

Директор Будёновского
«Техпроекта»



ФОМИНА Е.Е.

Инженерно-геологические условия на площадке Стройбазы Прикумского завода пластмасс

В геологическом разрезе площадки до глубины 30,0 м были вскрыты: 3 – супесь, 4 – супесь, 5 – суглинок, 6 – глина, 7 – песок. Грансостав, физические характеристики и просадочность представлены в табл. И.1.

Таблица И.1 – Гранулометрический состав грунтов на площадке стройбазы завода Пластмасс

Глубина м	>0,5 мм	0,5- 0,25	0,25-0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,005 мм	<0,001 мм
3,0	0,0	1,0	2,6	33,4	35,7	5,3	8,6	22,0	13,4
5,0	0	1,6	2,0	28,4	39,0	9,5	9,1	20,5	11,4
7,0	0	1,4	2,4	21,2	40,5	8,7	10,8	25,8	15,0
9,0	0	2,4	3,6	15,0	49,0	5,5	17,5	24,6	7,0
11,0	0	2,6	3,2	35,2	35,4	3,8	10,0	19,8	9,8
13,5	0	1,6	2,6	24,0	33,8	8,8	13,2	23,2	10,0
15,0	0	1,4	2,8	21,8	49,0	6,0	10,8	20,0	9,2
17,0	0	3,2	4,8	36,0	27,6	5,4	10,8	23,0	12,2
19,0	0	1,8	2,6	25,8	34,6	10,1	13,5	25,1	11,6
21,0	0	2,6	3,8	38,1	26,0	6,3	11,0	23,2	12,2

Примечание: Анализ выполнен по ГОСТу ареометрическим методом с предварительной диспергацией грунта пирофосфатом натрия.

Таблица И.2 – Физические характеристики лёссовых грунтов на площадке стройбазы завода Пластмасс

Глубина, м	Влажность, %	Пластичность %			Пористость, %	Коэффициент пористости
		WL	Wp	Ip		
Суглинки						
2-10	8,2	25,2	17,5	8,0	46,3	0,861
10-20	9,0	25,4	13,3	8,1	41,8	0,718
20-30	14,8	25,7	17,6	8,1	38,7	0,630
Супеси						
2-10	7,0	23,4	17,6	5,8	45,4	0,835
10-16	8,9	23,0	16,8	6,2	42,9	0,752
16-30	12,0	23,4	16,9	6,5	38,5	0,628

Таблица И.3 – Средние значения относительной просадочности (%) грунтов на площадке стройбазы завода Пластмасс

Глубина м	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Относительная просадочность %	0,4	1,8	2,0	2,3	3,1	2,0	3,2	1,6	2,5	2,3	1,0	1,1	0,7	1,0	0,4	0,1	0,8	0,7	0,7

Грансостав по глубине разреза сравнительно однородный, содержание глинистой фракции менее 0,005 мм изменяется в пределах 19,8-25,1 %, супеси и суглинки имеют близкие значения числа пластичности (5,8-8,1 %), с глубиной пористость уменьшается от 46,3 до 38,5 %, а просадочность простирается до 28 м.

**Инженерно-геологическая характеристика лёссовых грунтов на
площадке завода Пластмасс (ООО «Ставролен»)**

На площадке *первой очереди* завода абс. отм. повышаются от уреза воды Буйволы (89,6 м) до **115,4 м**. Соответственно увеличивается мощность просадочной толщи и глубина залегания грунтовых вод от 0,0 до 18,0 м. Нижняя часть склона имеет просадочные грунты I типа (3-4 м), верхняя часть относилась ко II типу. Расчётная просадка от собственного веса грунтов достигала **20 см**. Ниже грунтовых вод просадочные супеси и суглинки подстилаются такими же обводненными лёссовыми супесями и суглинками, утратившими просадочность. Лёссовые грунты мощностью до **38 м** подстилаются аллювиально-делювиальными суглинками, супесями, глинами и песками.

Геологический разрез представлен следующими слоями:

- 1) почвенно-растительный слой** мощностью до 0,7 м;
- 2) насыпной грунт** до 0,9 м;
- 3) супесь лёссовая, желто-серая, просадочная, твёрдая, с включениями карбонатов и гипса, с линзами суглинков, мощностью от 6,2 до 13,9 м;**
- 4) суглинок лёссовый, жёлто-серый, от полутвёрдого до твёрдого, просадочной, с включениями гипса, мощностью от 0,8 до 4,1 м;**
- 5) супесь лёссовая, желто-серая, с включениями карбонатов и гипса, с линзами суглинков, от пластичной до твёрдой консистенции, мощностью 0,6 – 3,8 м;**
- 6) супесь жёлто-серая, пластичная и текучая, водонасыщенная, мощностью 0,5 – 17,7 м;**
- 7) песок жёлто-серый, мелкозернистый, кварцевый, водонасыщенный с глинистыми прослойками, распространён до глубины 24,5 м, мощностью 0,7 – 3,1 м;**

8) суглинок жёлто-серый, непросадочный, тугопластичный и полутвёрдый, с включениями гипса и супеси, распространён до глубины 11,6 – 16,7 м, мощностью 0,9 – 4,2 м;

9) суглинок жёлто-серый, мягко- и текучепластичный, с прослойками супеси и песка, распространён до глубины 11,5 – **20,7 м**, мощностью от 0,5 до 6,3 м.

По данным Фундаментпроекта, геологический разрез на площадке ПВБ был представлен следующими слоями:

1. 0-8,0 м. Суглинок палево-желтый, лёссовидный, макропористый, с частыми прослойками карбонатных солей, слюдистый, твердый;

2. 8,00-11,00 м. Суглинок серовато-коричневый, лёссовидный, деградированный, с пятнами гумуса, с частыми прожилками карбонатных солей, опесчаненный, мягкопластичный, с глубины 9,0 м текучепластичный;

3. 11,00-16,00 м. Суглинок серовато-коричневый, лёссовидный, деградированный, с включениями карбонатных солей, опесчаненный, мягкопластичный;

4. 16,00-20,00 м. Суглинок зеленовато-коричневый, ожелезненный, с частыми включениями ракушек, слабоопесчаненный, тонкослоистый, тугопластичный;

5. 20,00-22,00 м. Супесь желтовато-серая, пластичная;

6. 22,00-25,50 м. Суглинок зеленовато-коричневый, тонкослоистый, с включениями до 20 % гравия, щебня известковых и кремнистых пород, твердый, плотный;

7. 25,50-28,50 м. Супесь серая, пластичная;

8. 28,50-31,00 м. Песок светло-серый, мелкий, кварцево-полевошпатового состава, с включениями гравия и гальки, водонасыщенный;

9. 31,00-32,00 м. Глина темно-серая, слегка слюдистая, тонкослоистая, с хорошо сохранившимися остатками ракушек и водорослей, очень плотная, твердая;

10. 32,00-36,00 м. Песок светло-серый, мелкий, с прослойками супеси, с включениями гравия и гальки, водонасыщенный;

11. 36,00-40,00 м. Песок крупный, желтый, ожелезненный, с включениями до 20 % гравия и гальки кремнистых пород, водонасыщенный;

12. 40,00- 42,00 м. Глина светло-коричневая, плотная, твердая.

Из этого разреза видно, что просадочная толща на участке не превышала **8 м**.

Просадочная толща (слой 1) подстилается обводненными лёссами (слой 2), модуль деформации которых по компрессионным данным равен 8 МПа. Модуль деформации просадочных лёссов после замачивания снижался *до 2 МПа*. Испытание штампами грунта в зоне капиллярного увлажнения дало *$E=5$ МПа*. Замачивание просадочных грунтов приводит к снижению модуля деформации в среднем *с 14,0 МПа до 2,0 МПа, т.е. в 7 раз*.

Большая плотность и неоднородность обводненного лёсса объясняется его уплотнением при задавливании стакана-грунтоноса. Качественный отбор проб текуче-мягкопластичных лёссов представляет большие технические трудности.

Статическое зондирование на площадке ПВБ выполнили в 11-ти точках. В верхнем утрамбованном до глубины 4-4,5 м слое грунта сопротивление конуса достигало **1400 т/м²**, при среднем значении **700-800 т/м²**. В зоне капиллярной каймы и ниже УГВ сопротивление грунта равно **200-300 т/м²**. Ниже текучей супеси прочность грунтов весьма переменная, но в целом возрастает. Значение лобового сопротивления изменяются от 300 до 1400 т/м², а бокового трения – от 5 до 20 т/м², причем эти значения имеют тенденцию к увеличению по глубине разреза.

Гидрогеологические условия считаются простыми. Безнапорные подземные воды разгружаются в русло р. М. Буйвола. Просадочные супеси имеют коэффициент фильтрации 0,9 м/сутки, просадочные суглинки – 0,5 м/сутки. Подземные воды имеют сульфатно-хлоридно-магниевую-натриево-кальциевый состав с минерализацией 4-15 г/л, являются сильноагрессивными по содержанию сульфатов.

Гранулометрический состав грунтов приведен в табл. К.1.

Таблица К.1 – Гранулометрический состав лёссов на площадке завода Пластмасс

Глубина образца, м	Размер фракций в мм, содержание их в процентах								
	>0,5	>0,25	>0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,10-0,01	0,01-0,005	<0,005	<0,002
3,0	-	1,7	9,6	38,7	28,0	66,7	4,8	17,2	12,8
4,0	0,1	2,0	8,0	42,3	24,7	67,0	6,4	16,5	12,8
5,0	-	0,2	1,6	39,1	35,7	74,8	7,1	16,3	11,6
6,0	0,7	1,1	6,1	38,8	30,1	68,9	5,4	17,8	13,8
7,0	0,7	0,5	2,5	37,1	31,7	68,8	5,4	22,1	17,3
8,0	0,6	0,9	20,7	39,5	17,1	56,6	4,3	16,9	12,6

Углекислый кальций содержится в пределах от 5 до 8 %, гипс – от 2 до 5 %, гумус – от 0,05 до 0,11 %. Данные в целом соответствуют данным на других площадках Буденновска.

Таблица К.2 – Минералогический состав глинистой фракции (менее 0,002 мм) лёссовых грунтов на площадке завода Пластмасс

Глубина, в м	Минералогический состав, %							
	гидролюда	монтмориллонит	каолинит	хлорит	гётит	кальцит	Потери до 240°C	Потери до 1000°C
3,0	42	31	15	5	1	3	5	16
4,0	43	32	13	-	1	6	4,3	16
5,0	38	35	16	4	1	3	5,7	16
6,0	42	32	15	-	1	1	3,3	15,2
7,0	39	34	16	-	1	1	4,9	15,8
8,0	44	38	16	4	1	1	3,9	16,1

Физико-механические характеристики грунтов приведены в таблице К.4. Из неё видно, что изменение просадочности по слоям однозначно определяется влажностью и плотностью скелета грунта. Слои 3 и 4 имеют влажность 12,5–13,3 % и степень влажности 0,27–0,44, плотность скелета грунта равна 1,49–1,52 т/м³, что способствует проявлению просадочных свойств уже при небольших нагрузках.

Слои 5-9 характеризуются высокой влажностью и значительной плотностью, что исключают их просадочные свойства.

Таблица К.3 – Физико-механические характеристики грунтов на промплощадке Прикумского завода пластмасс

ИГЭ	W, %	ρ	ρ_d	ρ_s	e	W_L	W_p	I_p	I_L	S_r	φ , град	C, кПа	E, МПа
3	13,3	1,61	1,49		0,798	23,3	18,5	4,8		0,27	22	34	23
4	12,5	1,71	1,52		0,781	26,5	16,5	10,0		0,44	-	-	6
5	20,8	1,85	1,53		0,764	26,5	18,2	5,4		0,75	-	-	10
6	23,2	2,04	1,65		0,622	23,9	19,0	4,6		0,98	-	-	10
7	18,2	2,16	1,82		0,478	-	-	-		0,96	-	-	30
8	21,0	1,98	1,65		0,640	28,6	18,0	11,6		0,86	-	-	15
9	23,8	2,04	1,65		0,641	25,9	18,0	7,8		0,99	-	-	10

Примечание: модуль деформации определен по данным статического зондирования.

Характеристики состава и свойств грунтов на площадке Газоперерабатывающего завода

Для строительства Газоперерабатывающего завода выбрали площадку ООО «Ставролен» с высокими абс. отм. (120,0-127,0 м) и мощной толщей просадочных грунтов. В геологическом разрезе были выделены 9 ИГЭ:

ИГЭ-1 – (tQIV) - насыпной грунт – суглинок, мощностью 0,5-1,5 м.

ИГЭ-2 (pdQIV) – почвенно-растительный грунт, мощностью 0,3-0,5 м.

ИГЭ-3 (vdQ_{III}) – супесь пылеватая, желтовато-серого цвета, макропористая, твердая, просадочная, с включениями порошкового и мелкокристаллического гипса, в кровле с гнездами карбонатов, мощностью 8,8-12,2 м.

ИГЭ-4 (vdQ_{II}) – супесь пылеватая, желтовато-серого цвета, макропористая, твердая, просадочная, с редкими прослойками суглинка, с гнездами и прожилками порошкового гипса, мощностью 8,10-12,40 м.

ИГЭ-5 (vdQ_{II}) – суглинок легкий, пылеватый (*погребенная почва*), серовато-желтого цвета, с коричневым оттенком, твердый, макропористый, просадочный, с редкими прожилками гипса, мощностью 0,8-2,1 м.

ИГЭ-5а (vdQ_{II}) – суглинок легкий, пылеватый, серовато-желтый, твердый, макропористый, просадочный, мощностью 1,8-6,0 м.

ИГЭ-7 (adQ) – суглинок легкий, пылеватый, желтовато-серого цвета, полутвердый, макропористый, с редкими гнездами карбонатов, мощностью 1,6-3,2 м.

ИГЭ-8 (adQ) – суглинок легкий, пылеватый, желтовато-серого цвета, мягкопластичный, с редкими гнездами и прожилками гипса, с линзами и прослоями песка, мощностью 0,8-9,5 м.

ИГЭ-9 (adQ) – супесь пылеватая, желтовато-серая, пластичная, с линзами песка и прослоями суглинка, мощностью 0,9-2,5 м.

Уровень грунтовых вод зафиксировали на глубине 25,7 - 29,3 м (абс. отм. 96,5 – 98,14 м).

Мощность просадочной толщи достигала 25,3 м, просадка от собственного веса – до 83,96 см.

Таблица Л.1 – Физико-механические характеристики грунтов

ИГЭ	W, %	ρ	ρ_d	ρ_s	e	W_L	W_p	I_p	I_L	S_r	f	C	E
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	9,6	1,64	1,50	2,69	0,810	16,3	5,3	21,7	<0	0,81	24	7	8,8/5,3
4	10,1	1,70	1,54	2,70	0,750	16,8	5,3	22,1	<0	0,36	25	7,2	10,5/6,4
5	14,2	1,72	1,51	2,70	0,800	17	8	25	<0	0,49	25	9,3	10,7/5,8
5a	15,4	1,74	1,51	2,70	0,810	17,9	8,6	26,4	<0	0,53	27	7	13,1/6,9
7	19,6	1,89	1,58	2,70	0,070	17,7	9	26,7	0,11	0,73	26	14,5	12,8/10,4
8	22,5	2,00	1,63	2,71	0,660	16,6	9	25,6	0,66	0,87	19	12,2	16,0/15,2
9	21,7	1,99	1,64	2,69	0,660	18,4	5,4	23,8	0,60	0,91	24	10	6,8/5,6

Примечание: для ИГЭ-3, 4, 5, 5а, 6 принято значение $m_k = 1,2$; для ИГЭ-7 $m_k = 2,0$; для ИГЭ-8 $m_k = 4,1$. Значение C и ϕ приведены при водонасыщении.

Расчётную сейсмичность участка по карте ОСР-97 В (5%) приняли равной 8 баллам.

После взрывов изыскатели Лукойла до глубины 25 м выделили:

ИГЭ-1 от 0,00 м до 0,3-1,0 м – насыпной грунт, суглинок, с включениями гравия и гальки;

ИГЭ-2 от 0,0 м до 0,3-0,5 м – почвенно-растительный слой

ИГЭ-3 от 0,0 – 5,0 до 10,0 - 21,7 – супесь пылеватая, желто-серого цвета, твердая, макропористая, с редкими прослойками суглинков и прожилками гипса, просадочная;

ИГЭ-3а от 0,0-2,3 м до 6,3-10,0 м – супесь пылеватая, желто-серого цвета, пластичная, с прослойками суглинков и прожилками гипсов, непросадочная;

ИГЭ-3б от 0,0-12,6 до 1,9-19,8 м – супесь пылеватая, желто-серого цвета, твердая, с прослойками суглинков и прожилками гипсов, непросадочная;

ИГЭ-3в от 0,2-0,5 м до 17,9-22,0 м – супесь пылеватая, желто-серого цвета, твердая, макропористая, с редкими прослойками суглинков, просадочная;

ИГЭ-4а от 16,7-21,7 м до 18,7-23,4 м – суглинок легкий, пылеватый, серо-желтый с коричневым оттенком, твердый, макропористый, с редкими прожилками гипса (*погребенная почва*), просадочный;

ИГЭ-4 18,7-22,7 м до 20,5-25,0 м – суглинок легкий, пылеватый, серовато-желтый, твердый, макропористый, с редкими включениями гипса, просадочный;

ИГЭ-5 от 20,4-23,4 м до 25,0 м – суглинок легкий, пылеватый, желто-серого цвета, полутвердый, с редкими гнёздами карбонатов, непросадочный,

ИГЭ-6 от 22,8 до 35,0 м – суглинок легкий, пылеватый, желтовато-серый, мягкопластичный, с редкими гнёздами гипса, непросадочный.

Грунтовые воды вскрыли на глубине 25,1-29,0 м, с абс. отм. 94,06-98,33 м, т.е. замачивание грунтов не привело к подъему грунтовых вод.

Характеристики грунтов даны в табл. Л.2.

Таблица Л.2 – Физико-механические характеристики грунтов после взрывов

ИГЭ	W, %	ρ	ρ_d	ρ_s	e	W _L	W _p	I _p	I _L	Sr	ϕ	C, кПа	E _{ест}	E _{зам}	q _з , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	9,1	1,63	1,49	2,69	0,805	22,8	16,0	6,7	-1,03	0,31	26	5	11,9	5,1	5,9
3а	18,5	1,94	1,64	2,69	0,639	22,7	16,1	6,6	0,37	0,78	28	8	17,3	13,5	1,2
3б	10,2	1,72	1,56	2,69	0,732	23,0	16,4	6,6	-0,97	0,40	26	10	17,6	13,9	5,7
3в	9,0	1,60	1,47	2,69	0,834	23,1	16,6	6,6	-1,17	0,29	25	7	10,3	4,8	5,5
4	15,1	1,75	1,52	2,69	0,778	26,2	16,9	9,2	-0,21	0,53	26	6	12,9	7,0	5,4
5	19,4	1,86	1,54	2,69	0,754	26,9	17,6	9,3	0,21	0,70	24	18	13,8	11,2	4,9
6	22,6	2,00	1,63	2,70	0,656	26,3	17,3	8,9	0,58	0,93	24	25	18,0		1,3

Физико-механические характеристики определили в приборах трехосного сжатия, статическим зондированием и по архивным данным. На участках, где не было уплотнения, просадочность лёсса сохранилась до глубины 25 м, с расчетной просадкой от собственного веса до 56 см.

Характеристики состава и свойств грунтов на площадке Спортивно-оздоровительного комплекса

Геологический разрез площадки представлен на рис. М.1, характеристики грунтов даны в табл. М.1.

В разрезе выделили следующие ИГЭ: 1 – насыпные грунты (tQ_{IV}) мощностью 0,5-1,3 м; 2 – почва (pdQ_{IV}), мощностью 0,2 м; 3 – супесь лессовая, макропористая, просадочная (vdQ_{III}), мощностью 11,0-13,8 м; 4 – суглинок, мягкопластичный, непросадочный (adQ), мощностью 1,0-6,9 м; 4а – суглинок текучепластичный, непросадочный (adQ), мощностью 0,5-5,1 м; 5 – супесь пластичная, непросадочная (adQ), мощностью 0,4-6,1 м; 6 – песок пылеватый, насыщенный водой, плотный, средней плотности (adQ), мощностью 0,8-4,1 м; 7 – песок средней крупности, насыщенный водой, средней плотности (adQ), мощностью 0,4-8,5 м; 8 – суглинок тугопластичный, (adQ), мощностью 0,3-6,8 м. Грунтовые воды находились на глубине 12,3-14,0 м.

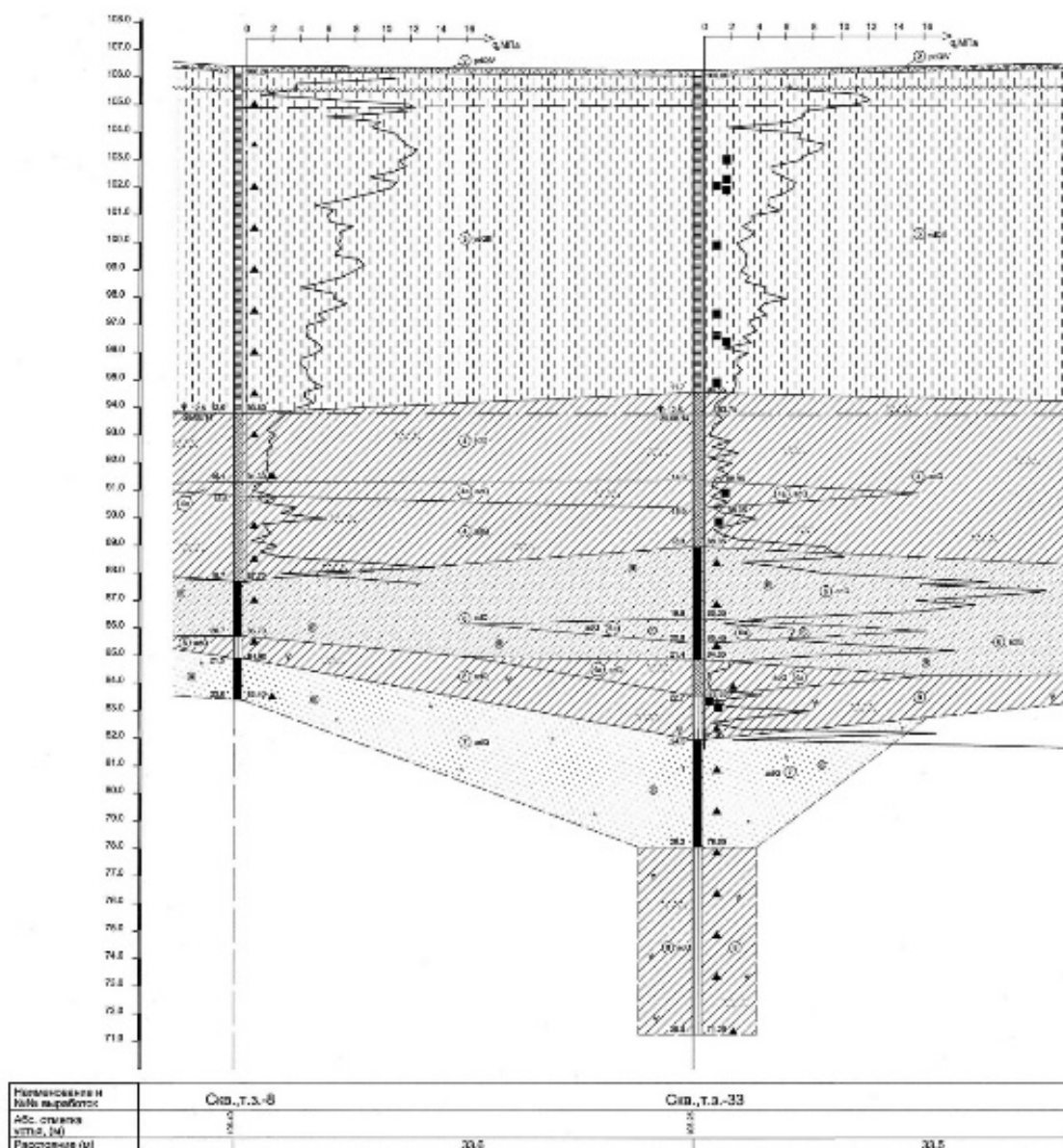


Рисунок М.1 – Геологический разрез на площадке строительства СОК.

Таблица М.1 – Характеристики грунтов на площадке строительства СОК

№ ИГЭ	W, %	p, т/м³	p _d , т/м³	p _s , т/м³	e, д.е.	S _r , д.е.	W _L , %	W _p , %	I _p , %	I _L , д.е.	E _к , МПа	E _{зам} , МПа	C, кПа	φ, град.	q _c , МПа
3	8,41	1,64	1,52	2,7	0,78	0,3	21,2	15,1	6,1	-1,1	8,1	3,74	8,1	20	5,1
4	20,8	1,99	1,65	2,71	0,64	0,88	24,4	15,9	8,5	0,58	3,31	2,98	12	17	2
4а	22,2	2,04	1,67	2,71	0,63	0,96	23,6	15,7	7,9	0,81	3,03	3,00	11,7	17	0,9
5	21,2	2,02	1,67	2,69	0,62	0,93	23,3	18,2	5,1	0,63	7,46	5,57	14	24	5,7
8	22,7	2	1,63	2,71	0,66	0,93	29,6	18,4	11,3	0,39	4,26	-	20,9	23	3,3

Характеристики состава и свойств грунтов на площадке Системы противопожарной защиты

В геологическом разрезе выделили следующие ИГЭ:

ИГЭ-1. Супесь песчанистая, твердой консистенции, просадочная, незасоленная, залегает от 0,5-2,4 до 9,5-20,6 м, мощностью от 9,0 до 20,2 м.

ИГЭ-2. Суглинок легкий, пылеватый, твердой консистенции, просадочный, незасоленный, на глубинах от 0,4-2,4 до 18,4-20,6 м, мощностью от 17,1 до 20,2 м.

ИГЭ-3. Суглинок легкий, песчанистый, полутвердой консистенции, непросадочный, от 9,5-14,0 до 12,3-19,7 м, мощностью от 1,0 до 5,5 м.

ИГЭ-4. Суглинок легкий, песчанистый, мягкопластичной консистенции, непросадочный, от 12,3-20,6 до 30,0 м, мощностью от 10,3 до 16,7 м.

Просадочными свойствами на площадке обладали супесь ИГЭ-1 и суглинок ИГЭ-2 до глубины 9,5-24,0 м. Тип грунтовых условий по просадочности II.

Подземные воды вскрыли на глубине от 13,0 до 27,2 м. Большой перепад отметок может свидетельствовать о неравномерном подтоплении площадки.

Расчетную сейсмичность площадки приняли равной 8-ми баллам.

После уплотнения плотность сухого грунта в массиве составила $\rho_d = 1,67 - 1,72 \text{ г/см}^3$, модуль деформации $E = 25 \text{ МПа}$, удельное сцепление $C = 37 \text{ кПа}$; угол внутреннего трения $\varphi = 26^\circ$, расчетное сопротивление $R_0 = 0,30 \text{ МПа}$.

Таблица Н.1 – Физико-механические характеристики грунтов системы противопожарной защиты

ИГЭ	W, %	ρ	ρ_d	ρ_s	e	W_L	W_p	I_p	I_L	Sr	φ	C	E
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	8,9	1,68	1,55	2,67	0,727	-	-	-	-	0,33	14	17	14,2/7,0
2	16,2	1,82	1,56	2,69	0,720	-	-	-	-	0,61	13	20	9,4/8,1
3	16,5	1,93	1,66	2,69	0,619	-	-	-	-	0,71	27	15	15,1/13,6
4	23,8	1,99	1,61	2,69	0,674	-	-	-	-	0,95	16		14,1

Материалы по восстановлению Будёновской больницы



АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО

МОСКАПСТРОЙ

ПРИКАЗ

от 20 октября 1995 г. № 44

Москва

О назначении рабочей комиссии по приемке объектов больничного комплекса г.Буденновска Ставропольского края

Во исполнение распоряжения Мэра г.Москвы от 03.09.95 г. № 315-РМ "О восстановлении объектов в г.Буденновске Ставропольского края", а также учитывая сложную технологическую последовательность приемки больничного комплекса,

ПРИКАЗЫВАЮ :

1. Назначить рабочую комиссию по приемке объектов больничного комплекса в составе :

Притула Ю.Н.

заместитель руководителя Департамента
строительства г.Москвы
— председатель комиссии

Стрельбицкий В.П.

заместитель генерального директора
АО "Москапстрой"
— заместитель председателя комиссии

Члены комиссии :

Крупенченко С.В.

директор генподрядной фирмы
"Мосспецпромстрой"

Вишняков А.А.

заместитель директора фирмы
"Мосспецпромстрой"

Найманов Х.Ю.

директор фирмы заказчика "Гарант"

Берклайд М.М.

директор МНИИП

Рабинович Г.И.

главный архитектор проекта МНИИП

Федоров В.И.

заместитель главы Администрации
г.Буденновска

Куртасова С.Н.

главный врач ЦРБ г.Буденновска

Михайличенко А.М.

генеральный директор АО "Сварочно-монтажный трест"

Мартыненко А.С.

директор фирмы "Южный"

- 2 -

Лужин Ю.Н.	генеральный директор ИП "Гор-медтехника" г.Москвы
Асташев М.И.	генеральный директор АО "Мос-инжзеленстрой"
Олейник Н.А.	заместитель генерального директора АО "Мосремстрой"
Волошин Э.М.	директор фирмы "Союзлифтмонтаж"
Борченков В.Г.	Директор фирмы "Кислород-1"
Галай Б.Ф.	заведующий лабораторией опасных геологических процессов СКФ ПНИИС Госстроя РФ
Кирсаков Ю.М.	директор АО "Гортеплосеть" г.Буденновска
Аксакалов Ю.Г.	главный инженер АО "Горгаз" г.Буденновска
Потапенко А.П.	главный врач СЭС г.Буденновска
Сотников С.М.	начальник пожарнадзора г.Буденновска
Пименов А.А.	директор горэлектросети г.Буденновска
Соколов И.Ф.	главный инженер предприятия водоканал г.Буденновска
Сорока В.Ф.	заместитель директора фирмы "Сакта"
Борзых И.М.	директор фирмы "Декор"
Вигдорчик М.Я.	директор фирмы "Лот-Вентсервис"
Григорян В.А.	и.о.директора фирмы "Электрофакс"

2. Разрешить рабочей комиссии при необходимости привлекать для решения возникающих вопросов представителей других служб городского хозяйства, проектных и подрядных организаций.

3. Рабочей комиссии приступить к работе с 23 октября 1995 года.

Генеральный директор

Б.В.Селиванов

Разослать: Департамент строительства-Прируле Ю.Н., МКС-Стрельбицкому В.П., Мосспецпромстрой, ТОО "Гарант", МНИИПОКОСЗ, Гормедтехника, Мосремстрой.

АКТ
технического обследования несущих конструкций главного
корпуса ЦРБ в г.Буденновске.

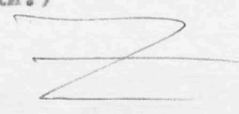
г. Буденновск

12.07.1995г.

Комиссия в составе:

Цфас И.А.	заметитель главного инженера МНИИП, главный инженер проектов
Майоров С.Г.	главный инженер Мосгоргестреста
Галай Б.Ф.	заведующий лабораторией СКФ ПНИИИС, д.г.м.н.
Колбасина С.В.	ведущий инженер-конструктор СКФ ПНИИИС

произвела обследование несущих конструкций здания и установила:

1. Исследованиями СКФ ПНИИИС (см. Заключение № 63 от 11.07.95г.)^{вызвано}, что на площадке распространены просадочные грунты II-ого типа мощностью 12÷14 метров. При строительстве здания не были предусмотрены и не выполнены в необходимом объеме противопросадочные мероприятия.
2. В процессе эксплуатации здание получило деформации в результате неравномерной просадки грунтов основания, а именно:
- 2.1. Восточная зона здания в осях I÷5 неравномерно осела, что привело к раскрытию деформационного шва по всей высоте, образованию трещин в кирпичной кладке стен между осями "Л+Ж" по оси "I" и "Л+Ж" и по оси "Л" на расстоянии до 9 м от оси "I" в сторону оси "2" в уровне 2÷3 этажа с раскрытием до 6 мм, а также к появлению трещин и сколов в местах опирания ж.б. перемычек оконных проемов I-ого этажа (аналогичные деформации наблюдаются в отдельных проемах I-ого этажа м/о "5÷12" по оси "А".)
- 2.2. Западная зона здания в осях "Л+Р" также неравномерно осела, что привело к образованию трещин с раскрытием до 20 мм над оконным проемом третьего этажа, и трещин в районе оконных проемов 1,2,3 этажей лестничной клетки по оси "I5" м/о "К+Л".
3. Во многих случаях подоконная часть наружных стен выполнена из кладки, не имеющей сцепления между кирпичем и раствором (разбирается в ручную на высоту 2÷3 рядов кладки.)
- 

-2-

4. Кладка лицевого ряда наружных стен не имеет в ряде случаев достаточной перевязки с внутренними рядами.

5. Простенки и перемычки наружных стен по осям "А" и "Е" между осями "I5+I9" частично разрушены при обстреле.

6. Плиты перекрытий над 2-ым этажом на участке между осями "А+Б" у оси "I7" имеют сильное разрушение нижней полки. В остальной части здания плиты перекрытия не имеют видимых трещин, деформаций и разрушений.

В зонах пожаров потеря прочности и несущей способности перекрытий не отмечена.

Комиссия рекомендует:

1. Выполнить закрепление просадочных грунтов основания здания методом буронабивных грунтовых свай по проекту, разработанному СКФ ПНИИС силами предприятия "Грунт".

2. Выполнить инъектирование трещин кирпичной кладки цементно-песчаным раствором.

3. Дефектные участки кирпичной кладки в местах опирания перемычек заменить кладкой из красного кирпича на цементно-песчаном растворе. ("вычинкой")

4. Усилить путем приварки дополнительной арматуры и омоноличиванием ослабленные перемычки оконных проемов.

5. Ослабленные простенки наружных стен усилить обоймами из стальных уголков или при помощи ("вычинки").

6. В оконные проемы лестничной клетки м/о "К-Л" у оси "I5" вставить ^{новые} стальные рамы из уголков.

7. Разрушенные плиты перекрытия заменить монолитными участками.

8. Подоконную кладку наружных стен, не имеющих достаточного сцепления, разобрать на высоту 2-х - 3-х рядов и заменить кладкой из полнотелого красного кирпича.

Уточненное и надлежаще оформленное ^{Кл}заключение о состоянии основания и конструкций здания больницы и проект закрепления грунтов и усиления конструкций будут выданы СКФ ПНИИС после завершения лабораторных исследований до 20 июля 1995г.

Настоящим актом разрешается производство проектных и строительных работ по восстановлению и реконструкции здания больницы с учетом перечисленных в акте рекомендаций.



- 3 -

Заместитель главного инженера МНИИП
главный инженер проектов



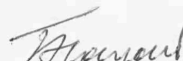
И.А.Час

Главный инженер Мосгортгеостреста



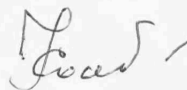
С.Г.Майоров

Заведующий н.и.лабораторией
опасных геологических процес-
сов СКФ ПНИИИС, доктор Г-ми,
член международной комиссии по
просадочным грунтам



Б.Ф.Галай

Ведущий инженер-конструктор
СКФ ПНИИИС



С.В.Колбасина

В отдел общественных зданий
и архитектуры

Отдел строительства и инже-
нерного обеспечения

ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по инженерно-геологическим изысканиям к рабочему
проекту реконструкции Центральной районной боль-
ницы (ЦРБ) в г. Буденовске Ставропольского края

Заказчик:

Москапстрой.

Исполнитель изыскательских работ:

Северо-Кавказский филиал (СКФ) ИИИИС.

На экспертизу представлены следующие материалы:

- Отчет по инженерно-геологическим изысканиям на площадке
главного и травматологического корпусов Центральной районной
больницы в г. Буденовске. СКФ ИИИИС, г. Ставрополь, июль
1995 г.;

- Отчет по инженерно-геологическим изысканиям на площадке
здания котельной и роддома Центральной районной больницы
в г. Буденовске. СКФ ИИИИС, г. Ставрополь, сентябрь 1995 г.

Инженерно-геологические изыскания на участках существующих
главного и травматологического корпусов, роддома и котельной
ЦРБ в г. Буденовске выполнялись в связи с их аварийным состоя-
нием после известных событий в июне 1995 года, а также деформа-
циями несущих конструкций зданий, связанных с неравномерными
осадками оснований, сложенными просадочными грунтами.

Техническое задание на производство изыскательских работ в
представленных материалах отсутствует. Техническая характе-
ристика реконструируемых зданий приведена в пояснительной записке
отчетов. Согласно приведенным данным здание главного корпуса
трехэтажное, травматологии - двухэтажное, здание роддома сос-
тоит из двух блоков - одно и трехэтажного, котельной -
одноэтажное. Все здания с подвалами, кирпичные. Фундаменты
главного и травматологического корпусов ленточные, котельной
столбчатые на естественном основании, роддома (обеих блоков)
свайные, из забивных железобетонных свай. Острые свай опирает-
ся на плотные глины на глубине 20 м.

В геоморфологическом отношении территория ЦРБ расположена
на высокой надпойменной террасе р. Кумы, абс. отметки поверх-
ности изменяются от 101.5 до 104.5 м.

Вх. №	
от "06"	1997

2

В геологическом строении площадки на исследованную глубину до 21 м участвуют следующие грунты:

- суглинок лессовидный, макропористый, твердый, просадочный, мощностью 1,9-2,3 м;
- супесь лессовая, макропористая, твердая, с послойками песка, включениями гипса, просадочная, мощностью 9,7-10,5 м;
- супесь лессовая, пластичная, непросадочная, с прослоями и линзами песка, с включениями карбонатов, мощностью 2,2-3,8 м;
- песок мелкий и пылеватый, водонасыщенный, мощностью 2,4-4,0 м;
- глина алювиальная, известковистая, с гнездами карбонатных включений, тугопластичная, вскрытая мощность составляет 0,5-3,0 м.

По просадочности грунтовые условия площадки относятся ко II типу.

Подземные воды на площадке (летний низкий уровень) отмечены на глубине 16,0 - 16,5 м. Возможен сезонный подъем уровня воды на 1,5-1,6 м.

По химическому составу вода сульфатно-хлоридно-натриево-магниевого типа и является сильноагрессивной средой по отношению к бетону марки W4 на портландцементе.

Для изучения инженерно-геологических и гидрогеологических условий на участке главного и травматологического корпуса пробурено 9 скважин глубиной 18,5-21,0 м и пройдено 4 шурфа глубиной 2,0-3,3 м, на участке котельной пробурено 1 скважина глубиной 20 м и пройдено 3 шурфа глубиной до 2,0 м, на участке роплома пробурено 4 скважины глубиной по 20 м.

Скважины бурились для изучения геологического строения и просадочных свойств грунтов основания зданий, шурфы проходились для обследования фундаментов зданий и проверки состояния грунтов непосредственно под фундаментами.

В целом инженерно-геологические изыскания и гидрогеологические исследования на участках реконструируемых зданий выполнены в соответствии с п.п. 3.35-3.94 СНиП I.02.07-87.

Выделение инженерно-геологических элементов в разрезе и характеристика физико-механических свойств по ним произведены согласно ГОСТ 25100-82 и ГОСТ 20522-75.

Рекомендации в отчетах по укреплению просадочных грунтов методом буронабивных грунтовых свай по наружной части зданий,

3

а также по заложению 2-3 створов гидрогеологических наблюдательных скважин и организации инструментальных наблюдений за осадками зданий являются обоснованными.

Замечания к материалам изысканий

1. В отчетах не охарактеризована сейсмичность: фоновая, района и расчетная, площадки ИГБ.

2. Оформление отчетных материалов выполнено с отступлениями от рекомендаций СНиП I.02.07-87, приложение 9:

- отсутствует техническое задание на производство работ, из-за чего не представляется возможным проверить полноту выполненных изыскательских работ;

- отсутствуют результаты лабораторных определений физико-механических свойств грунтов, из-за чего невозможно установить достоверность рекомендуемых нормативных и расчетных показателей а также величины расчетной просадки грунта от собственного веса

- отсутствуют результаты химических анализов подземных вод из-за чего невозможно проверить степень агрессивного воздействия воды на конструкции из бетона;

- отсутствуют колонки (описания) горных выработок, из-за чего невозможно установить достоверность геолого-литологических разрезов, последние должны быть инженерно-геологическими.

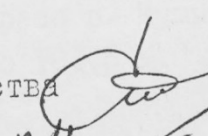
ВЫВОДЫ и рекомендации

1. Инженерно-геологические изыскания на участках реконструкции объектов Центральной районной больницы в г. Буденновске выполнены в соответствии с нормативными требованиями.

Информация о геологическом строении, свойствах грунтов и гидрогеологических условиях в целом является достаточной для принятия обоснованных проектных решений по укреплению грунтов основания реконструируемых зданий.

2. Рекомендации по заложению 2-3 створов гидрогеологических наблюдательных скважин и организации инструментальных наблюдений за осадками зданий являются обоснованными.

3. Отчетные материалы рекомендуется дополнить сведениями о сейсмичности площадки, результатами исследований свойств грунтов, химанализов подземных вод и колонками горных выработок для подтверждения достоверности приведенных в пояснительных планах данных.

Начальник отдела строительства
и инженерного обеспечения  В.К.Алексеев