

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки (специальность) Природообустройство и водопользование  
Кафедра Гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии (ГИГЭ)

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы:
<i>Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива по ул. Коростылева, 6 в г. Ленинск – Кузнецкий</i>

УДК 624.131 .3:539.376(1-21)(571.17)

**Студент**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ51	Тарек Сухайб Сабах Тарек		25.05.2017

**Руководитель**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Строкова Л.А.	д.г.-м.н., доцент		25.05.2017

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭПР	Шарф И.В.	к.э.н.		24.05.2017

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Задорожная Татьяна Анатольевна			4.03.2017

По разделу на иностранном языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ИЯПР	Матвеев И.А.	<i>д. геол. н., доцент</i>		25.05.2017

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ГИГЭ	Гусева Н.В.	К.г.-м.н.		09.06.17

ТОМСК – 2017 г.

**Планируемые результаты обучения [91]**

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>	<b>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</b>
<b>Профессиональные компетенции</b>		
<b>Р1</b>	Использовать <i>фундаментальные</i> математические, естественно-научные, социально-экономические и профессиональные <i>знания в области специализации</i> при осуществлении изысканий и инновационных проектов сооружения и реконструкции объектов природообустройства и	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ПК-1, ПК-2) Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов
<b>Р2</b>	Ставить и решать научно-исследовательские и инновационные задачи инженерных изысканий для проектирования объектов природообустройства и водопользования в условиях <i>неопределенности</i> с использованием <i>глубоких фундаментальных и специальных знаний</i>	Требования ФГОС ВПО (ОК-5, ОК-7, ПК-3, ПК-4, ПК-5) Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов
<b>Р3</b>	Выполнять <i>инновационные</i> проекты, эксплуатировать объекты природообустройства и водопользования с применением <i>фундаментальных знаний и оригинальных методов</i> для достижения <i>новых результатов</i> , обеспечивающих <i>конкурентные преимущества</i> в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ПК-6, ПК-8) Критерий 5 АИОР (п.1.3), согласованный с требованиями международных стандартов ЕШ-АСЕ и РЕА№
<b>Р4</b>	<i>Разрабатывать</i> на основе <i>глубоких и принципиальных знаний</i> программы мониторинга объектов природообустройства и водопользования, мероприятия по снижению негативных последствий антропогенной деятельности в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и	Требования ФГОС ВПО (ОК-5, ОК-7, ПК-7) Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов ЕШ-АСЕ и РЕА№
<b>Р5</b>	Планировать, организовывать и выполнять <i>исследования</i> антропогенного воздействия на компоненты природной среды, включая <i>критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, формулировку выводов в условиях неоднозначности</i> с помощью <i>глубоких и принципиальных знаний</i> и	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-7, ПК-9, ПК-10) Критерий 5 АИОР (п.1.4), согласованный с требованиями международных стандартов
<b>Р6</b>	Профессионально выбирать и использовать <i>инновационные методы исследований, современное научное и техническое оборудование, программные средства</i> для решения научно-исследовательских задач с учетом юридических аспектов защиты	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ПК-11, ПК-12, ПК-13) Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Универсальные компетенции</i>		
Р7	Использовать <i>глубокие</i> знания в области проектного менеджмента, находить и принимать управленческие решения с соблюдением профессиональной этики и норм ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов в области природообустройства, водопользования и охраны природной среды	<i>Требования ФГОС ВПО (ОК-6, ОК-7, ПК-1, ПК-7) Критерий 5 АИОР (п.2.1, 2.4) согласованный с требованиями международных стандартов ЕШ-АСЕ и PEAN<sup>o</sup></i>
Р8	<i>Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, включая разработку документации и презентацию результатов проектной и инновационной деятельности.</i>	<i>Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-3, ОК-4). Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов</i>
Р9	Эффективно работать индивидуально и в качестве <i>руководителя группы</i> , в том числе и <i>международной</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать <i>ответственность за работу коллектива</i> , готовность следовать профессиональной этике и нормам, <i>корпоративной культуре</i> организации	<i>Требования ФГОС ВПО (ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ПК-1) Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов Е^К-АСЕ и PEAN<sup>o</sup></i>
Р10	Демонстрировать <i>глубокое знание</i> правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, <i>осведомленность</i> в вопросах безопасности жизнедеятельности, быть <i>компетентным в вопросах устойчивого развития</i>	<i>Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ПК-12). Критерий 5 АИОР (пп. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов</i>
Р11	<i>Самостоятельно</i> приобретать с помощью новых информационных технологий знания и умения и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ПК-3), Критерий 5 АИОР (пп. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) **Природообустройство и водопользование**  
Кафедра **Гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии (ГИГЭ)**

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 09.06.17 Гусева Н.В.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерская диссертация

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ51	Тарек Сухайб Сабах Тарек

Тема работы:

***Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива  
по ул. Коростылева 6 в г. Ленинск – Кузнецкий***

Утверждена приказом директора (дата, номер) 24-03-2016г 2321/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2017

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> (наименование объекта исследования; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. п.).	Фондовые материалы ООО «Геотехника» Целью работы является изучение инженерно-геологических условий участка и оценка напряженно-деформированного состояния грунтового массива. Участок работ расположен в г. Ленинск–Кузнецкий
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой	В первой части описать современное состояние вопроса о методах армирования оснований. Во второй части дать характеристику физико-географических, геологических, гидрогеологических условий района, а также инженерно-геологических условий участка. В

области; постановка задачи исследования, содержание процедуры исследования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	третьей части выполнить оценку напряженно-деформированного состояния грунтового массива. В четвертой главе дать обоснование мероприятий инженерной защиты.
--	--

<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	Лист 1. Геологическая карта г. Ленинск-Кузнецкий М 1:200 000. Лист 2. Карта инженерно-геологических условий участка работ и инженерно-геологический разрез Лист 3. Таблица статистической обработки показателей физико-механических свойств грунтов. Лист 4. Результаты моделирования напряженно-деформированного грунтового основания для здания проектной этажности. Лист 5. Результаты моделирования напряженно-деформированного грунтового основания для здания с наращиванием этажности. Принятая схема армирования. Лист 6. Влияние армирования на деформативность и несущую способность грунтов.
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

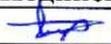
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шарф И.В., Доцент каф. ЭПР
Социальная ответственность	Задорожная Татьяна Анатольевна, ассистент каф. ЭБЖ
Английский язык	Матвеевко И.А., Доцент каф. ИЯПР
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках	
<b>The current state of the methods for reinforcing soil bases</b>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.11.2015
--	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ГИГЭ	Строкова Л.А.	д.г.-м. н., доцент		01.11.2015

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ51	Тарек Сухайб Сабах Тарек		01.11.2015

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт	Природных ресурсов
Направление/специальность	Природообустройство и водопользование
Уровень образования	Магистратура
Кафедра	Гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии
Период выполнения	(весенний семестр 2015/2017 учебного года)

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ВМ51	Тарек Сухайб Сабах Тарек

Тема работы:

<i>Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива по ул. Коростылева 6 в г. Ленинск – Кузнецкий</i>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	24-03-2016г 2321/с

Форма представления работы:

<b>МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ</b>
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

**ЗАДАНИЕ**

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет стоимости полевых, лабораторных и камеральных работ при проведении инженерно-геологических изысканий для храма Иверской иконы Божией Матери г. Ленинск – Кузнецкий КО Кемеровской епархии РПЦ (МП).
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- ССН-92, Вып.1, Вып.7 - Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы - СНОР-93, Вып.1 - СБЦ -99
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налоговый кодекс РФ, ФЗ-213 от 24.07.2009 в редакции от 09.03.2016г. № 55-ФЗ

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1. Расчет затрат при проведении полевых и камеральных работ и лабораторных исследований. 2. Расчет затрат на оплату труда основных исполнителей работ 3. Расчет отчислений на социальные нужды
---	--

2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление плана проведения полевых, камеральных работ и лабораторных исследований.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка эффективности инженерно-геологических изысканий для площадки храма Иверской иконы Божией Матери.
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей):	
Структура сметной стоимости проведения инженерно-геологических изысканий для храма Иверской иконы Божией Матери.	
1. Диаграммы о соотношении видов затрат инженерно-геологических и инженерно-геодезических изысканий	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	4.03.2017
--	-----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭПР	Шарф И.В.	К. э. н.		4.03.2017

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ51	Тарек С. С.		04.11.2015

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2BM51	Тареку Сухайбу Сабаху Тареку

<b>Институт</b>	Природных ресурсов	<b>Кафедра</b>	Гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Природообустройство и водопользование

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	объектом исследования является храм Иверской иконы Божией Матери в г. Ленинск–Кузнецкий. Метод армирования грунтов применяется при укреплении и обустройстве оснований с любыми грунтовыми условиями, в частности, слабых природных оснований и зыбких грунтов.

<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> </ul>	<p><u>Полевые работы</u> <u>Вредные факторы :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Отклонение показателей МИКРОклимата на открытом воздухе</li> <li>2.Превышение уровней шума и вибрации</li> </ol> <p><u>Камеральные работы</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.Отклонение показателей микроклимата в помещении</li> <li>4.Недостаточная освещенность рабочей зоны</li> <li>5.Превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений</li> <li>6.Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> <li>7.Превышение уровней шума</li> </ol> <p><u>Полевые работы</u> <u>Опасные факторы :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования</li> <li>2.Электрический ток</li> </ol> <p><u>Камеральные работы</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.Пожароопасность</li> </ol>

	4.Статическое электричество 3.Пожароопасность 4.Статическое электричество
<b>2. Экологическая безопасность:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- защита селитебной зоны</li> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	Охрана земельных угодий. Охрана воздушной среды.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и социального характера. Пожарная и взрывная безопасность.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	04.03.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Задорожная Татьяна Анатольевна		<i>Т.Задорожная</i>	4.03.17

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ51	Тарек С. С.	<i>С.С.Тарек</i>	05.11.2015

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	11
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОБ АРМИРОВАНИИ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ .....	14
1.1. Армирование грунта – история вопроса .....	14
1.2. Способы армирования грунта.....	13
1.3. Виды арматуры и ее применение.....	26
ГЛАВА 2. ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ЛЕНИНСК-КУЗНЕЦКИЙ .....	27
2.1. Физико-географические условия территории исследования .....	27
2.2. Климатические особенности .....	29
2.3. Гидрологические особенности .....	30
2.4. Геоморфологические условия .....	33
2.5. Геологическое строение .....	34
2.6. Гидрогеологические особенности.....	38
2.7. Геологические процессы и явления.....	40
ГЛАВА 3. ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ .....	43
3.1. Характеристика инженерно-геологических условий площадки.....	43
3.2. Создание модели грунтового массива МКЭ.....	55
3.3 Оценка напряженно-деформированного состояния грунтового массива после изменения этажности .....	60
3.4. Оценка напряженно-деформированного состояния грунтового массива после армирования основания .....	62
3.5. Обсуждение результатов моделирования .....	64
ГЛАВА 4. ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ (СХЕМ АРМИРОВАНИЯ ОСНОВАНИЙ ) .....	65
4.1 Влияние армирования на несущую способность грунтов. ....	65

4.2 Влияние армирования на деформативность грунтов .....	71
4.3 Оценка выбранных мероприятий инженерной защиты с точки зрения эффективности .....	83
ГЛАВА 5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	86
ГЛАВА 6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	109
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	111
Приложение А The current state of the methods for reinforcing soil bases .....	118
Приложение 1 .....	(Демонстрационный лист)
Приложение 2 .....	(Демонстрационный лист)
Приложение 3 .....	(Демонстрационный лист)
Приложение 4 .....	(Демонстрационный лист)
Приложение 5 .....	(Демонстрационный лист)
Приложение 6 .....	(Демонстрационный лист)

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа: 130 стр., 68 рис., 28 табл., 137 источников, 1 текстовое и 6 графических приложений.

*Ключевые слова:* армирование грунта, метод высоконапорной инъекции, инъектор, PLAXIS, метод конечных элементов, осадка, модуль деформации, угол внутреннего трения.

*Объектом исследования* является грунтовое основание храма Иверской иконы Божией Матери в г. Ленинск–Кузнецкий.

*Цель работы* – изучить характер распределения напряжений в основании, оценить влияние армирования на несущую способность и деформативность основания.

В процессе исследования проводилось изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива по ул. Коростылева, стр. 6 в г. Ленинск–Кузнецкий.

*Область применения.* Метод армирования грунтов применяется при укреплении и обустройстве оснований с любыми грунтовыми условиями, в частности, слабых природных оснований и зыбких грунтов. Инъекционное укрепление грунтов при строительстве подземных сооружений следует применять для преодоления участков несвязных водонасыщенных и нарушенных скальных грунтов ликвидации водопритокков в подземные выработки и сооружения, устройства ограждений котлованов, защитных экранов (завес), укрепления оснований и фундаментов зданий и других сооружений, находящихся в зоне влияния строительства. Армирование используют при устройстве дорог, плотин, дамб, насыпей, откосов, оснований и др. Метод армирования нашел широкое распространение во многих странах мира.

*Экономическая эффективность / значимость работы.* Метод, используемый для усиления фундамента храма, высоконапорной инъекцией цементно - песчаного раствора под фундамент (цементации). Для повышения прочности грунтового основания за счет устройства свай и увеличения площади их опирания на грунт с одновременным снижением трудоемкости и материалоемкости. Это способ является наиболее экономичным и щадящим для здания

В будущем планируется: установить зависимости, оценивающие влияние глубины заложения армирующих элементов и их геометрических размеров на напряженно-деформированное состояние.

Магистерская диссертация выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010, рисунки и графические приложения выполнены в программе AutoCAD 2016, при построении моделей грунтов использована программа PLAXIS, при построении таблиц использован табличный процессор Microsoft Excel 2010.

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** В последние годы в строительной практике все чаще приходится проектировать объекты с наращиванием этажности на фундаментах, не рассчитанных на это. Использование этих участков без специальной инженерной подготовки невозможно [4]. Особенно перспективным становится метод армирования грунтов, получивший широкое распространение в дорожном строительстве и при возведении опорных сооружений, т.к. позволяет снизить материалоемкость и стоимость усиления фундаментов, повысить распределительную способность основания. В диссертации освещено изучение инженерно-геологических условий площадки храма Иверской иконы Божией Матери. В административном отношении площадка расположена по адресу: ул. Коростылева, 6 в г. Ленинск - Кузнецкий при усилении грунтового основания храма методом высоконапорной инъекции цементно - песчаного раствора под фундаменты. Выполнена оценка напряженно-деформированного состояния грунтового основания до наращивания этажности, после внепроектного увеличения высоты сооружения и усиления фундамента.

**Цель работы** изучить характер распределения напряжений в основании оценить влияние армирования на несущую способность и деформативность основания.

### **Задачи работы**

Анализ отечественного и зарубежного опыта армирования грунтов по литературным и фондовым источникам.

Сбор систематизация и анализ имеющихся территориальных геологических и гидрогеологических сведений по результатам инженерных изысканий.

Составление модели грунтового массива методом конечных элементов (МКЭ).

Моделирование изменений напряженно деформированного состояния грунтового основания после усиления.

Проверка эффективности выбранных мероприятий инженерной защиты (схемы армирования).

### **Научная новизна работы**

Установить зависимости, оценивающие влияние армирующих элементов на напряженно-деформированное состояние.

### **Автор будет защищать**

Результаты исследований влияния армирования на деформативность и несущую способность армированного основания.

Результаты исследований по влиянию армирования на развитие напряжений в грунте.

**Во введении** обоснованы актуальность проблемы, определены задачи исследований.

**В первой главе**, которая является обзорной, дан анализ экспериментальных и теоретических работ российских и зарубежных авторов по теме диссертации.

В главе описана история развития и область применения армирования, указаны различные способы армирования основания (вертикальное, горизонтальное), виды арматуры (стержни, сетки, металлические волокна), требования, предъявляемые к арматуре, защитному покрытию, засыпки в США, Франции, Индии, Англии [4].

**Во второй главе** описаны особенности инженерно-геологических условий территории, описана история города Ленинск-Кузнецкий, охарактеризованы климатические, гидрологические, геоморфологические особенности, геологические и гидрогеологические особенности, геологические процессы и явления.

**Третья глава** посвящена оценке напряженно-деформированного состояния грунтового массива. В данной главе описывается создание модели грунтового основания с использованием метода конечных элементов в программном комплексе PLAXIS. Знакомство с возможностями программных комплексов по изучению напряженно-деформированного состояния грунтовых массивов проводилось мною для объекта - храма Иверской иконы Божией Матери в г. Ленинск-Кузнецкий. Вначале создана модель грунтового массива. Для оценки поведения грунта использована упругопластическая модель с изотропным упрочнением Hardening Soil Model (Plaxis). На базе основной модели были созданы клоны, в которых изменялись условия нагружения фундамента, моделировалось усиление грунтового основания. Так, во второй модели показано изменение нагрузки на центральную часть плиты при наращивании высоты храма, в третьей модели – упрочнение массива. В конце главы обсуждаются результаты моделирования.

**В четвертой главе** описано влияние армирования на несущую способность и деформативность грунтов и выполнена оценка выбранных мероприятий инженерной защиты с точки зрения эффективности. Для изучения влияния армирования на механические свойства грунтов, использованы данные ООО «НООЦЕНТР» на двух площадках: административного здания ОАО «Кузбассэнерго» и опытно-производственном полигоне ООО «НООЦЕНТР». Экспериментальными исследованиями установлено, что физико-механические свойства грунтов в естественных условиях могут с достаточной степенью надежности определяться через соотношения скоростей продольных  $V_p$  и поперечных  $V_s$  волн с помощью статистических зависимостей [21].

#### **Заключение**

В работе рассмотрено изменение напряженно-деформированного состояния грунтового основания на площадке возведения храма в г. Ленинск-Кузнецкий. Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива проводилось мною для выбранного объекта в программах PLAXIS. Твердение порозаполняющего укрепляющего цементного раствора сопровождается нелинейным увеличением прочности массива в 4-6 раз. Технология высоконапорной инъекции (ВНИ) является эффективным методом управления свойствами неустойчивых глинистых грунтовых массивов в основаниях горнотехнических сооружений [21].

#### **Краткие выводы по результатам исследований.**

На начальной стадии НИ происходит снижение упругих и прочностных параметров, связанное с увеличением пористости и влажности грунта. Твердение порозаполняющего укрепляющего цементного раствора сопровождается нелинейным увеличением прочности массива в 4-6 раз.

Особенности физических свойств грунтового массива, подверженного НИ, состоят в нелинейности пространственно-временных изменений механических, акустических и электрических свойств: прочность образцов грунтов в процессе обработки временно снижается, а на стадии твердения - увеличивается в 4-6 раз; скорость продольной волны на обеих стадиях увеличивается на 30-60 %; удельное электрическое сопротивление (УЭС) при насыщении грунта электрически контрастным раствором снижается в 1,5-10 раз, а при консолидации цементно-песчаной смеси - увеличивается в 2-30 раз. При насыщении грунтов укрепляющим раствором происходит резкое увеличение скорости  $V_p$  продольных волн, а скорость  $V_s$  поперечных волн остается практически неизменной, что является признаком попадания раствора в исследуемую зону [21].

### ***Графические приложения***

Лист 1. Геологическая карта г. Ленинск-Кузнецкий М 1:200 000.

Лист 2. Карта инженерно-геологических условий участка работ и инженерно-геологический разрез.

Лист 3. Таблица статистической обработки показателей физико-механических свойств грунтов.

Лист 4. Результаты моделирования напряженно-деформированного грунтового основания для здания проектной этажности.

Лист 5. Результаты моделирования напряженно-деформированного грунтового основания для здания с наращением этажности. Принятая схема армирования.

Лист 6. Влияние армирования на деформативность и несущую способность грунтов.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю д.г.-м.н., профессору Строковой Л.А. и всем сотрудникам кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии за постоянную помощь в работе.

Автор выражает также благодарность сотрудникам фирмы ООО «Геотехника» и лично директору В.Н. Сахарову за предоставленную возможность участвовать в проведении экспериментов.

# Глава 1. Современное состояние вопроса об армировании грунтовых оснований

## 1.1. Армирование грунта – история вопроса

В настоящее время постоянно увеличиваются объемы реконструкции и восстановления зданий, уплотняется существующая застройка городских территорий. Надстройка дополнительных этажей, устройство пристроек, замена несущих строительных конструкций здания, техническое перевооружение предприятий сопровождается ростом нагрузок на фундаменты. Также за период длительной эксплуатации зданий возможно ухудшение строительных свойств грунтов оснований, разрушение конструкций фундаментов, нарушение условий их устойчивости. В результате здания претерпевают осадка, в основном неравномерные, возникает опасность разрушения надземных строительных конструкций. При решении этих вопросов часто требуется проведение дорогостоящих работ по упрочнению грунтов оснований и усилению фундаментов зданий [1].

Значение фундамента определяется не только и не столько удельным весом в общей стоимости (от 4 до 15%) и трудоемкости (от 10 до 30%) возведения зданий и сооружений, сколько тем обстоятельством, что он находится в последовательной цепи «основание - фундамент - здание» [39], определяющей надежность строения [2]. Специфика фундамента состоит в том, что он находится на границе естественной (природный грунт) и искусственной (собственно здание) сред. Если свойства материалов надземного строения строго контролируются и поддаются управлению, то свойства грунтов основания в значительной мере определяются естественными условиями [2,39].

В зависимости от квалификации и имеющихся технических средств строитель может в большей или меньшей степени использовать природные свойства грунтов оснований, обеспечивая при этом не только надежность, но и экономичность технических решений фундаментов [2,39].

Ухудшение условий устойчивости оснований и увеличение их деформативности возможно вследствие изменения уровня грунтовых вод, замачивания основания атмосферными и производственными водами, пучение грунтов при промерзании и т. Д.

Необходимость разработки и внедрения более совершенных и экономичных систем оснований и конструкций фундаментов неоднократно отмечалось в решениях различных конференций и совещаний. Вся история развития фундаментостроения была историей совершенствования фундаментов и внедрения более экономичных конструкций. В настоящее время наметились следующие пути снижения стоимости и расхода материалов на конструкции фундаментов: уточнение расчетных схем грунтового основания и конструкций фундаментов традиционных форм; разработка новых облегченных конструкций фундамента и методов их расчета для сложных схем силового воздействия; внедрение эффективных методов инженерной подготовки территории [4].

Исключительно перспективным является армирование грунтов [4]. Армирование грунтов оснований выполняют для устранения просадочности лессовых грунтов, повышения прочности и устойчивости оснований, повышения устойчивости подпорных стенок, откосов земляных сооружений и оползневых склонов.

Под армированием основания понимается улучшение физико-механических качеств грунтового массива, служащего основанием, путем устройства в нем более прочных элементов, совместно работающих с грунтом и конструктивно не связанных с фундаментом какими-либо выпусками или омоноличиванием [3].

Армирование массивов грунта основывается на взаимодействии уплотненных и закрепленных массивов, а также элементов повышенной жесткости с окружающим грунтом [4,3].

Армирование грунта является перспективным направлением в строительстве, позволяющее улучшить строительные свойства грунта. Армирование грунта применяется уже давно. Например, при строительстве некоторых участков Великой Китайской стены (200 лет до н.э.), смесь глины с гравием армировалась ветвями тамариска, римляне в качестве арматуры при строительстве дамб использовали тростник, саманные постройки (в 4-5 тысячелетии до н.э.) известны в странах Азии, России, Украине и Молдавии, а также в России в заболоченной местности использовались гати (1144 г.) и слани. В 1822 г. английский полковник Песли провел серию опытов и доказал, что армированная горизонтальными слоями из хвороста, досок или холста обратная засыпка значительно снижает боковое давление на подпорную стену [40].

В 1925 в США Манстер провел серию исследований по армированию грунта с применением элементов из дерева и облегченной облицовки и минимизировал осадку материала обратной засыпки. В 1960-х годах Видаль разработал композитный материал и впоследствии запатентовал как “армированный грунт”, который в виде армирующих полос укладывался в грунт, взаимодействие армирующих элементов и грунта обеспечивалось силами трения. Армирование грунта на основе концепции Видаля применялось во Франции (1968) с использованием металлических швеллеров, в США (1972), в Великобритании (1973). В 1970 г. в качестве армирующего элемента начали применять элементы крестообразной формы из железобетона. Работы Видаля послужили толчком для развития конструкций из армированного грунта, в 1974 г. в США были предложены к применению тканевые материалы и внедрены ячейки, или сетки, выполняющие роль армирующих элементов [40].

В 1960-70 годах в качестве армирующих элементов использовались металлические изделия в виде полос и сеток, а с 1980-х годов стали применяться различные геосинтетические материалы (геоткань, геосетки, геомембраны, георешетки и т.д.) [40].

Стабилизация грунта добавкой была разработана в Японии в 1970-х и 1980-х годах.

Развитию основ, исследованию и внедрению в инженерную практику метода армирования грунта способствовали работы ученых [4] Г. Видала (Vidal, H.) запатентовавшего это изобретение, Д. Миловича (Milovic, D.), М. Бакстера (A. Baxter), Ю.В. Феофилова, К. Джоунса (Genes, G.), В.А. Барвашова, проводивших опыты с горизонтальным армированием песчаного основания различными материалами полосовым стеклопластиком, тканью, металлическими стержнями [4].

Значительное количество опытов в условиях плоской деформации провели Ч.Х. Хуанг [4]. (Huang, C.C.) и Ф. Татсуока (Tatsuoka, F.) с изменением плотности, количества слоев армирующих элементов, расстояния между арматурой, длины стержней. А.Л. Аксенов и Д.Ю. Штихель, И.Алкми (Alimi, J.) исследовали взаимодействие полосовой арматуры с грунтом засыпки.

Большинство теоретических разработок, касающихся армированного грунта, выполнялись в аспекте проектирования и возведения подпорных сооружений и дорожного строительства. Самые ранние разработки, касающиеся усиления грунтовых оснований армированием, выполняли Койн (Coin), [4]. Вестерград (Westergrad), Р. Бассел (Bassel, R.), Н. Гаусманн (Hausmamt, M.), Ф. Шлоссер (Shlosser, F.), Н. Лонг (Long). Распределению напряжений по арматуре посвящены работы Чанга (Chang), Бишопа и Андерсона (Bishop and Anderson), вопрос прочности армированного грунта рассмотрен в работе Смита (Smith) и Р. Джоуелла (Joueell. R) [4].

Значительный вклад в развитие теории армогрунтовых сооружений внесла Л.М. Тимофеева. Она предложила три основные расчетные схемы армогрунтовых конструкций: континуальную, дискретную и дискретно-континуальную; рассмотрела вопросы изменения реологических свойств в армированных грунтах, напряженное состояние армированного основания [5,4].

Метод армирования нашел широкое распространение во многих странах мира. Разрабатываются новые эффективные материалы, изделия, конструкции и технологии [4]. В России в 2003 г. предложен способ укрепления водонасыщенных грунтов в основаниях зданий и сооружений (патент РФ №2204650, опубл. 20.05.2003), а также в 2006 г. в России описан способ [патент RU 2276710, опубл. 20.05.2006]. В России на сегодняшний день есть много фирм, которые занимаются укреплением грунтовых оснований, например, в Кемерово: ООО "НООЦЕНТР" и ООО «Геотехника».

В зависимости от физико-механических характеристик грунтов и задач, какие решаются при армировании, выбирается характер расположения армирующих частей и разработка их исполнения [3]. В грунтовых массивах конструктивное расположение армирующих элементов может быть вертикальным, горизонтальным, наклонным в одном направлении, наклонным в двух и более направлениях, прерывистым и в виде различного ряда ячеистых структур [31]. Главными задачами армирования оснований являются: упрочнение оснований, в том числе на оползнеопасных склонах; упрочнение насыпей и откосов земельных сооружений, армирование обратных засыпок подпорных стенок и усиление подпорных стен, предупреждение выпора грунта из-под сооружений.

Технология выполнения армирования оснований в значительной степени зависит от характера основания и особенностей напластований грунтов.

Армирование часто используется в структурно-неустойчивых грунтах, таких, как лесовые просадочные, слабые водонасыщенные, рыхлые песчаные. Армирование используют при устройстве дорог, плотин, дамб, насыпей, откосов, оснований и др. Примеры эффективного армирования приведены в [6] Армирующие элементы применяют в виде свай [9,10], вертикальных стержней [11], бетонных и железобетонных лежней, ячеек; металлических лент, стержней, сеток [12]; полимерных сеток, ячеек, полотнищ, каркасов [13,14,29]. В качестве арматуры применяли алюминиевую фольгу, стекловолокно, ткань, полипропилен, оцинкованные металлические стержни, базальтовое волокно [20]. По предложенным методам расчета армогрунта, разработаны мероприятия по обеспечению стойкости, надежности и долговечности фундаментов, зданий и сооружений [4].

По сути дела, при армировании изучается, разрабатывается, проектируется и внедряется новейший композиционный материал, включающий грунт и армирующие элементы, характеристики которого можно задавать исходя из задач практики [4].

Анализ проведенного обзора армированных грунтов показал, что комплексного изучения влияния различных параметров на повышение несущей способности и модуля деформации армированного основания проводилось мало [5,4].

Как уже отмечалось, эффективность метода армирования грунта доказана. Однако для более широкого и обоснованного внедрения необходимы нормативная и техническая базы. Для совершенствования расчета армированного грунта необходимо проведение комплексных экспериментальных работ [4].

Нужно отметить, что невзирая на огромную значимость исполнения армирования оснований, ещё недостаточно разработана технологии армирования сложных грунтовых оснований. Известные способы армирования обладают значительной трудоемкостью и стоимостью, а надежность их в некоторых условиях не удовлетворяет необходимым требованиям. В настоящее время требуется проведение исследований по разработке эффективной технологии армирования оснований в различных грунтовых условиях.

## **1.2. Способы армирования грунта**

Необходимость в стабилизации осадок фундаментов возводимых или уже долгое время существующих зданий и сооружений возникает в силу целого ряда причин. Это может быть вследствие ошибок при проектировании при переоценке несущей способности грунтов и их деформационных характеристик. Необходимо также отметить, что причины развития деформаций грунтов не всегда можно точно установить [15].

На сегодняшний день одним из наилучших способов стабилизации осадок является армирование [16], в том числе при строительстве на просадочных грунтах, подрабатываемых и карстоопасных территориях [19]. Исследование армированного грунта является весьма важным направлением в геотехнике. В грунт внедряют армирующие элементы, которые обладают повышенной прочностью на растяжение. В качестве армирующих элементов большой популярностью пользуются геосинтетические материалы [19,31].

Создание армированных конструкций существенно сокращает затраты на устройство фундаментов зданий и сооружений, оснований под автомобильные и железные дороги, откосов, подпорных стен, так как характеристики грунтов, обладающих прочностью на сжатие и сдвиг, но не обладающих прочностью на растяжение, могут быть значительно улучшены путем введения упрочняющих элементов в направлении относительной деформации растяжения. Также армирование грунтов значительно снижает финансовые затраты [19,31].

Метод армирования грунтов применяется при укреплении и обустройстве оснований с любыми грунтовыми условиями, в частности, слабых природных оснований и зыбких грунтов. Инъекционное укрепление грунтов при строительстве подземных сооружений следует применять для преодоления участков несвязных водонасыщенных и нарушенных скальных грунтов (ГОСТ 25100-2011) [108] ликвидации водопритокков в подземные выработки и сооружения, устройства ограждений котлованов, защитных экранов (завес), укрепления оснований и фундаментов зданий и других сооружений, находящихся в зоне влияния строительства [112,41].

Известен, например, способ улучшения массива лессового просадочного грунта в основании зданий и сооружений [а.с. №1294910, опубл. 07.03.1987], включающий последовательное уплотнение поверхности грунта, возведение распределительного несущего элемента по площади основания, образование скважин с равномерным шагом, нагнетание закрепляющего раствора, которое ведут с гидроразрывом грунта. В результате гидроразрыва грунта между скважинами образуются трещины. Эти трещины заполняют закрепляющим раствором, что способствует равномерному его распределению по всему массиву, а, следовательно, повышению качества закрепления.

По мнению авторов разработки, данная технология позволяет повысить структурную устойчивость грунта, однако известный способ очень трудоемок, поскольку связан с бурением скважин, и требует большого расхода материала.

В 2003 г. предложен способ укрепления водонасыщенных грунтов в основаниях зданий и сооружений (патент РФ №2204650, опубл. 20.05.2003). В соответствии, с которым укрепление массива водонасыщенного грунта в основаниях зданий и сооружений включает формирование законтурного ряда упрочняющих грунт элементов по периметру укрепляемого массива, создание каркасно-ячеистой структуры из упрочняющих грунт элементов в зоне укрепляемого массива и образование на его поверхности распределительного несущего элемента. Формирование упрочняющих грунт элементов выполняют путем нагнетания в образуемые в грунте скважины твердеющего материала под давлением. Данный известный способ направлен на повышение несущей способности водонасыщенных грунтов в основаниях промышленных сооружений.

Недостатком известного решения является его очень высокая технологическая сложность. Кроме того здесь также выполняют бурение скважин, для чего требуется специальное оборудование; каждая скважина должна быть подвергнута определенной технологической обработке, что регламентировано техническими условиями.

В 2006 г. описан способ [патент RU 2276710, опубл. 20.05.2006], по которому для возведения фундамента резервуара предварительно проводят работы по укреплению грунтового основания, для чего скважины бурят для вертикальных и наклонных свай и устанавливают в них арматурные каркасы. После этого нагнетают бетонную смесь в наклонные и вертикальные скважины. Этот способ мало пригоден для использования на зыбких, в том числе и илистых грунтах, где из-за водонасыщенности усиление грунта должно быть выполнено на большую глубину [56]. Главной задачей заявляемого технического решения является создание способа армирования грунта, обеспечивающего уплотнение грунта с требуемой прочностью, а также в расширении арсенала технических средств и технологических приемов армирования грунтов [56].

Метод укрепления грунтов выбирается на этапе проектирования строительного объекта на основании инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, требований экологии и технико-экономического сравнения вариантов укрепления грунта. В зависимости от инженерно-геологических условий, цели и принятого способа укрепления грунта следует применять инъекционные растворы на основе минеральных вяжущих по ГОСТ 31108-2003[109] или полимерных материалов по ГОСТ 14231-88 [111]. В строительной практике широко применяются именно геосинтетические полимерные материалы, изготовленные из синтетических или натуральных полимеров в виде плоских форм, лент или трехмерных структур. Исходным сырьем для таких материалов преимущественно являются: полипропилен (PP), полиэтилен (PE), высокопрочный полиэтилен (HDPE), полиамид (PA) (капрон), полиэфир (PET) (лавсан), обладающих широким диапазоном реологических и физико-механических характеристик, и обеспечивающих повышение прочности и противодиффузионной плотности грунтов [112].

Улучшение строительных свойств грунтов основания производится нагнетанием под давлением крепящего раствора в грунт природного сложения с использованием одного из инъекционных способов, которые делятся: *по виду вяжущего раствора*: силикатизация (однорастворная, двухрастворная, газовая); цементация (цементными растворами, в том числе с добавками); *по типу применяемого инъектора*: забивной инъектор, инъектор с резцом, шнек-инъектор, однотопный либо многотопный инъектор, устанавливаемый в предварительно пробуренные скважины; *по технологии нагнетания*: пропиткой (путем плавного подъема давления), то есть в режиме заданного давления и расхода, исключаящем разрыв пласта; через направленный гидроразрыв; путем заполнения пустот и полостей с последующей опрессовкой [61].

**Силикатизация** – метод, при котором под подошву фундаментов погружают инъекторы из стальных перфорированных труб диаметром 19–38 мм, через которые производится нагнетание раствора жидкого стекла под давлением 0,3–0,6 МПа и отвердителей в виде слабых растворов кислот или щелочей [3]. Силикатизация предназначена для закрепления песков крупных, средней крупности, мелких и пылеватых, пльвунов, лессовидных и насыпных грунтов.

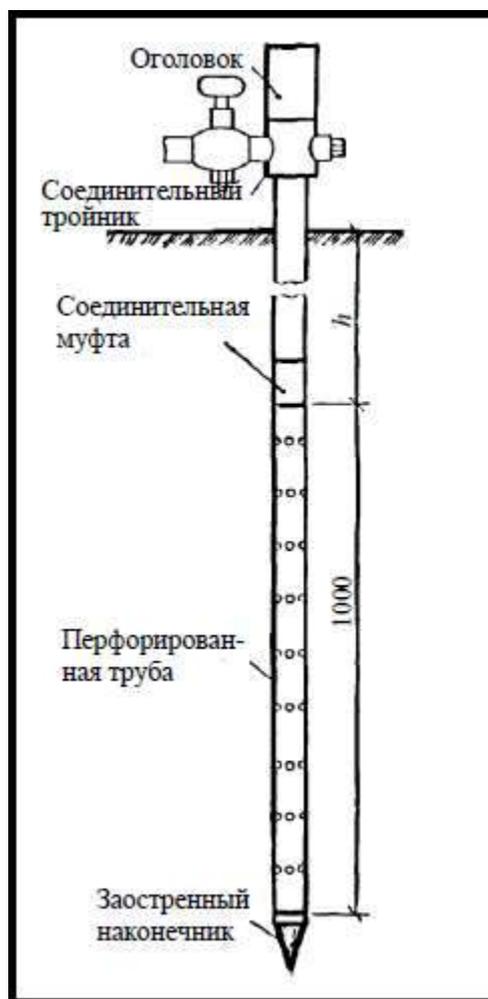


Рисунок 1.1. Инъектор для закрепления грунтов химическими способами [3]

**Цементация** – это нагнетание цементного раствора под большим давлением (до 10 МПа). Применяют для закрепления грунтов, обладающих большой водопроницаемостью (трещиноватых скальных пород, а также крупнообломочных и песчаных). Цементация применяется для уменьшения водопроницаемости грунтов и увеличения их прочности. Диаметр трубок-инъекторов составляет 25–100 мм. При глубине 6–8 м цементацию ведут нисходящими зонами. Наиболее часто для цементации грунтов используют смесь цемента с водой, иногда в раствор добавляют мелкий песок. Чем меньше поры и тоньше трещины в грунте, тем более жидкий раствор применяют для его закрепления. Обычно на 1 часть цемента берут 10–50 частей (по массе) воды [3].

**Смолизация** заключается в нагнетании в поры грунта через систему инъекторов растворов синтетических смол, способных твердеть в грунте: карбамидная смола с отвердителями (например, соляная кислота); фенольные, фурановые синтетические смолы и в том числе получаемые из отходов производства.

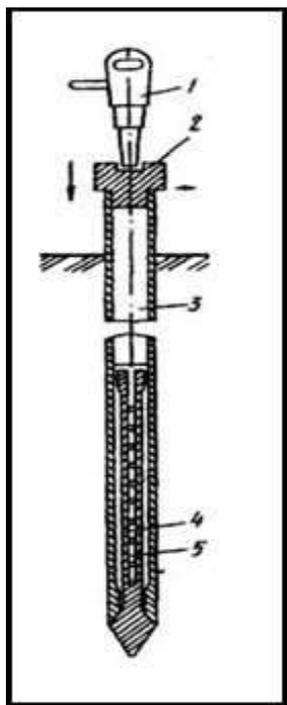


Рисунок 1.2. Погружение иньектора:  
1 – отбойный молоток; 2 – оголовок;  
3 – труба - удлинитель;  
4 – перфорированная часть с острием;  
5 – труба-кожух [3]

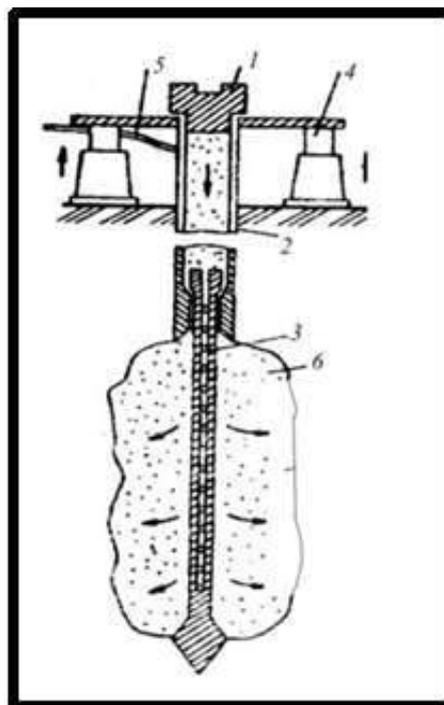


Рисунок 1.3. Нагнетание раствора:  
1 – оголовок; 2 – труба-удлинитель;  
3 – перфорированная часть с острием;  
4 – домкраты; 5 – растворопровод; 6 – зона  
цементации [3]

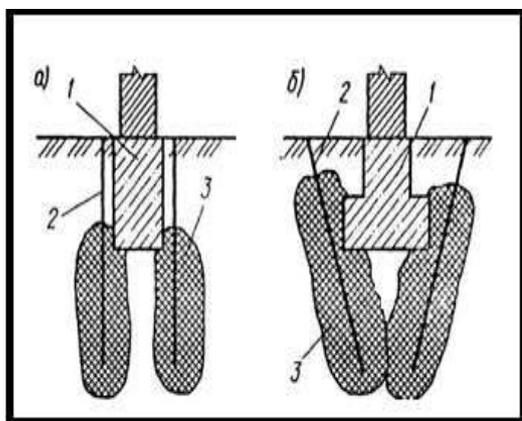


Рисунок 1.4. Схемы усиления  
фундаментов с помощью иньекторов:  
а – вертикальная; б – наклонная;  
1 – усиливаемый фундамент;  
2 – иньекторы; 3 – смола [3]

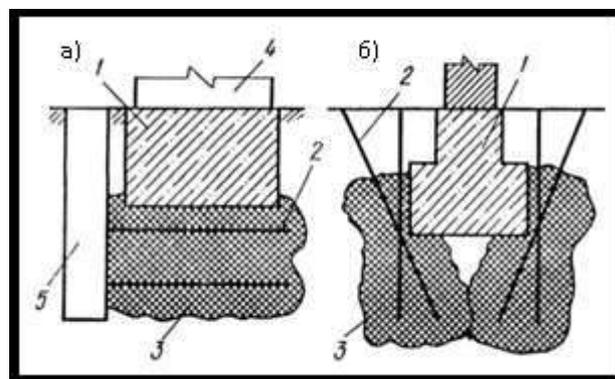


Рисунок 1.5. Схемы усиления фундаментов с  
помощью иньекторов: а – горизонтальная;  
б – комбинированная: 1 – усиливаемый  
фундамент; 2 – иньекторы; 3 – смола;  
4 – стена; 5 – технологический колодец [3]

Используется для закрепления мелких и пылеватых песков с  $K_f = 0,5-5$  м/сут. На Рисунках 1.4 и 1.5 – по характеру расположения иньекторов у фундамента закрепление подразделяется на вертикальное, наклонное, горизонтальное и комбинированное.

**Битумизация.** Применяют при создании водонепроницаемости грунтов. Битум подают в грунт с помощью иньекторов в расплавленном состоянии, разогретым до

400 °С. В некоторых случаях используют холодную битумизацию, когда в грунт под большим давлением подают битумную эмульсию, состоящую из битума, расщепленного в воде с помощью эмульгатора, превращающего битум в мелкие частицы [112].

**Термический метод** используется при закреплении пылевато-глинистых, в том числе и просадочных грунтов. Этот метод основывается на увеличении прочности структурных связей под действием высоких температур (спекание). Высокие температуры получают с помощью сжигания в пробуренных скважинах (диаметром до 200 мм и глубиной 6-15 м) горючих материалов, солярного масла, мазута или природного газа. Стоимость термического метода достаточно высока по сравнению с другими методами при диаметре закрепляемого грунта 1,5-3 м.

**Способ высоконапорной инъекции (ВНИ)** [21]. используется для неустойчивых песчано-глинистых грунтов в основаниях горнотехнических, промышленных и гражданских объектов включает следующие основные операции: частичный гидроразрыв закрепляемого слоя связных грунтов; заполнение образовавшейся полости специальным цементно-песчаным раствором; уплотнение зоны инъекции прессовкой [21].

После твердения смеси грунта с раствором образуется новый инженерно-геологический элемент массива, существенно повышающий его несущую способность [21].

Укрепление оснований горнотехнических сооружений, объектов промышленного и гражданского назначения методом контролируемой ВНИ проведено ООО «НООЦЕНТР» [21].И ООО «Геотехника» на более чем 30 участках угольной, энергетической и строительной промышленности Кузбасса. На всех участках после проведения инъекционных работ наблюдалась стабилизация осадок сооружений, прекращение трещинообразования в стенах и несущих конструкциях.

Применение комплексного контроля состояния и свойств массива на всех стадиях ВНИ способствует учету локальных неоднородностей геологического строения грунтов, отклонений от нормативных режимов, протекающих в массиве гидродинамических и геотехнических процессов, что в конечном итоге обеспечивает повышение надежности грунтовых оснований сооружений и увеличение сроков их безопасной эксплуатации [21]. Этот способ может быть использован при укреплении и обустройстве оснований с любыми грунтовыми условиями, в том числе на слабых водонасыщенных грунтах, при возведении сооружений в прибрежных водах на глубинах до 2-2,5 метров, укреплении береговой полосы, а также укреплении опорных грунтов в условиях вечной мерзлоты и других слабых зыбких опорных грунтов.

В зависимости от физико-механических характеристик грунтов и задач, которые решаются при армировании, выбираются характер расположения армирующих элементов и технология их выполнения в таблице 1.1 [3].

Армирующие элементы располагались горизонтально, вертикально [51] и хаотично. Вертикально расположенные армирующие элементы чаще всего применяют для устранения просадочных свойств основания, повышения прочности и устойчивости слабых водонасыщенных, насыпных, рыхлых и других видов грунтов. Армирование вертикальными элементами также целесообразно применять под полами, технологическим оборудованием и для повышения устойчивости насыпей [3].

Таблица 1.1. Классификация способов армирования оснований [3,41]

№ п/п	Методы и способы армирования	Направление армирования	Область применения
1	Устройство армированных элементов путем пробивки, продавливания и раскатки скважин, с последующим их заполнением материалами с повышенной прочностью	Вертикальное	Укрепление и упрочнение оснований, сложенных лессовыми просадочными, насыпными и рыхлыми пылеватоглинистыми грунтами
2	Устройство грунтоцементных свай	Вертикальное	Укрепление и усиление оснований, сложенных лессовыми просадочными и слабыми водонасыщенными грунтами
3	Устройство буроинъекционных свай	Вертикальное, наклонное	Укрепление и усиление лессовых просадочных, насыпных, намывных и слабых водонасыщенных грунтов
4	Устройство песчаных свай	Вертикальное	Упрочнение и укрепление оснований, сложенных слабыми водонасыщенными грунтами, илами и илистыми грунтами
5	Устройство известковых и грунтоизвестковых свай	Вертикальное	Упрочнение и усиление оснований, сложенных слабыми водонасыщенными и лессовыми просадочными грунтами, илами и илистыми грунтами
6	Устройство забивных и набивных свай	Вертикальное	Усиление и укрепление оснований, сложенных структурно-неустойчивыми и слабыми водонасыщенными грунтами
7	Устройство армированных элементов путем закрепления грунтов силикатизацией, смолизацией и др. химическими растворами	Вертикальное, горизонтальное, наклонное	Упрочнение и укрепление оснований, сложенных лессовыми просадочными, рыхлыми песчаными и насыпными, а также слабыми водонасыщенными грунтами
8	Устройство армированных элементов с использованием высоконапорных инъекций	Вертикальное, горизонтальное, наклонное	Укрепление и упрочнение оснований, сложенных всеми видами грунтов
9	Армирование грунтов с использованием высокопрочных геосинтетических материалов	Вертикальное, горизонтальное, наклонное	Упрочнение и укрепление оснований, сложенных всеми видами грунтов

### 1.3. Виды арматуры и ее применение

Применение арматуры в строительстве уже давно стало самым обычным делом. В большинстве случаев ее используют в качестве растяжителя либо, напротив, в сжатых зонах конструкции с целью их усиления. Для того чтобы правильно определить необходимое количество арматуры для той или иной постройки, следует предварительно рассчитать, какое количество нагрузки будет приложено на каждый ее элемент [58].

В соответствии с основными признаками и назначением, арматуру зачастую можно разделить на множество различных видов. По способу производства она бывает горячекатаной стержневой, и холоднотянутой проволоочной. Отличительная черта стержневого типа - разнообразие диаметров. Кроме того, она может изготавливаться и поставляться в разных вариантах - в мотках или в прутках [58].

Горячекатаную арматуру, в свою очередь, можно разделить на два подвида, исходя из технологии упрочнения. Термически прочная, которая подвергается термической обработке; второй подвид - упрочненная волочением, то есть холодным способом.

Арматура жестких видов, которая производится в форме швеллеров, уголков или двутавров, до момента полного застывания бетона используется как металлическая конструкция на нагрузку собственного веса (то есть веса бетонной смеси и опалубки). Применяются такие виды чаще всего для создания монолитных перекрытий, а также колонн, поддерживающих нижние этажи в многоэтажных зданиях, рисунок 1.6 [58].

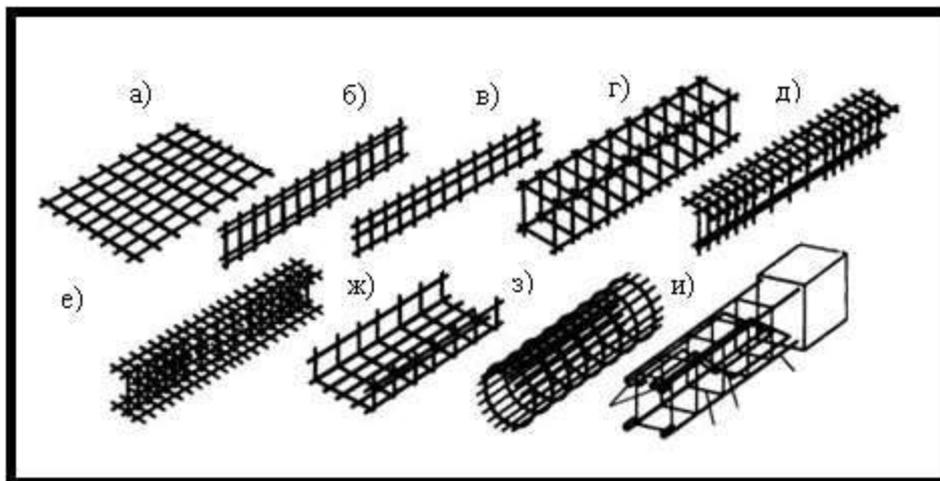


Рисунок 1.6. Примеры арматурных элементов:

а) сетка плоская; б), в) – плоские каркасы; г) пространственный каркас; д) каркас таврового сечения; е) то же, двутаврового сечения; ж) гнутый каркас; з) цилиндрический каркас; и) каркас вязаный с отогнутыми стержнями: 1 – концевые крюки; 2 – нижние рабочие стержни; 3 – рабочие стержни с отгибами; 4 – хомуты [57]

### 1.3.1. Стальные изделия

Задавшись вопросом, какая бывает арматура, сложно получить исчерпывающий ответ в нескольких абзацах. Арматуру можно разделить на виды по самым разным характеристикам: по форме профиля, по назначению, по материалу изготовления, по технологии производства, по особенностям нагрузки в конструкциях из железобетона. И это еще далеко не все, однако остановимся на основных группах.

Итак, арматура бывает круглой и квадратной. Квадратная арматура поставляется исключительно в горячекатаных стальных прутках, со стороной квадрата от 5 до 200 мм. Углы могут быть как острыми, так и притупленными.

Квадратные изделия, чаще всего, пользуются спросом при создании конструкций в качестве угловых опор, а также при создании заборов разной сложности [58].



Рисунок 1.7. Профили арматуры [58]

Круглая арматура, в свою очередь, по профилю делится на гладкую и рифленую. Последняя представляет собой прутки с равномерным рифлением разного вида – все они преследуют цель более надежного сцепления с бетоном. Рифленая арматура обязательно имеет два продольных ребра, между которыми по спирали проходит рифление [58].

Требуемые механические свойства обеспечиваются при изготовлении самой стали. Для производства нужной арматуры используют не только углеродистую сталь, но и материал, легированный марганцем и кремнием. Еще более прочные, но и более дорогие изделия легируют титаном и хромом. По степени прочности на разрыв изделия делят на стержневые и проволоочные [58].

Цель металлургов – изменение кристаллической структуры стали, которая приобретает повышенную прочность на разрыв. Помимо этого, арматуру делят на поперечную и продольную. Если последняя, стойко противостоит растягивающему напряжению и препятствует образованию вертикальных трещин, то поперечная помогает избегать образования наклонных трещин от скалывающих напряжений, что особенно актуально для опор.

Арматуры также делят на следующие виды: арматурные сетки, каркасы из арматуры и штучная арматура. Арматурная сетка состоит из перекрещивающихся стержней, которые соединяются в местах пересечений проволокой для вязки или сваркой. Применяют готовые сетки в качестве.

Каркасы из арматуры делают из продольных круглых прутков и соединяющей их решетки. В обычном виде это плоские каркасы, из которых при необходимости собирают пространственные каркасы. Их применение, в основном, сконцентрировано на армировании колонн и балок [58].

### 1.3.2. Нержавеющая арматура

Все виды арматуры из стали обладают существенным минусом, который ограничивает сроки хранения и использования – сталь подвержена коррозии, не говоря уже об излишней степени расширения, теплопроводности, проведении электричества и намагничивании.

Именно поэтому альтернативная арматура из полимерных материалов и минеральных волокон (стекловолокно, базальтовое волокно) после тщательного анализа очень активно внедряется в производство.

Внешний вид композитной арматуры позаимствован у рифленой металлической – многочисленные ребра обеспечивают плотное сцепление с бетоном. В остальном же между изделиями существенная разница.

Удельный вес готовых прутков из полимеров и стекловолокна в четыре раза меньше аналогичных по диаметру металлических. Прочность композитных материалов выше, что позволяет при создании конструкций с соблюдением прочностных характеристик уменьшать вес каркасов разной сложности до 10 раз! Следовательно, на фундамент сооружения оказывается существенно меньшая нагрузка, а значит, его параметры могут быть изменены в сторону уменьшения [58].

Высокая стойкость к коррозии и химическим воздействиям позволяет свободно использовать композитную арматуру даже при сооружении подводных конструкций в соленой морской воде – сроки эксплуатации, указанные производителем, она отработает. Отсутствие коррозии повышает надежность и долговечность конструкций.

Теплопроводность композитных изделий в 100 раз ниже, чем у металлических. Следовательно, помещения, построенные с ее применением, существенно теплее – стены удерживают тепло и не пропускают холод. Проведение работ возможно без привлечения тяжелой техники.

Эпоксидные смолы и минеральные волокна, используемые при производстве арматуры, не проводят электричество и не намагничиваются. Такие свойства незаменимы в военной и медицинской сферах, при сооружении аэропортов и других зданий, оборудованных высокоточной техникой [58].

### 1.3.2. Мини-арматура – фибровые волокна

Помимо традиционной арматуры в виде прутков, все чаще строители прибегают к армированию бетонных конструкций с помощью фибрового волокна. Впрочем, фибра – это лишь усовершенствованный вариант старых способов повышения прочности строительных смесей, в которые добавляли камыш, солому и даже овечью шерсть [58].



*Рисунок 1.8. Фибровые волокна [58]*



*Рисунок 1.9. Фибровые волокна в грунте [58]*

Современные фиброволокна изготавливаются из стали (мелкие отрезки проволоки из низкоуглеродистой стали), полипропилена, стекловолокна и синтетического материала полиамида.

Фиброволокна препятствуют возникновению усадочных трещин, с их помощью достигается более высокая плотность бетона, устойчивость к вибрациям и изменению температурных режимов.

Материал обретает большую прочность на изгиб и растяжение, стойкость к расслаиванию [58].

Бетон стоек к истиранию и воздействию химических средств (в случае применения стекловолокна, полиамида, полипропилена), именно поэтому его применяют при строительстве дорожных полотен и взлетно-посадочных магистралей на аэродромах [58].

## Глава 2. Особенности инженерно-геологических условий территории города Ленинск-Кузнецкий

### 2.1. Физико-географические условия территории исследования

История города Ленинск-Кузнецкий начинается с маленькой заимки Кольчугино. Первое упоминание о населенном пункте Кольчугино в списках деревень Кольчугинской губернии относится к 1763 году. С начала девяностых годов XIX века Кольчугинская копь становится своего рода угледобывающей столицей Алтайского округа. 10 июля 1922 года Президиум ВЦИК переименовал поселок Кольчугино в Ленино, а 6 июня 1925 года поселок Ленино был возведен в ранг города с названием Ленинск-Кузнецкий [8,42].

Город Ленинск-Кузнецкий расположен в западной части Кемеровской области (Кузбасса), в центре Кузнецкой котловины. Расстояние до Москвы – 3200 км, областного центра – 90 км, крупнейших городов Западной Сибири (Новосибирска, Томска, Барнаула) - в пределах 250 – 350 км. Ближайшим соседом Ленинска-Кузнецкого является Полысаево, тридцатитысячный шахтерский город, располагающийся на юго-западе от него [8,42].



Рисунок 2.1. Расположение района исследований [63]

 Район работ

Основное природное богатство территории – каменный уголь. Горные отвалы шахт занимают 65-70% территории Ленинска-Кузнецкого [8,42].

По качественным показателям это длиннопламенные и газовые угли с малой зольностью и очень низким содержанием серы и токсичных примесей. Большая часть добываемых углей используется для энергетических целей, меньшая – для металлургии (коксование). Угли некоторых пластов могут быть использованы для получения искусственного жидкого топлива [8,42].

Город обеспечен сырьевой базой для производства кирпича. Месторождения строительных песков (некондиционных) расположены в пойменной части р. Иня на территории, административно относящейся к Ленинск-Кузнецкому району.

Также за пределами города расположены месторождения кварцевых песков, третичных глин, известняков. Вблизи села Красное известно месторождение марганца.

Город расположен на пересечении автомобильных дорог с усовершенствованным покрытием Кемерово - Новокузнецк и Новосибирск - Ленинск-Кузнецкий. Существующая автодорожная сеть обеспечивает связь с югом и севером Кузбасса и выход в близлежащие регионы – Новосибирскую область, Алтай и Алтайский край, Томскую область. На территории города имеется три железнодорожные станции, автовокзал [8,42].

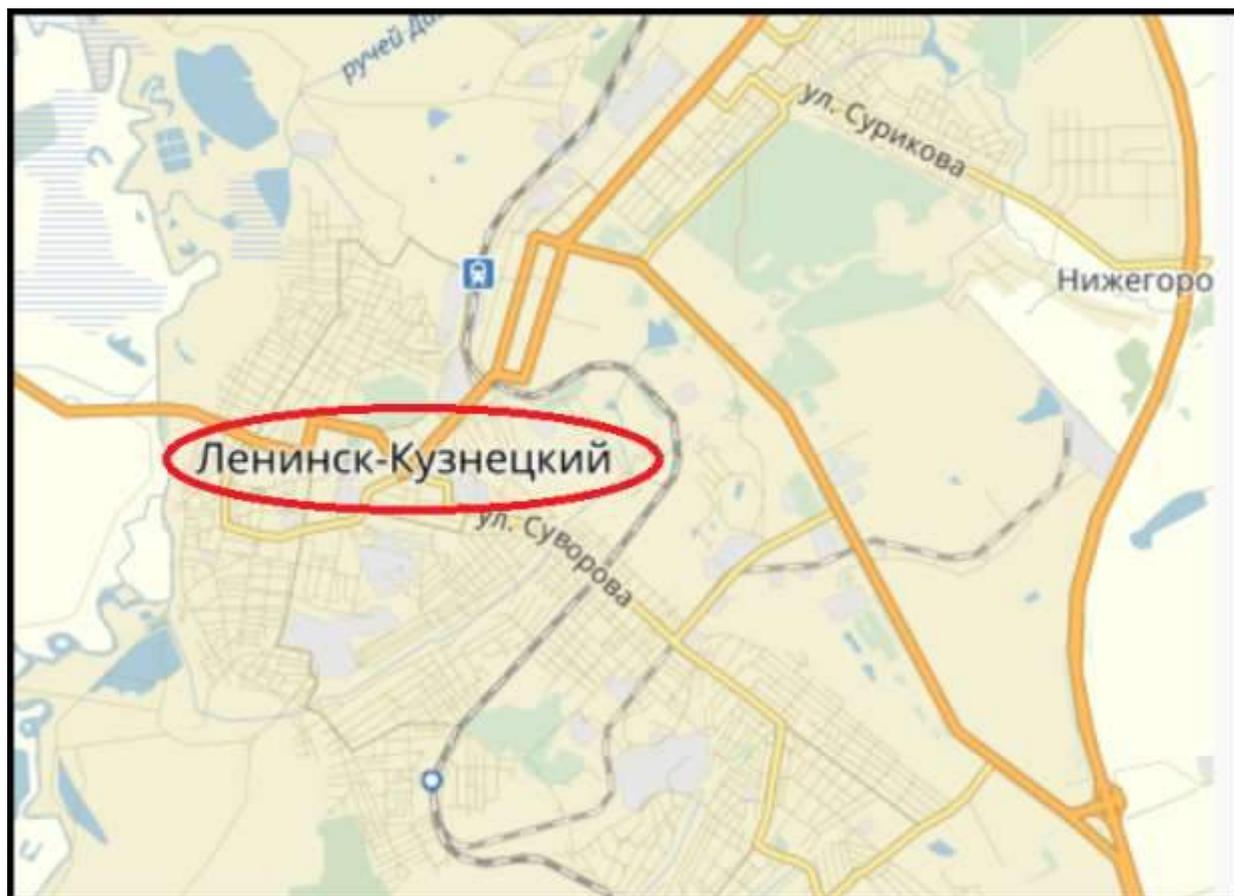


Рисунок 2.2. Карта-схема Ленинск-Кузнецкий район [62]

В 30-х годах на Ленинском руднике вступили в строй крупные шахты: им. 7-го Ноября, «Журилка-3», «Комсомолец», им. Кирова, «Полысаевская». Одновременно строились шахтёрские посёлки [8,42].

В 1939 году была разработана схема расселения г. Ленинска-Кузнецкого, согласно которой новое строительство намечалось как продолжение существующего города с созданием двух посёлков – Егоровского и Байкаимского – для отдалённых шахт.

В настоящее время г. Ленинск-Кузнецкий является городом областного подчинения и центром Ленинск-Кузнецкого района Кемеровской области [8,42].

## 2.2. Климатические особенности

**Климат района.** Район изысканий входит в климатический район I В. Климат района работ – резко-континентальный, с холодной продолжительной зимой и коротким теплым летом. Средняя многолетняя температура воздуха в январе составляет (–17,8 °С), в июле – (+18,7 °С). Среднегодовая температура воздуха 0,6 °С. Климатические характеристики района по данным ближайшей метеостанции «Белово» приведены в таблице (2.1) [136].

Таблица 2.1. Климатическая характеристика района [136]

Характеристики	Ед. изм	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	год
Средняя многолетняя температура воздуха	Град	-17,8	-16,2	-8,5	1,9	10,1	16,5	18,7	15,4	9,6	2	-8,5	-15,8	0,6
Абсолютный минимум температура	Град	-51	-47	-40	-32	-10	-5	2	-3	-8	-29	-43	-47	-51
Абсолютный максимум	Град	6	11	18	30	34	36	38	36	33	27	16	8	38
Среднее многолетнее количество осадков	мм	14	12	13	24	40	58	70	53	36	34	26	19	399
Число дней с осадками > 5,0 мм	Дни	0,03	0,2	0,2	2,1	2,7	3,4	4,5	3,3	2,4	1,7	0,9	0,4	22,0
Суточная изменчивость температуры воздуха	град	10,3	11,3	10,5	11,3	13,6	13,6	12,5	12,9	12,6	9,2	8,7	9,5	-
Число дней с метелью	Дни	10	8	6	1	0,1	-	-	-	-	1	8	10	44
Число дней с гололедом	Дни	-	2	-	1	-	-	-	-	-	2	2	1	3
Число дней с туманами	Дни	8	7	2	0,4	0,3	0,3	1	2	2	1	3	7	34
Среднемесячная упругость водяного пара	М.Б	1,4	1,6	2,6	5	7,2	11,9	15,4	13,4	9,2	5,4	2,8	1,8	6,5
Средний Месячная относительная влажность воздуха	%	75	74	73	66	58	64	70	73	72	74	76	75	71
Средняя многолетняя и годовая скорости ветра	м/с	3,2	3,1	3,4	3,5	3,5	2,9	2,2	2,3	2,6	3,5	3,9	3,6	3,1
Преобладающее направление ветра	румб	Ю. Ю-З												
Среднее число дней с ветром > 15м/с	Дни	2,2	1,0	1,4	0,6	1,0	0,3	0,2	0,2	0,6	1,2	2,2	2,8	14
Глубина промерзания грунта-(СНИП 12.02.01-83)	см	188												
Скорость ветра вероятность превышения которой составляет 5 %	м/с	13												

На территорию области поступают арктические, тропические воздушные массы и умеренных широт. Они бывают континентальными и морскими. Господствующая воздушная масса – континентальный воздух умеренных широт, холодный зимой и теплый летом, - это одна из причин континентального климата области. Подстилающая поверхность благоприятствует свободному перемещению как теплых, так и холодных воздушных масс, смена которых вызывает изменчивость погоды.

По степени увлажнения данный район относится к умеренной зоне [43]. Количество осадков неравномерно в разные времена года. Весной выпадает меньше осадков, чем в другие сезоны. Годовое количество атмосферных осадков 585 мм, из них 380 мм выпадает в теплый период с максимумом (77 мм) в июле. Наибольший наблюдаемый суточный максимум осадков составляет 82 мм. Интенсивность дождя за интервал 20 мин. равна 1,3 мм/мин. В зимнее время осадки образуют снежный покров. Продолжительная и холодная зима благоприятствует значительному накоплению снега. Устойчивый снежный покров образуется в среднем к началу ноября и лежит всю зиму. Наибольшей высоты достигает в феврале – марте – 20-30 см. Высота снежного покрова зависит также от особенностей рельефа, растительного покрова и господствующих ветров. Сильными ветрами снег сдувается с возвышенностей и открытых мест, накапливаясь в низинах и колках [43]. Нормативная глубина сезонного промерзания вычислена по сумме отрицательных температур и составляет 189 см. Наибольшая снеговая нагрузка 150 кг/м<sup>2</sup>. В течение года преобладают ветры юго-западного направления.

Среднегодовая скорость ветра 3,7 м/сек. Наибольшая скорость (4,2 м/сек) отмечается в октябре-ноябре, наименьшая (2,9 м/сек) в июле-августе. В году бывает в среднем 15 дней с ветрами скоростью более 15 м/сек. На зимний период приходится 45% дней с инверсиями. Число дней с туманами 26 в год, основная доля туманов приходится на холодное время [8,25].

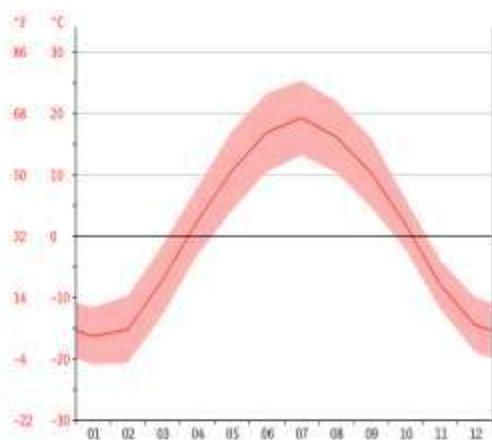


Рисунок 2.3. График изменений температуры [59]

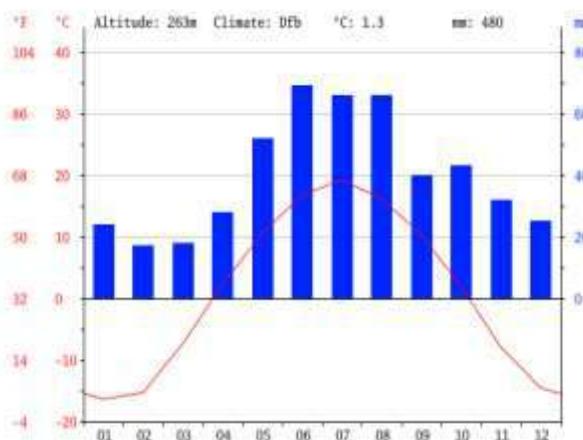


Рисунок 2.4. График изменений осадков [59]

Разница между количеством осадков между самым сухим и самым влажным месяцем - 52 мм. Средняя температура меняется в течение года на 35.6 °С .

Июль является самым теплым месяцем года. Температура в июле в среднем 19.2 °С. Январь имеет самую низкую среднюю температуру года. Это -16.4 °С.

Самый засушливый месяц - февраль с осадками 17 мм. Большая часть осадков выпадает в июнь, в среднем 69 мм [59].

### 2.3. Гидрологические особенности

Гидрографическая сеть Кузбасса принадлежит бассейну верхней Оби и представлена густой сетью нескольких крупных рек (Томь, Иня, Кондома, Мра-Су) и их многочисленными притоками малых и средних рек, озерами, болотами, водохранилищами [7].

**Река Томь** - Томь берет свое начало в Кузнецком Алатау и имеет общую длину 839 км. На территории Кузнецкого бассейна ее длина составляет 420 км. В пределах западных склонов Кузнецкого Алатау и Салтымаковского хребта Томь является типично горной рекой с узкой глубоко врезанной долиной; в северной части бассейна происходит выполаживание русла и образуется широкая разработанная долина. Площадь водосбора р. Томи у Новокузнецка составляет 29 800 км<sup>2</sup>, максимальный многолетний расход – 8760, средний – 928, а минимальный – 61,6 м<sup>3</sup>/с. Наивысший уровень воды у Новокузнецка за последние 10 лет составил 732 см, у пос. Крапивино – 918 см, а у г. Кемерово – 1019 см [7].

**Иня** – Иня начинается с Тарадановского увала и впадает в р. Обь. Площадь водосбора ее у ст. Промышленной составляет 7910 км<sup>2</sup>, у Ленинска-Кузнецкого – 5460 км<sup>2</sup>. Долина реки широкая, плоская, с крутым правым бортом. Средний многолетний расход р. Ини для поста у ст. Промышленной – 230 м<sup>3</sup>/с, у Ленинска-Кузнецкого – 318 м<sup>3</sup>/с. Максимальный расход соответственно составляет 737 и 713 м<sup>3</sup>/с [7]. Бассейн р. Ини на востоке и северо-востоке граничит с бассейном р. Томи, а на юге – с бассейнами рек Чулым и Бердь. Лесные массивы расположены в верховьях р. Ини и ее притоков (рек Бачат, Ур, Касьма и др.). Лес представлен березово-осиновыми колками и лесопосадками на рекультивируемых землях (сосна, облепиха). В районе г. Ленинска-Кузнецкого бассейн р. Ини открытый, частично распахан, частично нарушен добычей угля открытым способом. Русло реки сильноизвилистое, хорошо разработанное, берега крутые, местами обрывистые высотой 3-5 м, сложены суглинками.

Ширина потока в межень 15-20 м, глубины от 0,7 м на перекатах до 2 м на плесовых участках. Течение спокойное. Межень на реке зарегулирована Беловским водохранилищем [8].



Рисунок 2.5. Река Иня

Среди рек бассейна наибольшее отрицательное воздействие на освоение угольных месторождений оказывают реки Томь и Иня [7].

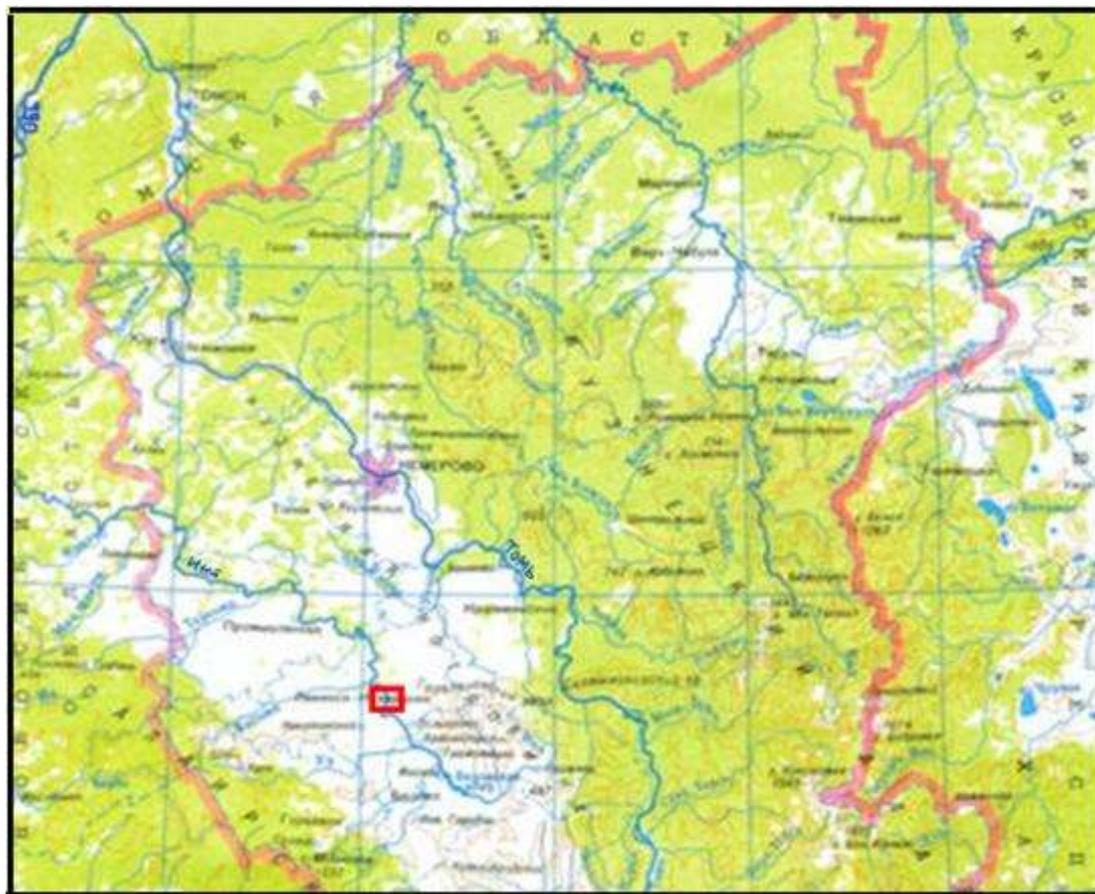


Рисунок 2.6. Реки района [64]

**Озера** - Общее количество озер (вместе с речными старицами) составляет 850, суммарной площадью  $101 \text{ км}^2$ , что составляет 0,1 % от всей площади Кузбасса. В области преобладают пойменные озера. Они возникли в речных долинах в результате прокладывания реками новых русел. Старые русла постепенно отрывались от новых и превращались в старицы, а затем в озера [44]. Особенно много их в долинах крупных равнинных рек и, в частности, в долине реки Иня. Много пойменных озер, в равнинной части широких долин рек Томь, Кия и Яя. В долине реки Кия их насчитывается более 100, некоторые имеют протяженность до нескольких километров [44]. Озер площадью более  $1 \text{ км}^2$  всего 5: Б. Бирикчуль –  $25 \text{ км}^2$ , М. Бирикчуль –  $2,2 \text{ км}^2$ , Моховое, Б. Базар, Шумилка – по  $1 \text{ км}^2$ . Особняком стоят 65 высокогорных озер Кузнецкого Алатау, заполненных хрустально чистой водой и имеющих в перспективе, туристское направление использования. Также для Кузбасса характерно наличие искусственных озер, образованных в результате добычи угля и полезных ископаемых. В целом в Кузбассе небольшое количество изолированных озер вне речных долин.

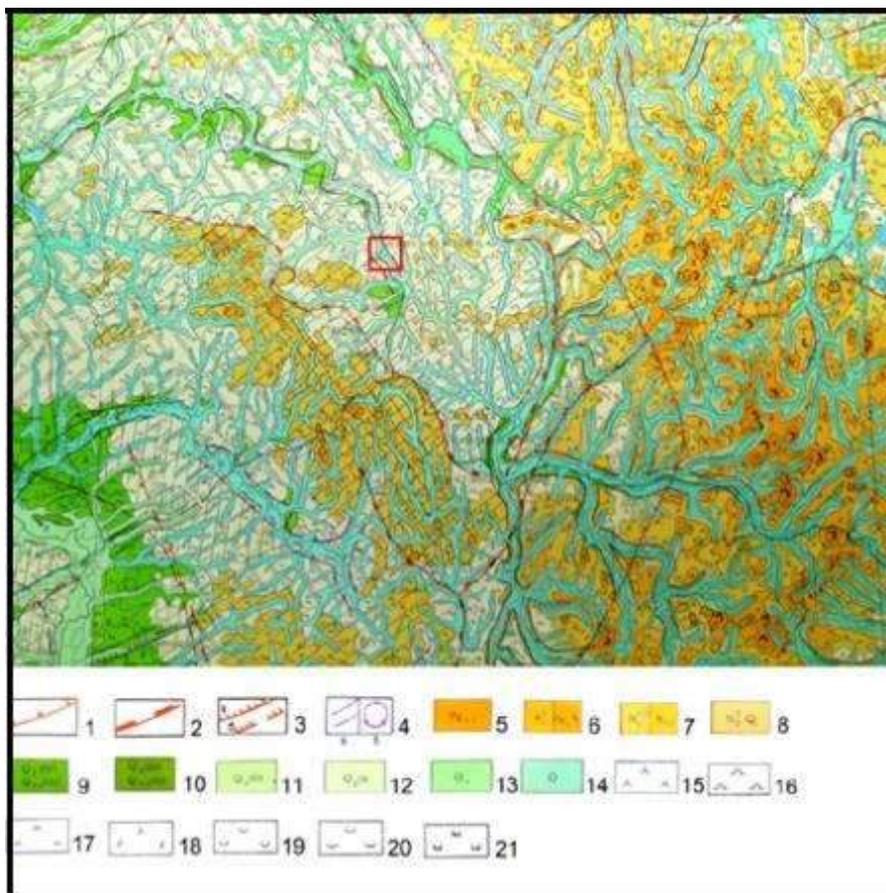
**Болота** - На территории области болота занимают площадь  $908 \text{ км}^2$ , что составляет 1 % от территории Кузбасса. Из них наиболее крупные это: Антибесское –  $102 \text{ км}^2$ , Усть-Тяжинское –  $40 \text{ км}^2$ , Шестаковское и Новоивановка – по  $24 \text{ км}^2$ .

**Водохранилища, пруды** - На территории Кемеровской области имеется множество водохозяйственных систем: водохранилища, пруды, гидроотвалы, отстойники, золоотвалы, мелиоративные системы, системы технического водоснабжения

промышленных предприятий, электростанций, системы очистки сточных вод и коллекторно-дренажных вод общим числом более 2 тыс. шт [60,44].

#### **2.4. Геоморфологические условия**

Геоморфологическое строение Кузбасса нашло свое отражение на обзорных геоморфологических картах масштабов 1:5000000 – 1:2500000, где его территория показана как современная межгорная впадина Рисунок 2.7.



*Рисунок 2.7. Фрагмент геоморфологической карта района Кузнецкой впадины по [Геоморфологическая..., 1969]*

*1-3 – древние разломы: 1 - разломы и флексуры, выраженные в рельефе четкими уступами поверхностей выравнивания и террас, 2 – сбросы и надвиги, выраженные в рельефе крутыми склонами, уступами, 3 – линейные нарушения, выраженные а – уверенно, б – предполагаемые; 4 – доплейстоценовые речные долины. 5-8 – поверхности выравнивания: 5 – четвертая, поздний эоцен-олигоцен, 6 – третья, олигоцен-миоценовая, 7 – вторая, миоцен-плиоценовая, 8 – первая, поздний плиоце-раннечетвертичная. 9-14 – речные террасы: 9 – четвертая надпойменная, ранне-среднечетвертичная, 10 – третья надпойменная, средне-позднечетвертичная, 11 – вторая надпойменная, 12 – первая надпойменная, позднечетвертичная, 13 – пойма, голоценовая, 14 – нерасчлененные четвертичные. 15-21 – микрорельеф: 15 – холмистый, 16 – плоско-холмистый, 17 – холмисто-увалистый, 18 – грядово-холмистый, 19 – западинный, 20 – гривно-западинный, 21 – холмисто-западинный [23]*

Город Ленинск-Кузнецкий и его окрестности расположены в пределах Кузнецкой котловины на правом террасированном берегу р. Иня. Кузнецкая котловина занимает центральную часть Кемеровской области. На западе её ограничивает Салаирский кряж, на востоке – Кузнецкий Алатау, на юге – Горная Шория, на севере она плавно переходит в пределы Западно-Сибирской равнины. Эта область в течение длительного промежутка времени является ареной отложений, а не размыва.

Котловина в целом имеет вогнутое строение и характеризуется преобладанием волнистой эрозионной равнины, которая расчленена густой сетью широких и пологосклонных долин и балок. Долины рек (Томь, Иня и их притоки) хорошо разработаны и имеют ширину от 5 до 20 км, глубоко врезаются в коренные породы.

Отметки водоразделов в южной части котловины составляют 500-550 м, в центре снижаются до 300-350 м, на севере до 200-250 м [43].

Самым низким местом котловины является долина реки Томи с отметками поймы 100-120 м. Территория восточной окраины Кузбасса в целом представляет собой слабо всхолмленную возвышенную равнину, поднимающуюся на 250-400 м над уровнем моря. Наблюдается общий пологий наклон по направлению с юга, юго-востока на северо-запад [8,26,43].

Эту же точку зрения иллюстрирует карта четвертичных отложений (**Карта..., 2001**) на основании которой можно сделать вывод, что Кузнецкая впадина имеет свободные выходы на севере и юге на Чулымскую и Бийско-Барнаульскую (Предалтайскую) равнины (Рисунок 2.9).

Город расположен на слабо всхолмленной возвышенной равнине, находящейся на высоте 250-300 м над уровнем моря, расчлененной долинами рек и логов, образующих густую сложную сеть.

Рельеф территории имеет увалисто-равнинный характер, для него характерны широкие плоские водоразделы, длинные склоны крутизной до 10°. Склоны и поверхности водоразделов слабо расчленены пологими мелкими руслами ручьев, долинами сухих логов, балок.

Речные долины обычно хорошо разработаны, равнинного типа, с выпуклыми склонами, широкими заболоченными днищами, по которым меандрируют русла рек [8].

## **2.5. Геологическое строение**

Несмотря на многочисленные исследования различных авторов, единых взглядов на геотектоническое положение Кузбасса в системе Саяно-Алтайской складчатой области в настоящее время нет [46]. Отдельные исследователи считают бассейны межгорной впадиной, другие – краевым прогибом.

Однако, по мнению большинства исследователей (А.А. Белицкий, И.И. Молчанов, Э.М. Пах, А.В. Тыжнов), Кузнецкий бассейн представляет собой крупный синклиниорий, заложенный в среднем и развивающийся преимущественно в позднем палеозое. На первом этапе своего развития он представлял краевой прогиб, который в более позднее время превратился в межгорную впадину [136,45].

На северо-западе Кузнецкий бассейн по Томскому надвигу граничит с Колывань-Томской складчатой областью, представляющей позднегерцинскую структуру с длительной историей развития [7,47]. Кузнецкий Алатау и Горная Шория ограничивают Кузбасс с востока и юго-востока. Они относятся к наиболее древним структурным элементам западной части Алтае-Саянской области, сформировавшимся в ходе аккреционных процессов на окраине Сибирского континента в конце раннего палеозоя.

В этих регионах распространены интенсивно дислоцированные метаморфические, осадочные и осадочно-вулканогенные толщи верхнего протерозоя, раннего и среднего палеозоя, а также разнообразные по составу магматические тела палеозойского возраста.

В среднем и позднем палеозое и мезозое Кузнецкий Алатау и Горная Шория представляли собой преимущественно низкогорные поднятия, продукты разрушения которых послужили основным источником осадочного заполнения Кузнецкого бассейна. В позднем палеозое, раннем и позднем мезозое в результате горизонтальных тектонических движений докембрийско-нижнепалеозойские комплексы Кузнецкого Алатау и Горной Шории испытали глыбовые дислокации и интенсивные поднятия, отразившиеся в осадочных толщах Кузнецкого бассейна в виде складчатости и разномасштабных, в том числе и крупных, разрывных нарушениях [8].

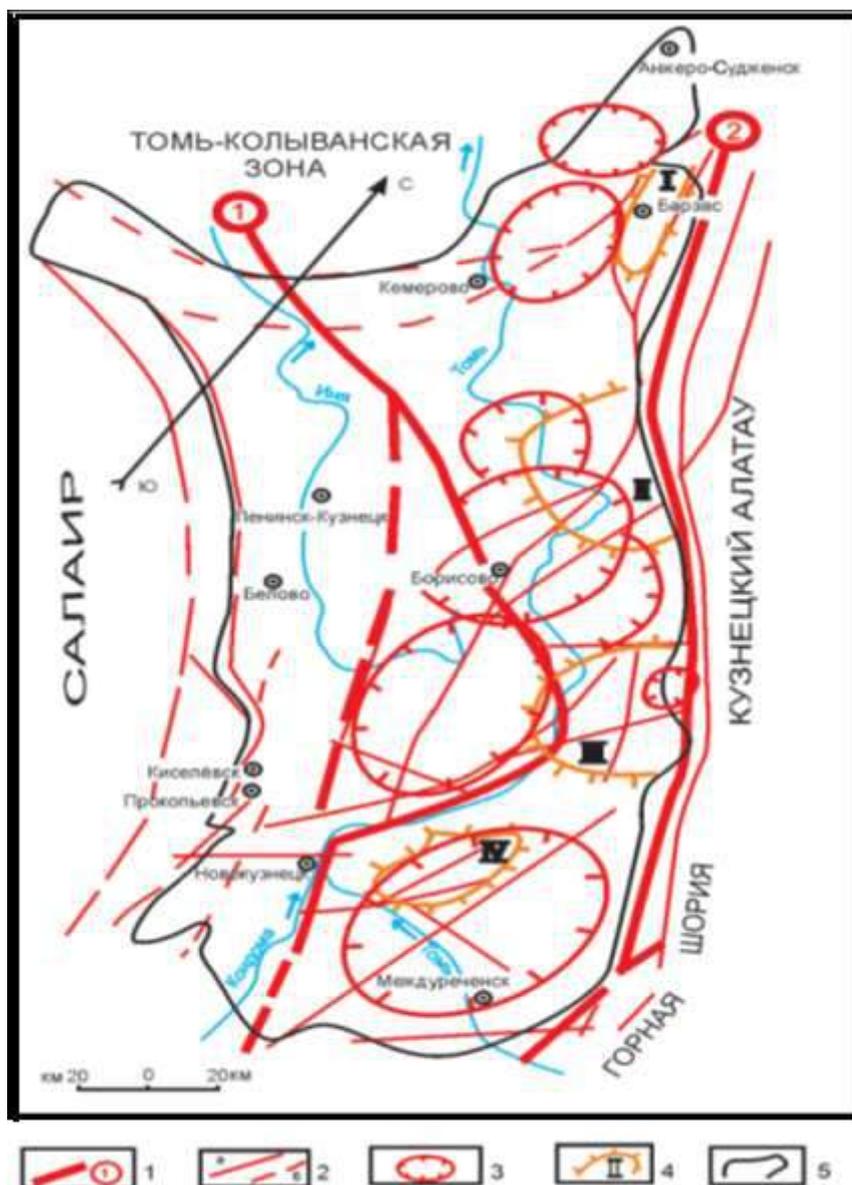


Рисунок 2.8. Тектоническая схема Кузнецкого прогиба [Черкасов, 2011]:  
 1 – граничные глубинные разломы Кузнецко-Алтауского рифта и их номера (1 –  
 Виноградовский, 2 – Кузнецко-Алтауский; 2 – прочие глубинные разломы;  
 а – установленные, б – предполагаемые; 3 – кольцевые структуры; 4 – купольные части  
 поднятий и их номера: I – Барзасское, II – Крапивинское, III – Терсинское, IV –  
 Абашевское; 5 – граница Кузнецкого прогиба [24]

В пределах Кузнецкой котловины развиты породы верхнепалеозойского возраста, сильно дислоцированные, включающие пласты углей. Коренные породы повсеместно покрыты четвертичными отложениями, литологически представленными глинистыми и аллювиальными отложениями речных пород [8].

Кузнецкая котловина представляет собой обширную синклиналиную структуру, сложенную породами нижнего карбона и перми. Небольшие прогибы в центральной и юго-восточной частях выполнены юрскими отложениями. Литологически юрские отложения представлены песчаниками, конгломератами, аргиллитами с редкими прослоями углей и суглинистых сланцев.

Четвертичные суглинистые отложения залегают на площадях водоразделов и склонов, а песчано-галечные слагают речные террасы по долинам реки Томи и её притоков [8].

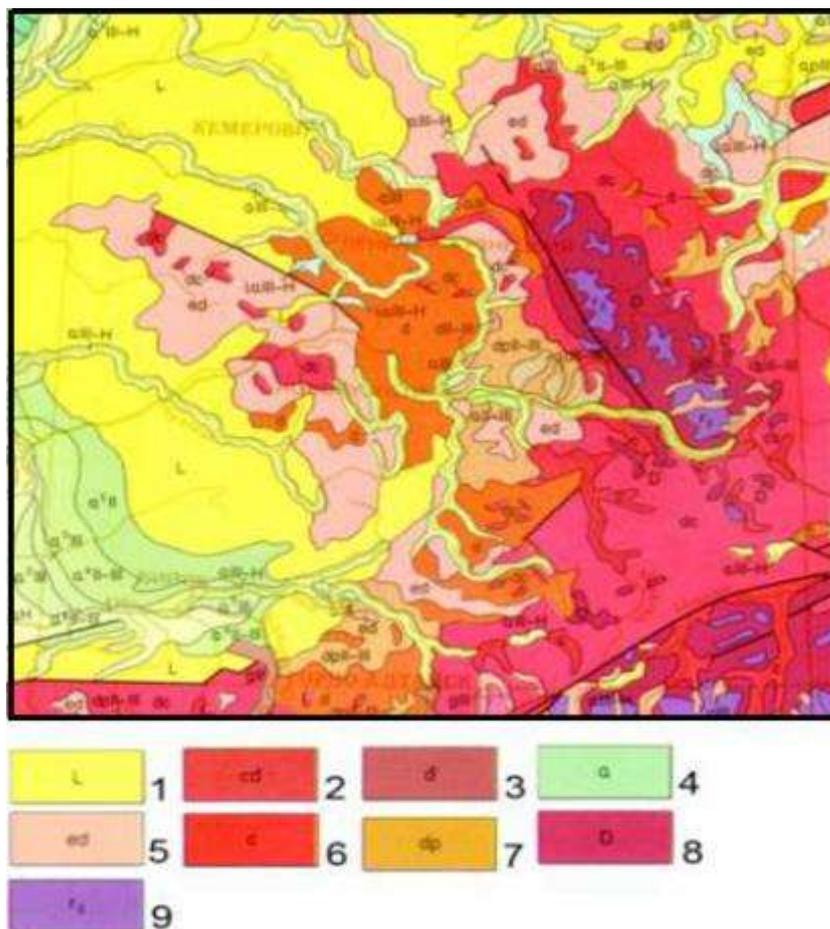


Рисунок 2.9. Фрагмент карты четвертичных отложений России на район Кузнецкой впадины, [Карта..., 2001].

Типы четвертичных отложений (1-8): 1 – лессовые, 2 – коллювиально-делювиальные, 3 – делювиальные, 4 – аллювиальные, 5 – элювиально-делювиальные, 6 – коллювиальные, 7 – делювиально-пролювиальные, 8 – десертационно-солифлюкционно-коллювиальные. 9 – дочетвертичные образования, Карта четвертичных образований России. Масштаб 1:5000000 / Ред. И.И.Краснова. 2001. - 4 листа [25]

В геологическом строении территории города Ленинск-Кузнецкий принимают участие сцементированные угленосные песчано-глинистые отложения кольчугинской серии верхней перми. Отложения кольчугинской серии разделяются (снизу-вверх) на казанково-маркинскую, ускатскую и ленинскую свиты. Общая мощность кольчугинской серии составляет около 2000 м [8]. Содержит около 40 пластов угля мощностью 0,8-7,1 м, суммарной мощностью 88,8 м и перекрытые практически повсеместно рыхлыми неоген-четвертичными осадками мощностью до 80 м [8].

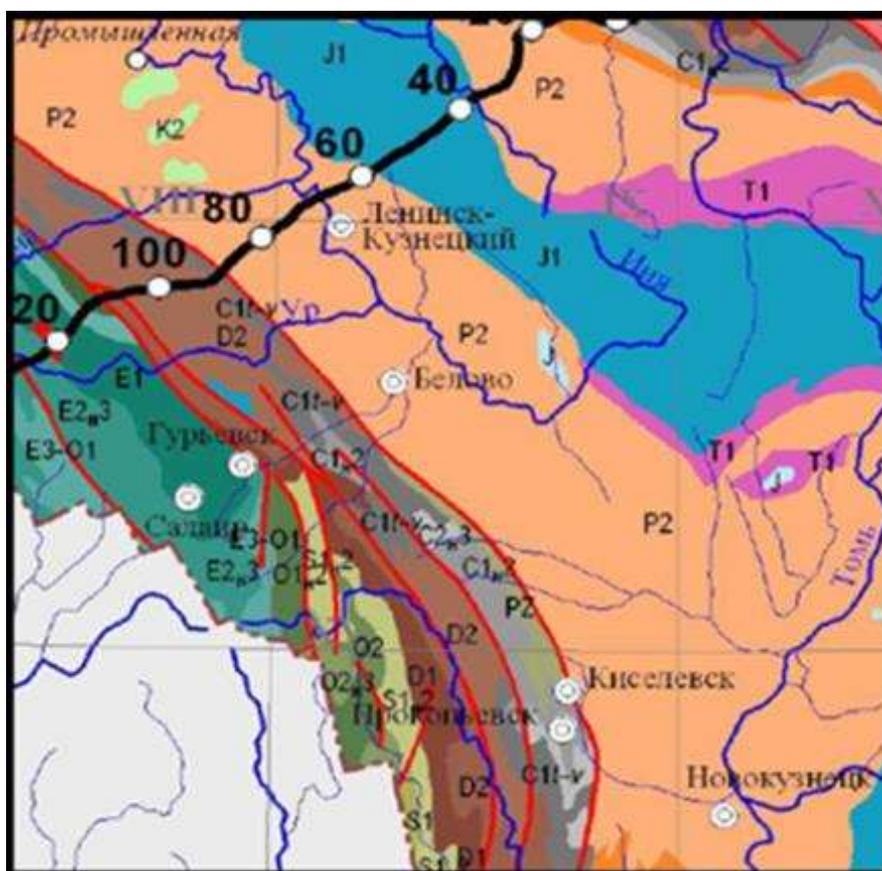


Рисунок 2.10. Геологическая карта района Ленинск-Кузнецкий

J1	J	T1	P2	C2-3	C1-2	C1t-V	D1	D2
1	2	3	4	5	6	7	8	9
E2-3	E1	O2-3	O2	O1-2	E3O1	S1-2	S1	Pz
10	11	12	13	14	15	16	17	18

**Условные обозначения** к рис.: 1 – Юрская система Нижний отдел; 2 Юрская система Нерасчлененные отложения –; 3 – Триасовая система Нижний отдел; 4– Пермская система . Верхний отдел; 5 – Каменноугольная система .Средний – Верхний отделы 6 – Каменноугольная система. Средний –средний отделы; 7– Каменноугольная система .Турники – вяземский ярусы; 8 – Девонская система Животский ярус; 9 – Девонская система .Нижний отдел ; 10 – Силурийская система .Нижний-верхний отделы; 11 – Силурийская система .Нижний отделы; 12 – Ордовикская система .Средний-верхний отделы; 13– Ордовикская система .Средний отделы; 14 – Ордовикская система .Нижний-средний-верхний отделы; 15 – Кембрийская система– Верхний отдел-ордовикская система нижний отдел; 16 – Кембрийская система .Средний – Верхний отделы ; 17– Кембрийская система . Нижний отдел; 18 – Палеозой нерасчлененные отложения.

## 2.6. Гидрогеологические особенности

В изучение гидрогеологических условий Кузнецкого бассейна большой вклад внесли Г.М. Рогов, Л.А. Соломко, В.К. Попов, Г.А. Плевако и др. Особенный интерес представляют обобщения по гидрогеологии Кузбасса, выполненные Г.М. Роговым, который впервые дал подробное описание гидрогеологических условий бассейна, произвел районирование территории и классифицирование шахтных полей и угольных месторождений по гидрогеологическим условиям разработки.

По фациально-геохимическим и гидрогеологическим особенностям Г.М. Рогов и Л.А. Соломко [33] в пределах Кузбасса выделяют шесть водоносных комплексов: 1) морских отложений; 2) лагунно-континентальных отложений балахонской серии ( $C_{1os}-P_{1bl}$ ); 3) континентальных отложений кольчугинской серии ( $P_2$ ); 4) мезозойских отложений; 5) магматических пород; 6) пород кайнозоя ( $Pg, Ng, Q$ ) [46].

Водоносный комплекс лагунно-континентальных отложений балахонской серии ( $C_{1os}-P_{1bl}$ ) пользуется довольно широким распространением в Кузбассе и характеризуется слабой водообильностью пород. Дебиты скважин, по данным Г.М. Рогова, не превышают 7,0 л/с, средние – 0,2–0,4 л/с. Притоки воды в шахты составляют 300–400, в карьеры – 30–50 м<sup>3</sup>/ч.

Водоносный комплекс континентальных отложений кольчугинской серии, особенно песчаников, характеризуется более высокой обводненностью пород по сравнению с вышеописанным. Наблюдается и уменьшение обводненности пород с глубиной, причем максимальная водообильность отмечается в верхних горизонтах до глубины 50–100 м, т. е. в зоне выветривания пород. Средние удельные дебиты скважин на водоразделах составляют: для глинистых пород – 0,01–0,1, песчаников – 0,2–0,4 л/с, в долинах рек достигают 1,0–3,0 л/с.

На глубине свыше 150 м удельные дебиты не превышают 0,1 л/с, в то время как максимальные их значения (до 5–6 л/с) отмечаются по скважинам в зоне выветривания. Повышенная водообильность также связана с зонами тектонических нарушений.

Отложения четвертого водоносного комплекса представлены песчано-глинистой толщей триаса, юры и мела. Наибольшее распространение среди них получили породы юрского возраста, выполняющие ряд крупных депрессий (Доронинскую, Чусовитино-Бунгарапскую, Подобасско-Тугуяскую), представляющих, по Г.М. Рогову, артезианские бассейны второго порядка [136].

Наибольшей водообильностью среди пород комплекса отличаются конгломераты и песчаники. Удельный дебит скважин нередко превышает 2,0–2,5 л/с, а при самоизливе достигает 45 л/с, эксплуатационные дебиты воды из скважин – 250–300 л/с.

Шестой водоносный комплекс ( $Pg, Ng, Q$ ) характеризуется крайне разнообразной водообильностью пород. При этом максимальной водообильностью обладают аллювиальные песчано-галечниковые отложения долин рек Томи, Кондомы, Ини и др. Так, по скважинам, пройденным в долине р. Томи, удельные дебиты превышают 8–15 л/с, в то же время расходы источников на водоразделах и их склонах оказались значительно ниже [7].

На обводненность пород Кузбасса наряду с геологическим строением и составом пород существенное влияние оказывают физико-географические условия.

Так, на участках развития балахонской серии в присалаирской, степной, слабоувлаженной зоне Кузбасса породы характеризуются низкой обводненностью.

Эти же породы в Пригорношорской, таежной, сильноувлаженной зоне имеют очень высокую обводненность, а максимальные притоки в шахты составляют 1000 м<sup>3</sup>/ч [7].

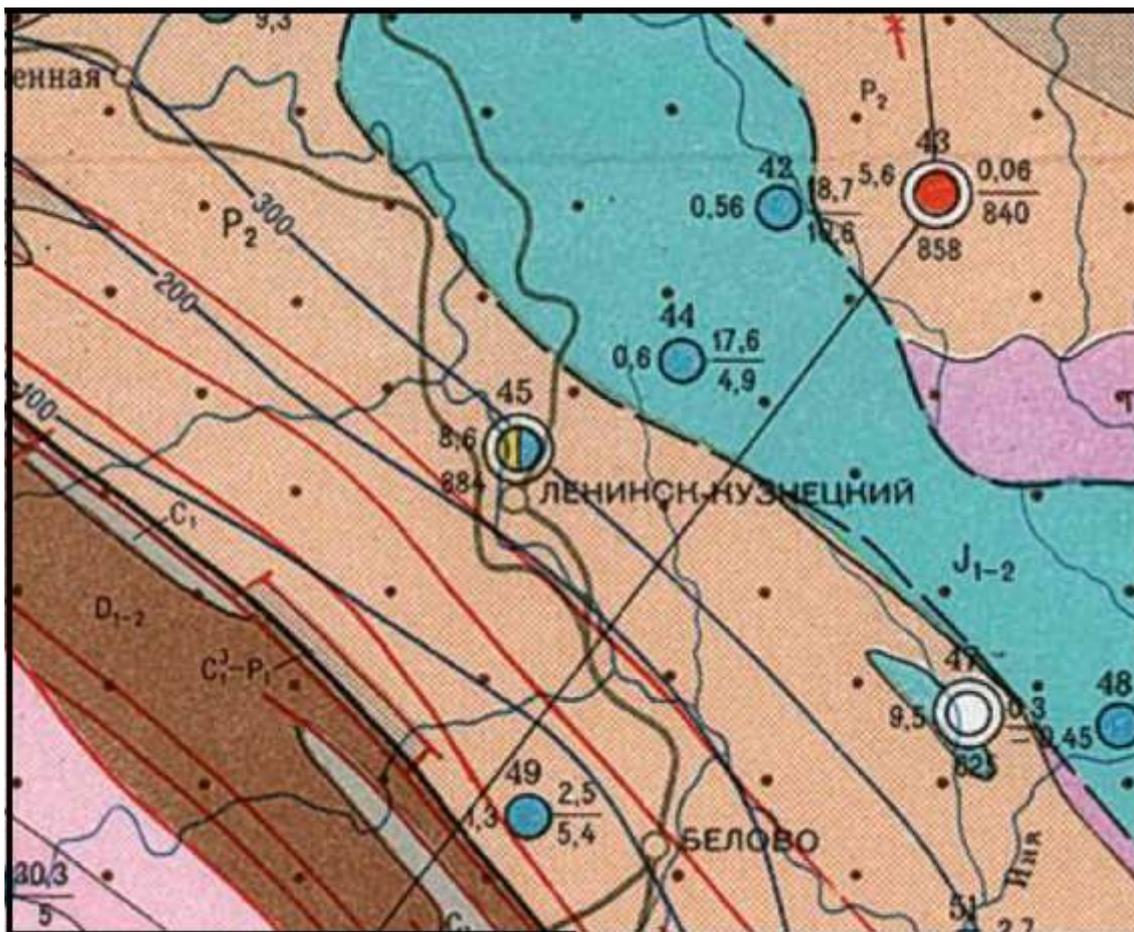


Рисунок 2.11 . Фрагмент гидрогеологической карты Ленинск-Кузнецкого района Кемеровской области [65]

J1-2	T1	P2	C3-P1	C1	D1-2
------	----	----	-------	----	------

**Условные обозначения к рис. 2.11 и 2.12**

1. Водоносный комплекс ниже-среднеюрских отложений. Конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты с пластами угля; 2 – Водоносный комплекс триасовых отложений. Конгломераты, песчаники, туфогенные песчаники, алевролиты, базальты; 3 – Водоносный комплекс верхнепермских отложений. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, пласты угля, мергели, сидериты; 4 – Водоносный комплекс нижекаменноугольных – нижепермских отложений. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, угли, конгломераты, сидериты; 5 – Воды зоны трещиноватости ниже-среднедевонских отложений. Эффузивы кислые и основные, их туфы, красноцветные песчаники, редко известняки; 6 – Воды зоны трещиноватости нижекаменноугольных морских отложений, Известковистые песчаники, алевролиты, мергели, известняки, аргиллиты.

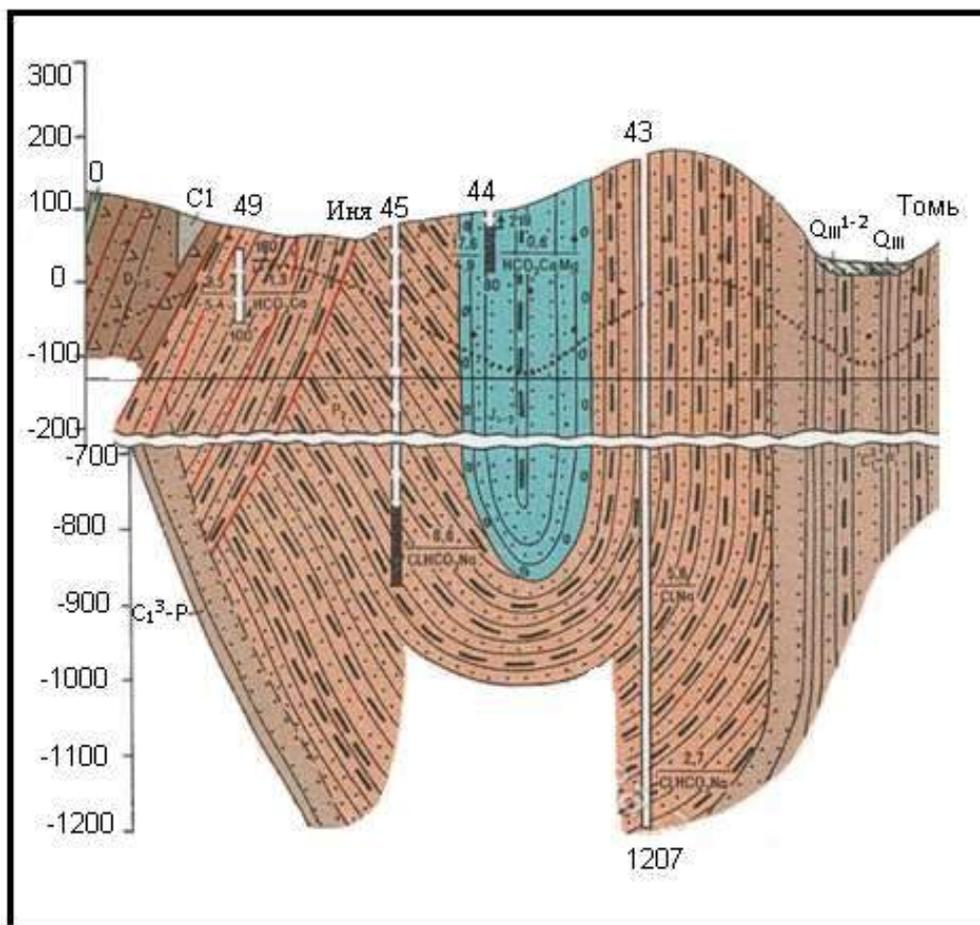


Рисунок 2.12. Гидрогеологический разрез [65]

Подземные воды широко используются для хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения населенных пунктов и промышленных объектов области.

Крупные города обеспечены разведанными запасами от 19,7% (г. Прокопьевск и г. Киселевск) до 81,4% (г. Белово). Такие города как Междуреченск и Ленинск-Кузнецкий полностью обеспечены запасами подземных вод.

Значительные объемы подземных вод извлекаются на поверхность при дренажных работах, сопутствующих добыче полезных ископаемых, и при водопонижении на ликвидированных шахтах [26].

## 2.7. Геологические процессы и явления

На исследуемой территории развиты такие геологические процессы, как подтопление и затопление территории и сейсмическая активность. Большое влияние на активизацию уже существующих экзогенных процессов и развитие новых оказывает антропогенное воздействие. В то же время, его степень остается недостаточно определенной. Большая часть территории описываемого района освоена промышленным производством. Вырубка леса, строительство временных насыпей и дамб по берегам, влияют на уровенный режим подземных вод, рек и их притоков [136].

*Подтопление и затопление.* Во время весеннего снеготаяния и обильных ливневых дождей вероятно повышение уровня грунтовых вод на 1,5-2,0 м от зафиксированного, при этом в крупных логах в это время будут формироваться временные водотоки [136].

*Сейсмическая активность.* Исследуемая территория расположена в сейсмическом районе. В соответствии с картами общего сейсмического районирования территории РФ ОСР-97, исходная сейсмическая интенсивность района работ для карты А оценивается в 6 баллов, для карты В – в 7 баллов (СП 14.13330.2014) [96]. Природные процессы землетрясения оцениваются как опасные (прил. Б СП 115.13330 –2011) [136].

*Просадочные явления.* Из инженерно-геологических процессов и явлений отмечается образование просадочных блюдечек в районах распространения лессовидных просадочных грунтов, замачивание грунтов, повышение уровня грунтовых вод и, как следствие, снижение показателей прочностных и деформационных характеристик грунтов. В районах угледобывающих предприятий отмечены очаговые просадки грунтов с развитием трещин, выходящих на поверхность в месте расположения полей отработанных пластов угля (г. Ленинск-Кузнецкий, г. Полысаево) [21].

Ведение горно-строительных работ, строительство и эксплуатация горнотехнических сооружений осложняется низкими прочностными и деформационными параметрами грунтов (Таблица 2.3) [34].

*Таблица 2.3. Основные физико-технические параметры неустойчивых грунтов углевлмещающих массивов в Кузбассе [34]*

Угленосный район	Тип грунтов	Общая пористость, %	Полная влагоемкость, %	Угол внутреннего трения, град.	Сцепление, МПа
Кемеровский	Супеси	25,3-38,2	12,5-29,4	18-32	0,02-0,07
	Суглинки	23,8-2,1	16,4-32,6	12-32	0,01-0,08
	Глины	24,8-50,6	12,3-25,6	14-26	0,01-0,06
Ленинский	Супеси	18,8-34,7	14,3-28,7	11-29	0,03-0,08
	Суглинки	22,1-41,6	15,7-34,2	12-30	0,01-0,09
	Глины	25,0-53,3	12,2-24,6	9-29	0,02-0,08
Беловский	Супеси	24,3-44,3	13,1-27,6	18-31	0,03-0,11
	Суглинки	19,5-48,7	11,2-29,5	8-28	0,02-0,03
	Глины	24-42,4	10,7-24,7	9-29	0,02-0,12
Прокопьевско-Киселевский	Супеси	26,8-41,6	12,2-27,4	20-36	0,02-0,09
	Суглинки	22-43,5	14,3-30,5	14-31	0,01-0,15
	Глины	18,7-39,7	11,8-29,7	12-28	0,02-0,12

Весьма серьезной проблемой является проходка устьев шахтных стволов, особенно наклонных. Даже при применении специальных дорогостоящих способов проведения выработок (предварительная цементация, замораживание, водопонижение и др.) низкая устойчивость влагонасыщенных грунтов в ряде случаев приводит к необходимости ведения работ методом открытого котлована [21].

При нарушении проектных параметров открытых горных работ, а также резкого изменения физико-механических свойств грунтов или вследствие техногенного влагонасыщения грунтов верхних слоев вмещающих пород имеют место нарушения устойчивости бортов в форме обрушений, оползней, сплывин [21].

В настоящее время городу приносят ущерб не только природные физико-геологические явления, сколько инженерно-геологические (техногенные) процессы, связанные с производственно-хозяйственной деятельностью человека [43].

Среди них на первом месте стоит подтопление, затем подработка территории, носящие площадной характер, газоопасность, а также образование техногенных форм рельефа.

Значительное влияние на условия строительного освоения оказывает подработка территории города подземными горными выработками угледобывающих предприятий.

Отработка углей с обрушением кровли приводит к сдвигениям и деформациям земной поверхности, изменению условий формирования подземных вод.

Так, поверхность территории, прилегающей к автовокзалу, неоднократно подработанной выработками ш.у. Кольчугинское, опустилась на 3-6 м. На этом месте образовалось озеро с заболоченными берегами.

Подработанные пространства занимают значительные площади, сокращая тем самым территории, пригодные для градостроительного освоения. Несмотря на длительную эксплуатацию и масштабы этого явления, последствия подработки изучены недостаточно, поэтому в генплане эти территории служат безусловными планировочными ограничениями, исключаемыми из градостроительного освоения.

При необходимости проектирование и строительство здесь может быть допущено только при комплексном применении строительных и горных мер защиты и проведении специализированных изысканий, включая организацию специальных режимных комплексных наблюдательных станций. При строительном освоении следует учитывать и газоопасность территории, т.к. угольные пласты разрабатываемых месторождений относятся к газоносным [8].

## Глава 3. Оценка напряженно-деформированного состояния строительной площадки

### 3.1. Характеристика инженерно-геологических условий площадки

**Владелец объекта** - местная религиозная организация - православный Приход храма Пресвятой Богородицы в честь иконы "Иверская" г. Ленинск-Кузнецкий Кемеровской и Новокузнецкой Епархии Русской Православной Церкви (Московский Патриархат) Адрес: 652519, г. Ленинск-Кузнецкий Кемеровской области, ул. Коростылева, дом 6. В 1998 г. Свято-Серафимо-Покровскому монастырю было отдано здание бывшего детского сада в отдаленном районе г. Ленинска-Кузнецкого, тогда же начались строительные работы, которые возглавил иеромонах Тихон (Белякин) [136].

Проект однопрестольной церкви (размерами десять на десять метров) был заменен к октябрю 2005 г. на новый проект трехпрестольной церкви размерами 30x30 м (архитектурная мастерская «АТТА–Капитал»). Одновременно велись подготовительные работы: рыли котлован, укладывались фундаментные блоки. 21 сентября 2006 г. закончены работы по бетонированию железобетонного перекрытия фундамента (нулевой цикл). 27 июля 2007 г. начата кладка стен храма. В настоящее время строительство близится к завершению, уже действует один из приделов нового храма, однако при внепроектном увеличении высоты здания в 2014 г. в фундаменте появились трещины, что потребовало привлечения специалистов по обследованию площадки. В 2015 г. ООО «Геотехника» провела работы обследованию и усилению фундамента армированием, материалы этих работ использованы при написании данной работы [136].

**Рельеф.** В административном отношении площадка расположена по адресу: ул. Коростылева, 6 (рис. 3.1). Участок слабонаклонный в северо-западном направлении. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 265,5 до 261,5 м в г. Ленинск - Кузнецкий.

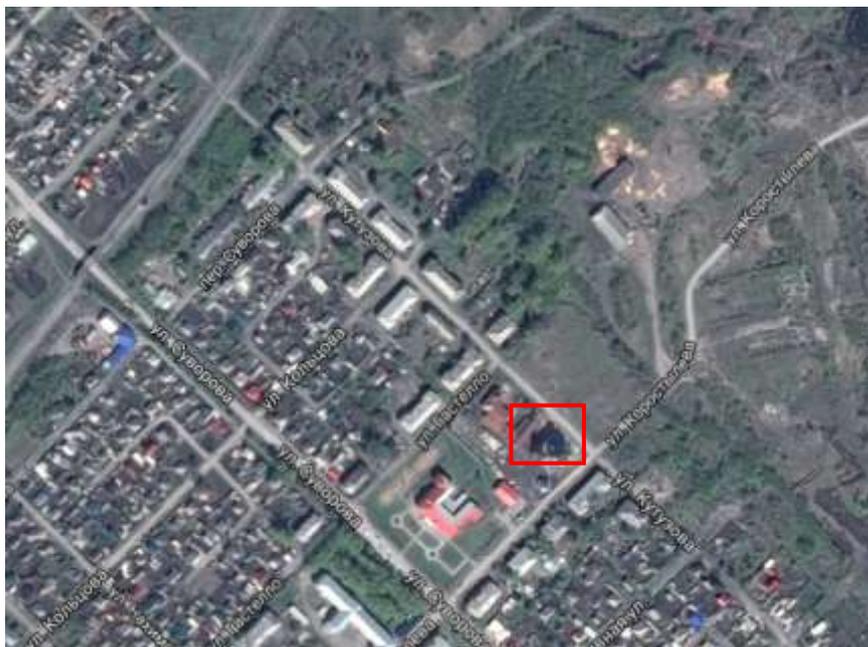


Рисунок 3.1. Местоположение участка работ [62]

Участок работ

В геоморфологическом отношении район представляет собой аккумулятивно - денудационную слабоволнистую равнину. Площадка расположена на водораздельном склоне, примыкающем к долине р. Иня, в пределах малоэтажной городской застройки. Поверхность площадки спланирована. Окружающая территория застроена, присутствуют подземные водонесущие коммуникации [136].

**Краткая характеристика объекта.** Здание храма прямоугольной формы с размерами в крайних осях 33,28\*25,78 с переменной высотой от 4,71 до 38 м с тремя круглыми алтарями. Количество этажей – 2 этажа с подвалом под частью здания и цокольный в северной части фасада. Максимальные отметки храма: центрального купола - +32,0 м; встроенной колокольни - +38,0м. Фундамент здания – ленточный на естественном основании. Здание II уровня ответственности, геотехническая категория объекта II. Материал фундаментов - монолитный железобетон, стены – кирпичные перекрытие – монолитное железобетонное [136].

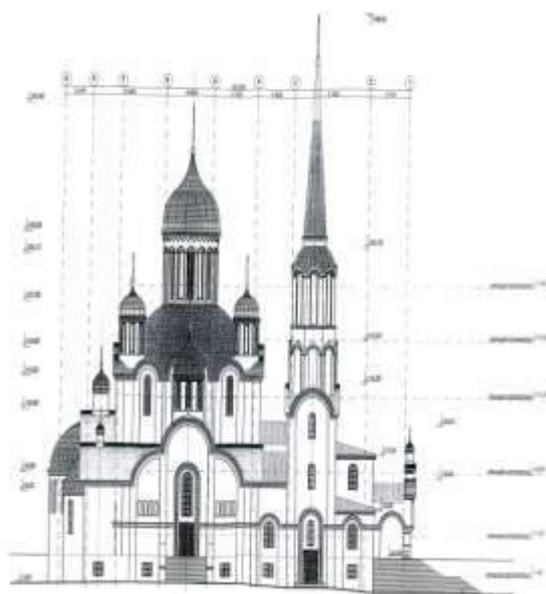


Рисунок 3.2. Вид храма [136]

**Геологические условия.** В геологическом строении территории принимают участие верхнепермские отложения осадочного комплекса, перекрытые с поверхности толщей рыхлых четвертичных отложений.

Верхнепермские породы представлены континентальными осадками ильинской подсерии (P<sub>2</sub> il) – песчаниками с прослоями и линзами алевролитов, аргиллитов, конгломератов.

На размытой поверхности верхнепермских отложений залегают четвертичные образования, представленные элювиальными, отложениями, перекрытые чехлом лессовидных суглинков [136].

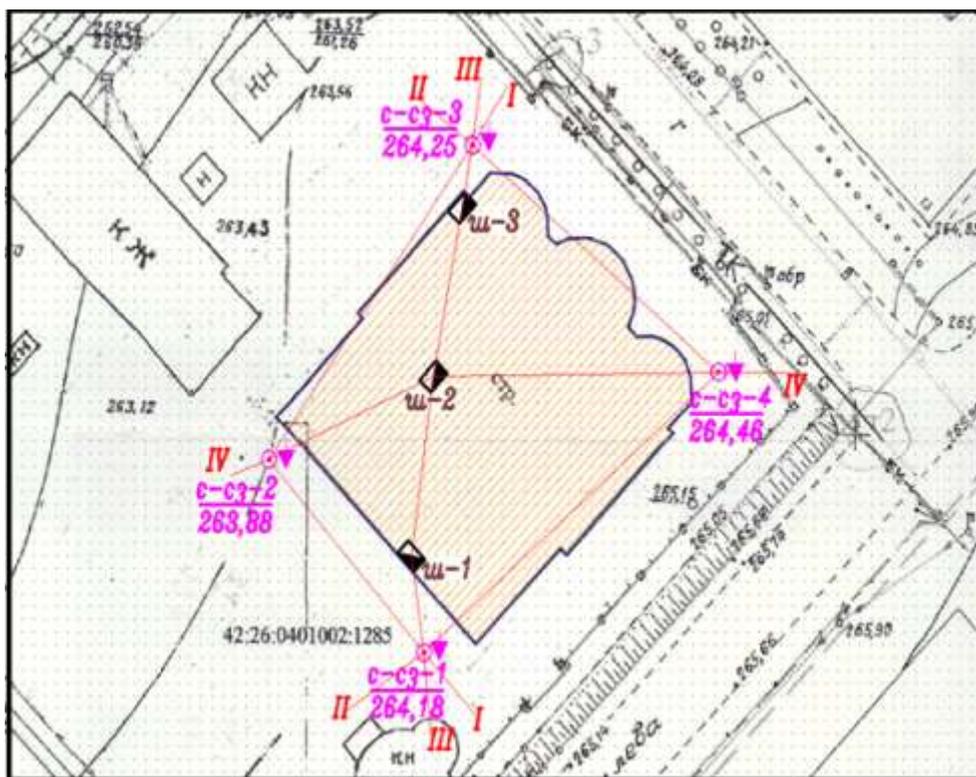


Рисунок 3.3. Схема расположения горных выработок, 2015 г. [137]

Геолого-литологический разрез, изученный в 2015 г. сотрудниками ООО «Геотехника», г. Кемерово до глубины 15,0 м, представлен (сверху - вниз) следующими разновидностями грунтов:

Слой 1 ( $t Q_{IV}$ ). Насыпной грунт, представленный смесью почвы и суглинка с включениями обломков кирпича до 20%. Распространен повсеместно, залегает с поверхности. Мощность слоя 0,5 – 4,2 м.

Слой 2 ( $adQ_{III-IV}$ ). Суглинок бурый, аллювиально – делювиальный, от твердой до мягкопластичной консистенции, ожелезненный, насыщенный водой. Залегает в виде пласта до глубины 6,6 – 8,4 м.

Слой 3 ( $adQ_{III-IV}$ ). Глина с линзами суглинка. Грунт серовато – бурого цвета и пестроцветный элювиальный твердой консистенции с примесью углистого материала. Залегает в виде пласта до глубины 9,0 – 12,5 м [136].

Слой 4 ( $eQ_{II}$ ). Структурный элювий – продукт выветривания песчаников, аргиллитов и алевролитов, представляет собой дисперсную зону коры выветривания осадочных пород. Грунт с сохранившимися, но сильно ослабленными структурными связями, прочность которых с глубиной нарастает. Грунт сохранил сплошность, текстурные и структурные особенности материнских пород, но имеет низкую прочность. Керн разламывается и растирается руками. Грунт неоднородный по составу, что обусловлено различной степенью выветривания и состава исходного материала, плотный по бурению. Залегает в виде пласта вскрытой мощностью 2,5 – 6,0 м [136].

Глубина промерзания грунтов зависит от высоты снежного покрова и изменяется в пределах 1,5 – 3,0 м. Нормативная глубина сезонного промерзания для суглинков, определенная по формуле 5.5.3 СП 22.13330.2011 [93], составляет 188 см, для крупнообломочных грунтов 277 см [136].

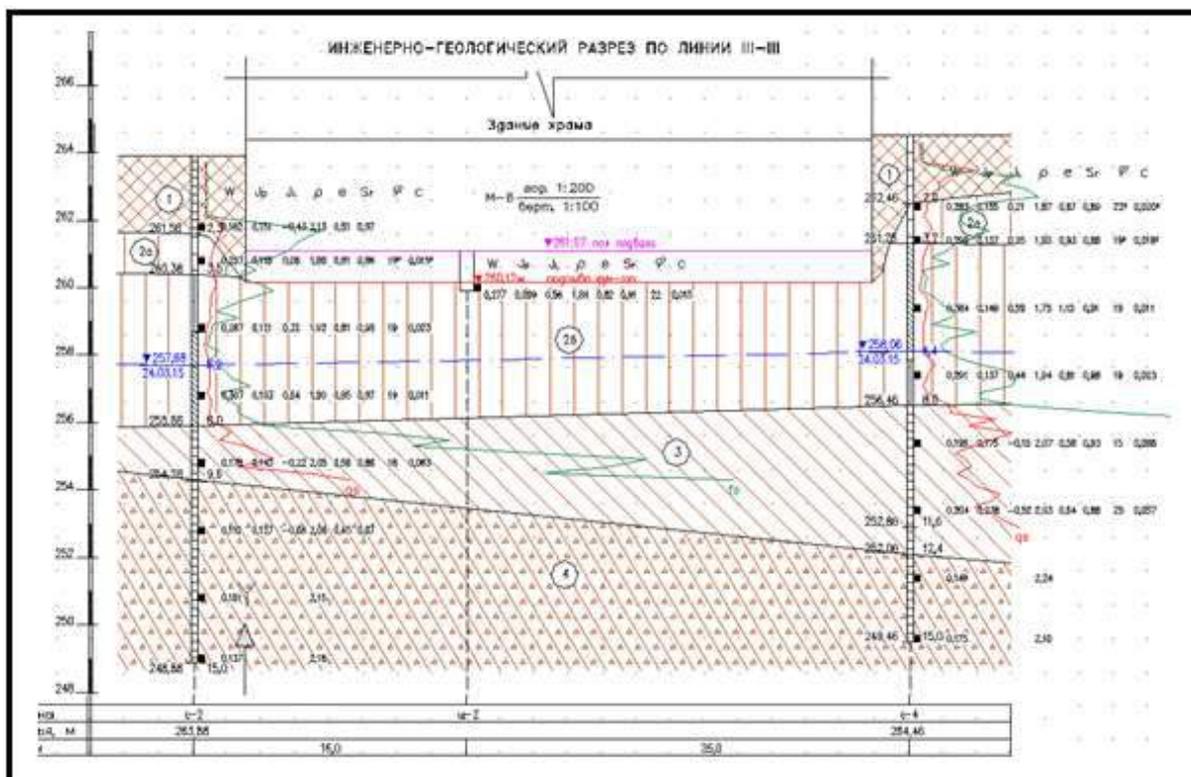


Рисунок 3.4. Инженерно-геологический разрез участка [137]

**Гидрогеологические условия.** Уровень подземных вод на период изысканий (март 2015 г.) установился в пробуренных скважинах на глубине 5,3 – 7,0 м (абсолютные отметки 257,25 – 258,88 м) от поверхности земли. Водовмещающими грунтами являются суглинки слоя 2 (элемент 2б). Коэффициент фильтрации составляет: у насыпного грунта слой 1 – 0,1 м/сут; у инженерно-геологических элементов 2а и 2б – 0,01 – 0,05 м/сут [136].

Питание водоносного горизонта местное, инфильтрационное и в значительной степени зависит от количества атмосферных осадков, интенсивности процесса снеготаяния, утечек из водонесущих коммуникаций, бокового притока с соседних вышерасположенных участков. Разгрузка осуществляется в местную гидросеть и трещиноватые скальные грунты, частично расходуется на испарение. Режим подземных вод неустойчивый и определяется климатическими и техногенными условиями. Повышение уровня наблюдается в паводковые периоды года и во время сильных дождей. Максимум подъема уровня приходится на май-июнь, минимальное положение в январе-феврале. Амплитуда сезонного колебания уровня подземных вод в разрезе года может составлять 1,0 – 1,5 м. Подземные воды неагрессивны к бетонам любых марок по водонепроницаемости [136].

**Свойства грунтов, специфические грунты.** На основании анализа характера пространственной изменчивости показателей физико-механических свойств грунтов на площадке выделены следующие инженерно-геологические элементы:

**Элемент 1.** Насыпной грунт (специфический грунт). Представлен смесью почвы и суглинка с включениями обломков кирпича до 20%. Грунт отсыпан сухим способом, характеризуется неоднородным составом, сложением и плотностью и представляет собой обратную засыпку котлована и планировочную подсыпку территории. Обладает более высокими, чем нижележащие слои, фильтрационными характеристиками, что приводит к дополнительной инфильтрации поверхностных вод и фильтрации утечек из подземных

водонесущих коммуникаций. По условиям формирования грунт относится к отвалам. Ориентировочное время самоуплотнения при таком способе отсыпки 10 – 15 лет. Сведения о времени отсыпки отсутствуют. Залегают грунт в виде пласта мощностью 0,5 – 4,2 м [136].

Элемент 2а. Суглинок легкий и тяжелый пылеватый, твердой и полутвердой консистенции, плотность грунта 1,81 – 1,92 г/см<sup>3</sup> (нормативное значение 1,86 г/см<sup>3</sup>), коэффициент водонасыщения,  $S_r = 0,83 – 0,89$  (нормативное значение 0,86).

По статическому зондированию удельное сопротивление грунта конусу зонда 0,4 – 1,9 МПа (нормативное 1,0 МПа), на муфте трения 5 – 92 кПа (нормативное 34 кПа), модуль деформации – 7,0 МПа.

При дополнительном замачивании перейдет в тугопластичное и мягкопластичное состояние, прочностные и деформационные характеристики грунта снизятся. Залегают выше подошвы фундаментов в виде невыдержанного по мощности и простиранию пласта мощностью 1,2 – 3,1 м.

Элемент 2б. Суглинок легкий и тяжелый пылеватый, тугопластичной и мягкопластичной консистенции, плотность грунта 1,75 – 1,94 г/см<sup>3</sup> (нормативное значение 1,86 г/см<sup>3</sup>), коэффициент водонасыщения,  $S_r = 0,83 – 0,98$  (нормативное значение 0,92). По статическому зондированию удельное сопротивление грунта конусу зонда 0,4 – 2,1 МПа (нормативное 0,8 МПа), на муфте трения 5 – 60 кПа (нормативное 21 кПа), модуль деформации – 5,6 МПа. При дополнительном замачивании перейдет в текучепластичное состояние, прочностные и деформационные характеристики грунта снизятся. Залегают в основании фундаментов в виде пласта мощностью 3,0 – 4,5 м.

Элемент 3. Глина легкая пылеватая с линзами суглинка тяжелого. Грунт твердой консистенции, плотность грунта 1,86–2,07 г/см<sup>3</sup> (нормативное значение 2,02 г/см<sup>3</sup>), коэффициент водонасыщения,  $S_r = 0,83 – 0,98$  (нормативное значение 0,92). Относительное содержание органического вещества 0,08–0,16. По статическому зондированию удельное сопротивление грунта конусу зонда 1,1–10,5 МПа (нормативное 3,3 МПа), на муфте трения 54 – 441 кПа (нормативное 219 кПа), модуль деформации – 23,1 МПа.

При дополнительном замачивании прочностные и деформационные характеристики грунта не изменятся. Залегают под суглинком элемента 2б в виде пласта мощностью 1,6 – 4,4 м [136].

Элемент 4. Структурный элювий – продукт выветривания песчаников, аргиллитов и алевролитов, представляет собой дисперсную зону коры выветривания осадочных пород. Грунт с сохранившимися, но сильно ослабленными структурными связями, прочность которых с глубиной нарастает. Грунт сохранил сплошность, текстурные и структурные особенности материнских пород, но имеет низкую прочность. Керн разламывается и растирается руками. В соответствии с классификацией ГОСТ 25100-2011 [108]. представлен суглинком тяжелым пылеватым и глиной легкой пылеватой и тяжелой пылеватой. Грунт твердой консистенции, плотность грунта 1,91 – 2,24 г/см<sup>3</sup> (нормативное значение 2,12 г/см<sup>3</sup>), коэффициент водонасыщения,  $S_r = 0,65 – 0,92$  (нормативное значение 0,76). Расчетные значения прочностных и деформационных показателей при доверительной вероятности 0,85 для расчетов оснований сооружений в соответствии с п.5.3.18 СП 22.13330.2011[93] приняты по таблицам Б.7 приложения Б, расчетное сопротивление  $R_0$  - по таблице (В.8) модуль деформации,  $E = 25$  МПа; угол внутреннего трения,  $\varphi = 29^\circ$ ; удельное сцепление,  $c = 58$  кПа; расчетное сопротивление,  $R_0 = 500$  кПа. Залегают в виде пласта вскрытой мощностью 2,5 – 6,0 м [136].

Грунты обладают высокой коррозионной агрессивностью к углеродистой и низколегированной стали, неагрессивны к бетонным и железобетонным конструкциям. Грунты элементов 1 и 2а, залегающие в зоне сезонного промерзания [25]. На момент

изысканий, относятся к категории практически непучинистых и слабопучинистых, с относительной деформации пучения менее 0,01 и 0,01 – 0,035 [136].

**Инженерно-геологические процессы.** По инженерно-геологическим и гидрогеологическим условиям строительства территория представляет собой единый район и относится к III (сложной) категории (по СП 11-105-97) [94,25].

Категория сложности обусловлена геологическими факторами, а также возможностью проявления неблагоприятных инженерно – геологических процессов и явлений, отрицательно влияющих на условия строительства и эксплуатацию здания и оказывающих существенное влияние при выборе проектных решений, а именно:

- в сфере взаимодействия здания с геологической средой участвуют четыре инженерно – геологических элемента. Характеристики свойств грунтов изменяются в плане и по глубине. Суглинки слоя 2 (элемент 2б) относятся к категории слабых водонасыщенных, сильносжимаемых, пылевато-глинистых грунтов. Они способны медленно уплотняться (фильтрационная консолидация) под действием статических нагрузок и находится длительное время в нестабилизированном состоянии за счет избыточного давления в поровой воде. При динамических воздействиях возможно кратковременное снижение несущей способности грунтов в результате тиксотропного разжижения и, как следствие, проявление сверхнормативных деформаций основания.

- по типу природных условий и техногенной нагрузки площадка относится к потенциально подтопляемой II-Б<sub>1</sub> типа (прил. И, СП 11-105 97) [94].

В процессе дальнейшего строительного освоения территории, эксплуатации зданий, сооружений и подземных водонесущих коммуникаций, в результате нарушения условий поверхностного и подземного стока (барражирующее действие свайных фундаментов), утечек из подземных трасс канализации, водоснабжения и теплоснабжения, уменьшения испарения под зданиями и асфальтобетонными покрытиями, возможно дальнейшее постепенное повышение влажности грунтов до полного насыщения водой.

Длительные аварийные утечки, в количестве, превышающем водопрпускную способность суглинков, могут способствовать образованию временных локальных куполов подземных вод на глубине заложения водонесущих коммуникаций, после ликвидации утечек купола могут рассасываться.

В многолетней перспективе, если не будут предусмотрены соответствующие водозащитные мероприятия, возможного водоносного горизонта на глубине 2,5 – 3,0 м от поверхности земли, за счет общего подтопления территории в целом и местных техногенных увлажнений грунтов верхней толщи.

Для обеспечения нормальной эксплуатации здания необходимо предусмотреть мероприятия инженерной защиты от подтопления в соответствии с п. 10 СП 116.13330.2012 [97], а именно: регулирование стока и отвода поверхностных вод, контроль за возможными утечками из подземных водонесущих коммуникаций и своевременная их ликвидация, содержание в исправном состоянии внутренних и внешних водонесущих коммуникаций, а также отмосток и водосточных труб, гидроизоляция для защиты подземных частей здания.

На площадке неизбежно развитие сил морозного пучения, так как грунты, залегающие в зоне сезонного промерзания (элементы 1, 2а), с учетом прогноза подтопления, перейдут в категорию сильно и чрезмернопучинистых с относительной деформацией пучения более 0,07.

Согласно СП 14.13330.2014 [96]. Исследуемая площадка входит в район возможных сейсмических воздействий, интенсивность которых по картам ОСР-97 А; В оценивается в 6; 7 баллов для грунтов II категории по сейсмическим свойствам.

По результатам выполненных изысканий, категория грунтов по сейсмическим свойствам – III (таблица 1 СП 14.13330.2014) [96].

Сейсмическое микрорайонирование площадки выполнено по результатам инженерно – геологических и геофизических работ.

По результатам сейсмического микрорайонирования территория по сейсмической интенсивности оценивается для карты ОСР – 97 А – 6 баллов, для карты ОСР – 97 В – 7 баллов. Прогнозная сейсмическая интенсивность составляет для карты ОСР – 97 А – 6 баллов, для карты ОСР – 97 В – 7 баллов.

По результатам выполненных полевых и камеральных работ согласно МУ 2.6.1.2398-08 обследованная территория соответствует требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов по ППР.

Согласно табл. 6.1 СП 11-102-97 [95] территория относится к I классу противорадоновой защиты (противорадоновая защита обеспечивается за счет нормативной вентиляции помещений).

В результате радиационно-гигиенического обследования оценены радоновая опасность и гамма-фон территории застройки. Всего на объекте выполнено 10 измерений плотности потока радона в почвенном воздухе и 10 измерений гамма – фона. Измерения гамма - фона производились непрерывно по профилям в движении с регистрацией показаний через 20 метров. Эманиационная съемка проведена комплексом "Альфарад плюс АРП", гамма-съемка радиометром СРП-88Н. Превышение допустимых уровней гамма-излучения не обнаружено [136].

По результатам инженерно-геологического обследования площадки в 2015 г. было проведено усиление грунтового основания храма, детали описаны ниже.

***Армирование грунтового основания храма.*** Усиление проводилось методом высоконапорной инъекцией цементно-песчаного раствора под фундамент (цементации) для повышения физико-механических характеристик грунтов [3]. Метод обычно применяют для закрепления грунтов, обладающих большой водопроницаемостью, способ является наиболее экономичным и щадящим для здания [136].

В зависимости от типа закрепляемого грунта и используемого вида цемента, инъекция выполняется в напорном режиме (под повышенным давлением с образованием гидроразрывов) и в режиме пропитки (под низким давлением с заполнением всех пор, без нарушения сплошности массива). В напорном режиме, как правило, закрепляют пески, супеси, суглинки и лессы обычными цементами. В режиме пропитки обычными цементами возможно закрепление гравелистых песков, трещиноватых и карстовых пород, а тонкодисперсными – пески от мелких до крупных с коэффициентами фильтрации от 1 до 30м/сут [2].

Установка инъекторов 2-х типов (рис. 3.5, табл. 3.1) произведена согласно схемам на рис. (3.10-3.13), затрубное пространство тампонируется жестким цементно-песчаным раствором состава 1/3. Всего было использовано 204 инъектора. Внутри подвала установлено 70 инъекторов типа ИГ-1, снаружи и внутри храма установлено 134 инъектора типа ИГ-2.

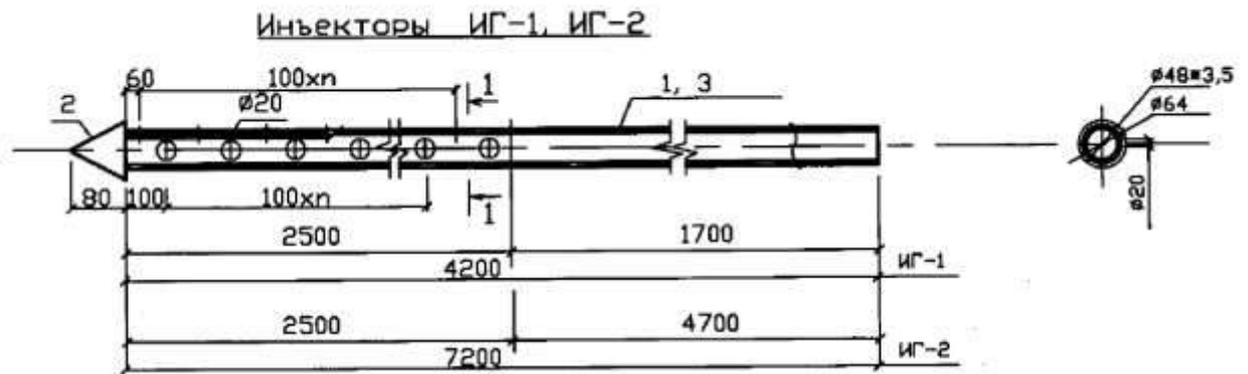


Рисунок 3.5. Конструкция ињектора ИГ-1, ИГ-2 [137]

Таблица 3.1. Спецификация элементов ињекторов ИГ-1, ИГ-2 [137]

Марка изделия	Наименование	Кол шт	Масса ед, кг	Масса изд, кг	штук
ИГ-1	Тр $\phi 48 \times 3,5 \times 4200$ гост3262-75	1	16,13	18,13	70
	Д-Ст3 сп гост 10705-80 Круг $\phi 64$ , гост 5781-82	1	2,00		
ИГ-2	Тр $\phi 48 \times 3,5 \times 7200$ гост1074-91	1	27,65	29,65	134
	Д-Ст3 сп гост 10705-80! Круг $\phi 64$ , гост 5781-82	1	2,00		

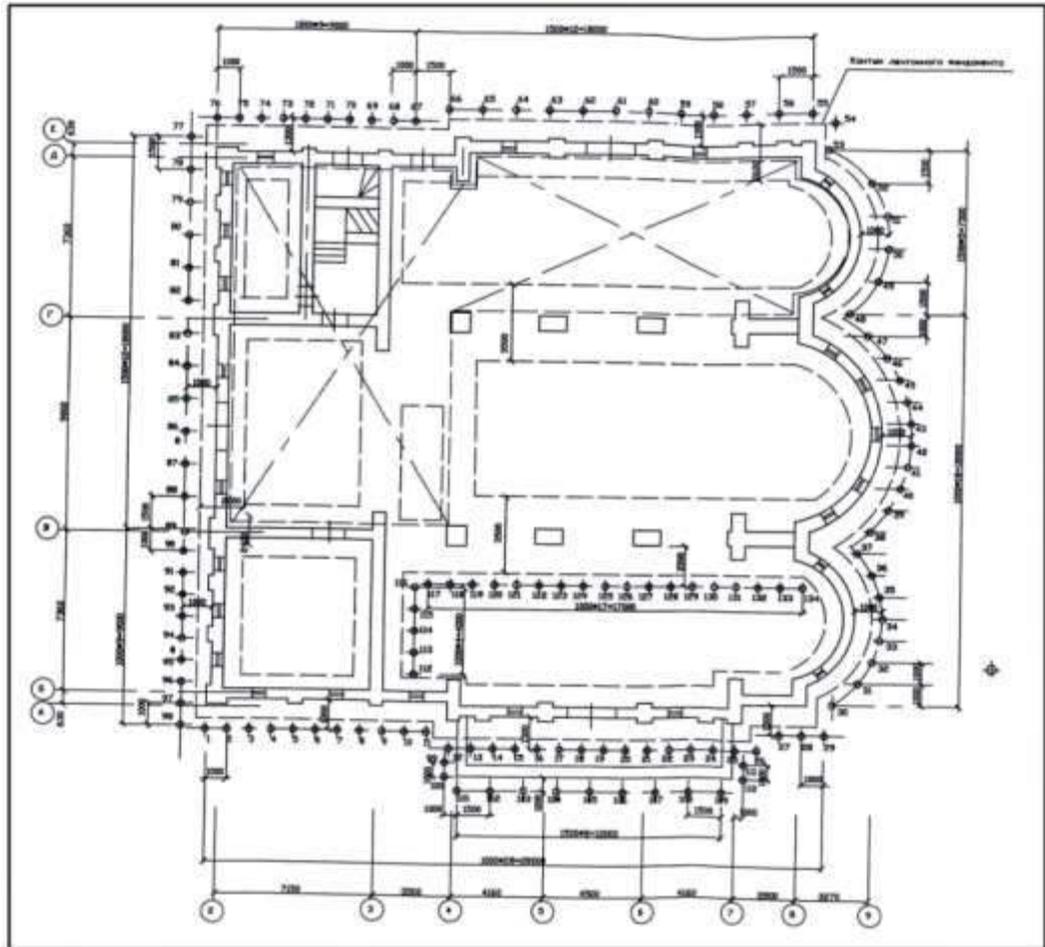


Рисунок 3.6. Схема расположения наружных и внутренних иньекторов на первом этаже [137]

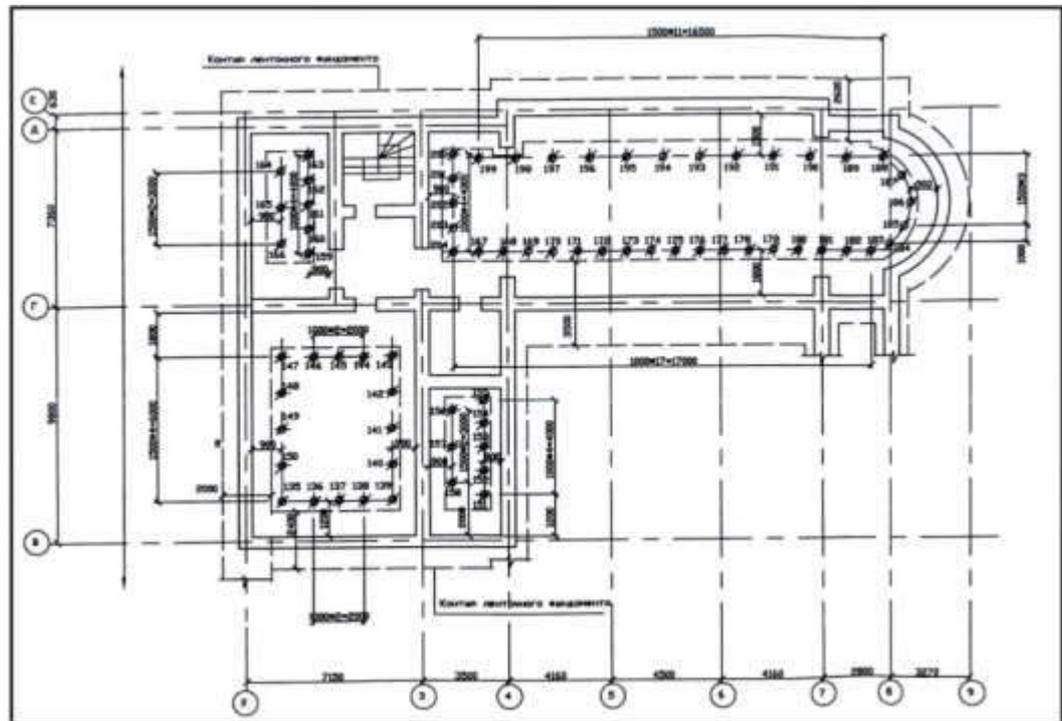


Рисунок 3.7. Схема расположения внутренних иньекторов в подвале [137]

Нагнетание цементно-песчаного раствора с  $V/C=0,55-0,6$  выполнялось под давлением 4-7 атм. до отказа (отсутствие расхода раствора в течение 10 минут при заданном давлении). Контрольный расход цементно-песчаного раствора на перфорированную часть инъекторов составляет  $0,5 \text{ м}^3$ . Перед нагнетанием вся гидросистема (бункер, насос, шланги, инъектор) собирается на строительной площадке с соединением шлангов и труб инвентарными хомутами к концу шлангов присоединяется труба с заглушкой и в течение 10-20 минут испытывается водой на давление, превышающее давление нагнетания 2-3 атм [137].



*Рисунок 3.8. Емкости для приготовления нагнетаемого раствора [136]*



*Рисунок 3.9. Процесс нагнетания раствора под фундамент здания [136]*

Для усиления грунтов основания применялся раствор из песка мелкого пылеватого и средней крупности с примесью пылеватых и глиняных частиц от 2 до 20%. При приготовлении цементно-песчаного раствора, как правило, используется следующий состав (на  $1 \text{ м}^3$ ): песок мелкий пылеватый - 1150 кг; цемент М400 - 750 кг; вода - 150 л; специальные добавки [137]. Специальные добавки используются для следующих целей: удобоукладываемость смеси; ускорители твердения смеси; замедлители схватывания смеси; антикоррозийные добавки [21].

Повышение прочности грунтового основания основано на заливке в грунт специального раствора, полностью исключая его проседание. В результате надежность конструкции повышается, а сейсмостойкость увеличивается на 1-2 балла [136]. Описанная технология широко применяется в Сибирском и Уральском регионах, разработан ряд технических решений, обеспечивающих ее эффективность [21].

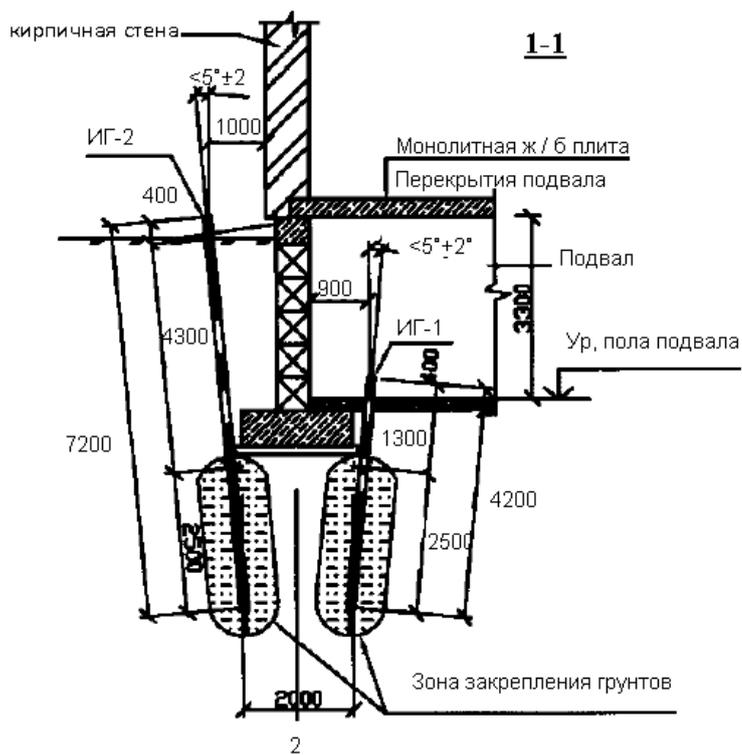


Рисунок 3.10. Усиление грунтов основания 1-1 [137]

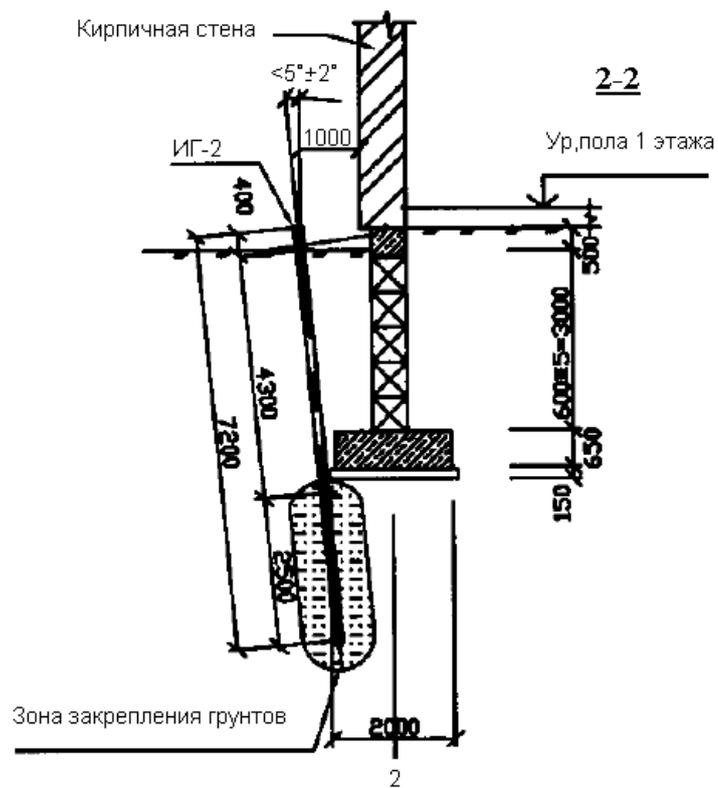


Рисунок 3.11. Усиление грунтов основания 2-2 [137]

3-3

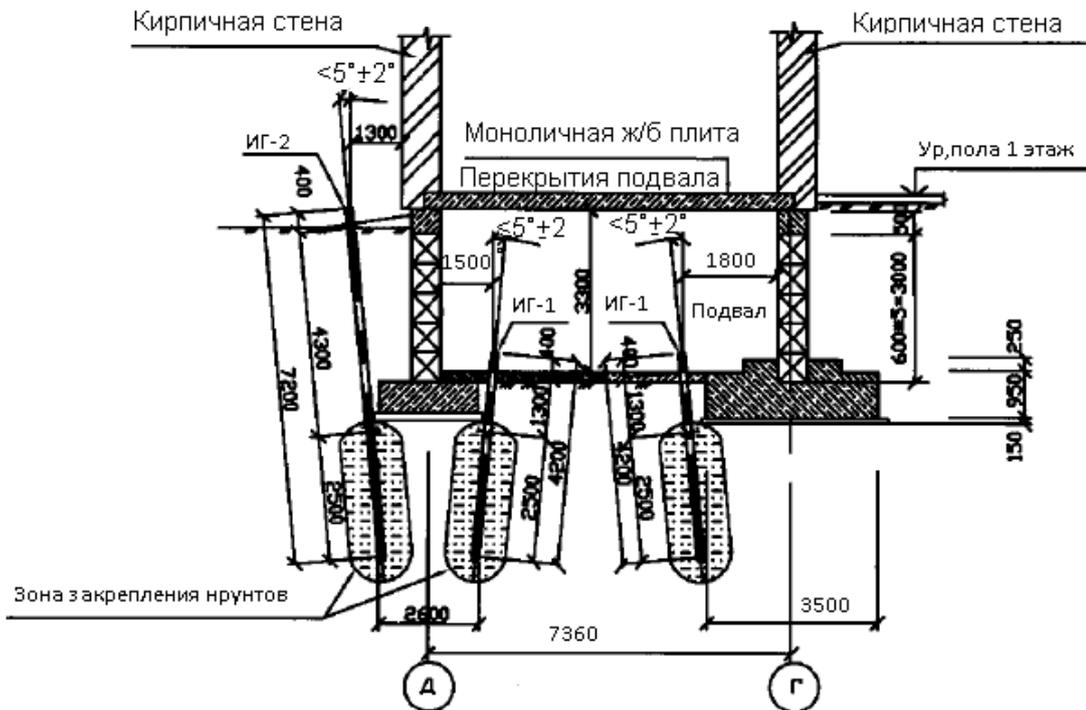


Рисунок 3.12. Усиление грунтов основания 3-3 [137]

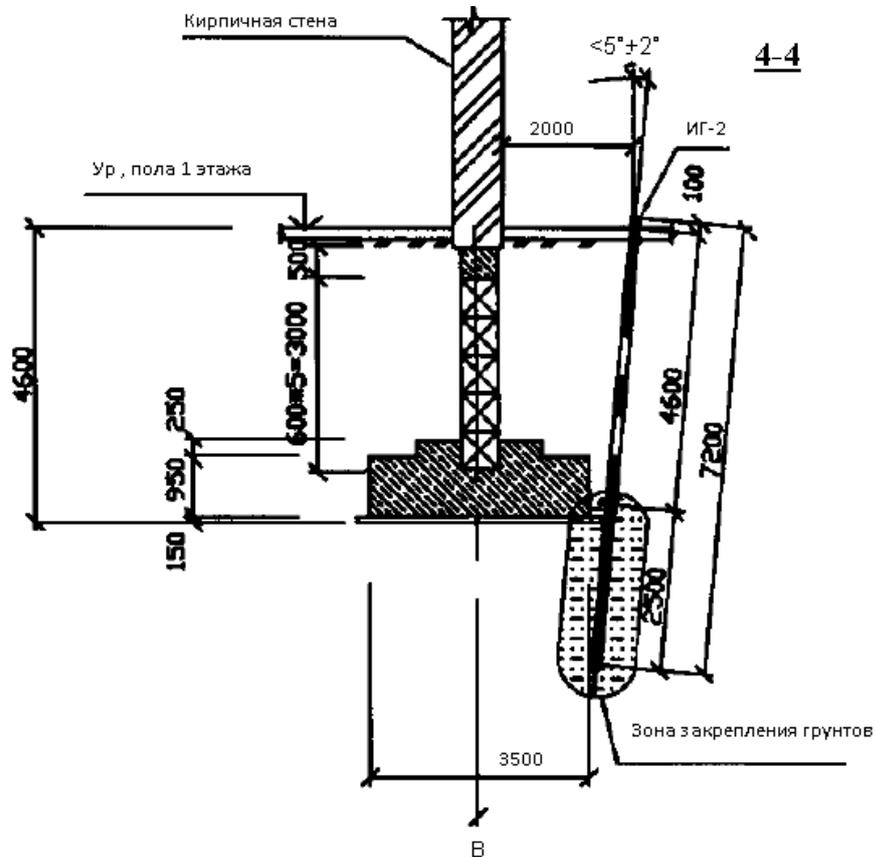


Рисунок 3.13. Усиление грунтов основания 4-4 [137]

### 3.2. Создание модели грунтового массива МКЭ

В данном разделе описывается создание модели грунтового основания с использованием метода конечных элементов в программном комплексе PLAXIS.

**Содержание метода.** Метод конечных элементов является численным методом решения дифференциальных уравнений. Возникновение этого метода связано с решением задач космических исследований (1956). Впервые он был опубликован в работе Тернера, Клуза, Мартина и Топпа [27].

Было показано, что для определения перемещений оснований фундаментов следует использовать численные методы, в частности, метод конечных элементов (МКЭ), в разработку которого внесли существенный вклад отечественные и зарубежные ученые: Б.З. Амусин, Г.С. Золотарев, В.Н.Кислокий, Ю.С. Козлов, О.Л.Рудых, Л.А. Розин, С.Б. Сахаров, А.Г. Угодчиков, Ухов, А.Б. Фадеев, Н.М. Хуторянский, Wang F.D., Sun M.C., Rorchan D.M., П.Бенерджи, Р. Баттерфилд, К. Бреббия, С.Уокер, Р. Галлагер, О. Зенкевич, И. Чанг, Л. Сегерлинд, Г. Стренг, Дж. Фикса и многие другие [30].

Решение задач механики базируется на методе дискретизации, с помощью которого непрерывная математическая величина, такая как температура, давление, перемещение аппроксимируется дискретной моделью, состоящей из конечного числа степеней свободы. В настоящее время в линейной механике твердого тела метод конечных элементов (МКЭ) наиболее распространен, в то время как применение метода граничных элементов для решения данных задач находится на втором месте. Для нелинейных задач метод конечных элементов является наиболее эффективным и доминирующим [32].

**Программный комплекс PLAXIS.** Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива проводилось мною для выбранного объекта в программе PLAXIS - пакете конечных элементов, разработанным специально для анализа деформаций и устойчивости оснований и фундаментов инженерных сооружений.

Простая процедура графического ввода позволяет быстро составлять комплексные модели конечных элементов, а выходные устройства осуществлять детальное представление результатов расчета [28,50].

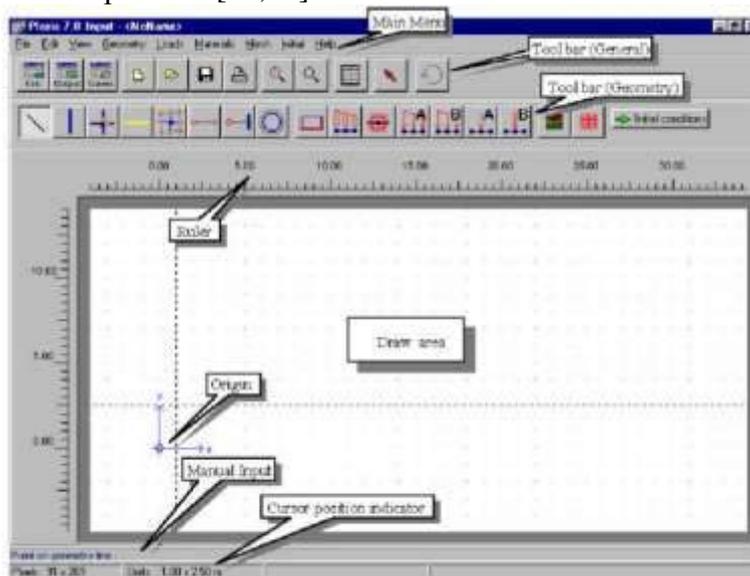


Рисунок 3.14. Главное окно программы ввода [28]

Сам расчет полностью автоматизирован и основан на устойчивых численных методах. Данная концепция позволяет новым пользователям работать с программой всего лишь через несколько часов обучения. Моделирование осуществлено по разрезам поперек здания. В расчетах использовалась упруго-пластическая модель с изотропным упрочнением *Plaxis Hardening Soil* [32]. Главное окно представлено на рис 3.14. На рисунке указаны наиболее важные элементы главного окна.

### **Создание модели грунтового массива в PLAXIS**

*1) Ввод исходных данных.* Запускаем PLAXIS с помощью двойного щелчка по иконке Input program (программа ввода).

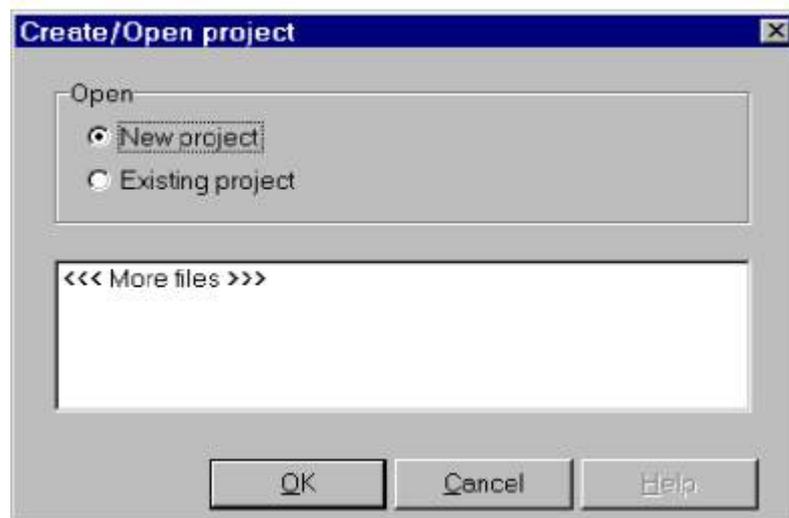


Рисунок 3.15 . Диалоговое окно *Create/Open project* (Создать/Открыть проект) [28]

Первым этапом каждой задачи является установка основных параметров конечно-элементной модели. Это выполняется в окне *General settings* (Общие параметры). К этим параметрам относится описание задачи, тип расчета, основной тип элементов, основные единицы и размер чертежного поля. Для ввода соответствующих параметров для расчета фундамента открываем соответствующие вкладки [47].

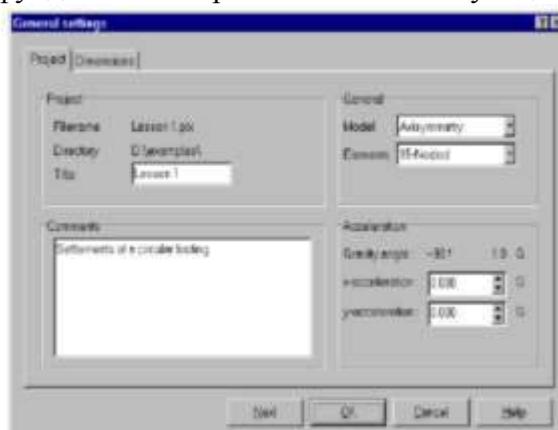


Рисунок 3.16. Вкладка *Project* (Проект) окна *General settings* (Общие параметры)[47]

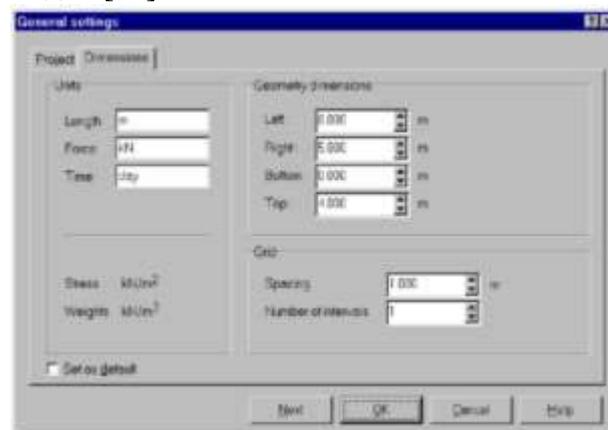


Рисунок 3.17. Вкладка *Dimensions* (Размеры) окна *General settings* (Общие параметры)[47]

2) *Ввод данных по материалу.* Для моделирования поведения грунта должны быть приняты соответствующая модель грунта и его параметры. В Plaxis характеристики грунта собраны в наборах данных по материалам, которые хранятся в соответствующей базе данных. Набор данных из базы может быть присвоен одному или более кластерам.

Для таких конструкций, как стены, плиты, анкеры, георешетки имеются разные типы наборов данных. В Plaxis различаются наборы данных по материалам для Soil & Interfaces (Грунт и контактные поверхности), Plates (Плиты), Anchors (Анкеры) и Geogrids (Георешетки) [47]. Данные по материалам присваиваются кластерам после ввода граничных условий.

До создания сетки должны быть установлены наборы данных по всем материалам, а все кластеры и конструкции должны иметь соответствующий им набор данных.

Таблица 3.2. Характеристики песчаного слоя [28,47]

Параметры	Обозначение	Значение	Ед. изм.
Модель грунта	<i>Model</i>	Мора-Кулона	-
Тип поведения грунта	<i>Type</i>	Дренированный	-
Удельный вес грунта	$\gamma_{unsat}$	17.0	кН/м <sup>3</sup>
Удельный вес насыщенного грунта	$\gamma_{sat}$	20.0	кН/м <sup>3</sup>
Проницаемость грунта в горизонтальном направлении	$k_x$	1.0	м/сут
Проницаемость грунта в вертикальном направлении	$k_y$	1.0	м/сут
Модуль Юнга (константа)	$E_{ref}$	13000	кН/м <sup>2</sup>
Коэффициент Пуассона	$\nu$	0.3	-
Сцепление (константа)	$c_{ref}$	1.0	кН/м <sup>2</sup>
Угол трения	$\varphi$	31.0	°
Угол дилатансии	$\psi$	0.0	°

Подробное описание различных моделей грунта и их параметры приведены в руководстве по моделям материалов.

Таблица 3.3. Перечень параметров грунта для модели PLAXIS Hardening Soil [28,47]

Символ	Название	Ед. изм.
$E_{50}^{ref}$	Секущий модуль упругости при 50% значения ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) из трехосных испытаний (Reference stiffness for triaxial compression)	кН/м <sup>2</sup>
$E_{oed}^{ref}$	Тангенциальный модуль упругости из компрессионных испытаний (Reference stiffness for primary oedometer loading)	
$E_{ur}^{ref}$	Модуль упругости при разгрузке-повторном нагружении из компрессионных испытаний (Reference stiffness for triaxial unloading)	
$\nu_{ur}$	Коэффициент Пуассона при разгрузке-повторном нагружении, по умолчанию $\nu_{ur} = 0.2$	-
$m$ (power)	Показатель степени, для описывания влияния ограничивающего давления на модуль упругости, определяется из компрессионных испытаний	-
$K_0$	Коэффициент бокового давления грунта $K_0 = \sigma_{xx}' / \sigma_{yy}'$ при консолидации, по Jáky (1944) $K_0^{NC} = 1 - \sin \varphi$	-
$p^{ref}$	Опорный уровень напряжений (Reference stress for stiffnesses), по умолчанию $p^{ref} = 100$	кН/м <sup>2</sup>
$c$	Эффективное сцепление из трехосных испытаний	
$\varphi$ (phi)	Эффективный угол внутреннего трения из трехосных испытаний	град
$\psi$ (psi)	Угол дилатансии из трехосных испытаний (КД), обычно $\psi = \varphi - 30^\circ$	

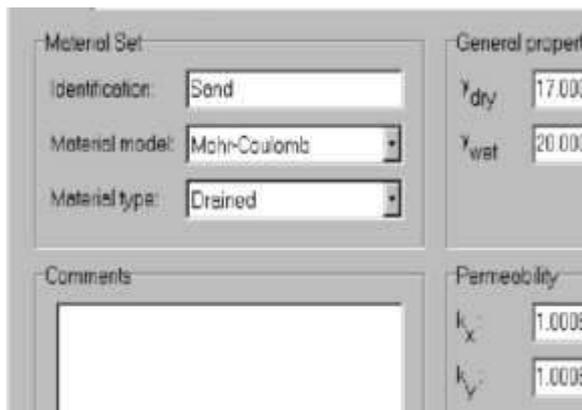


Рисунок 3.18. Вкладка General окна набора данных по грунту и контактным поверхностям



Рисунок 3.19. Вкладка Parameters (Параметры) окна набора данных по грунту и контактным поверхностям

Физико-механические свойства грунтов и материалов указаны в Таблицах 3.4-3.6.

Таблица 3.4. Свойства материалов: Грунты ((Грунт и контактные поверхности)[136]

No.	Номер ИГЭ	$g_{unsat}$	$g_{sat}$	$E_{50ref}$	$E_{oadref}$	$E_{urref}$	$c_{ref}$	$\phi$ phi	$\nu_{ur}$	Power	$K_0^{NC}$
		[кН/м <sup>3</sup> ]	[кН/м <sup>3</sup> ]	[кН/м <sup>2</sup> ]	[кН/м <sup>2</sup> ]	[кН/м <sup>2</sup> ]	[кН/м <sup>2</sup> ]	[° град]	[-]	[-]	[-]
1	1	19	19	50000	100000	300000	1	30	0,2	0,5	0,52
2	2a	18,4	19	7000	7000	21000	18	19	0,2	0,4	0,67
3	2б	18,4	18,9	6000	6000	18000	11	16	0,2	0,4	0,72
4	3	19,8	20,8	23000	23000	69000	6	71	0,2	0,4	0,7
5	4	20	21	2500000	25000	75000	58	29	0,2	0,5	0,5

Таблица 3.5. Фундаменты (Анкеры)

No.	Идентификация	EA [kN]	Максимальное усилие компрессия [kN]	Максимальное усилие растяжимый [kN]	Шаг расстановки [m]
1	ленты-колонны	2000000.00	1E15	1E15	1.00

Таблица 3.6. Здания (Плиты) - одинаковая этажность, высота 3.25 м

No.	Имя	Типа	Нормальная жесткость, EA	Изгибная жесткость, EI	Вес, w	Коэффициент Пуассона $\nu$	$M_p$	$N_p$
			[кН/м]	[кНм <sup>2</sup> /м]				
1	Плита (fund)	Эластичный	20000.00	1000.00	3.40	0.33	1E15	1E15

### 3) Создание конечно-разностной сетки

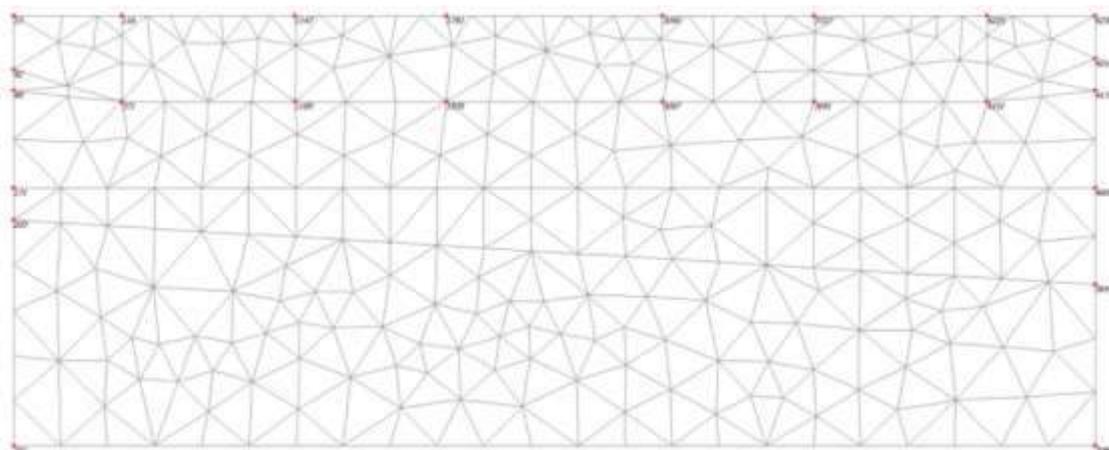


Рисунок 3.20. Конечно-разностная сетка с важными для расчета узлами

4) Выполнение расчетов и анализ результатов Здание моделировалось жесткой плитой толщиной 90 см, опертой на межузловые анкеры. Удельный вес плиты представлял собой нагрузку от целого здания. Данные по материалам фундаментов присвоены межузловым анкерам. На рис. 3.21 представлена деформированная конечно-разностная сетка при одинаковой этажности здания – первоначальном проекте здания.

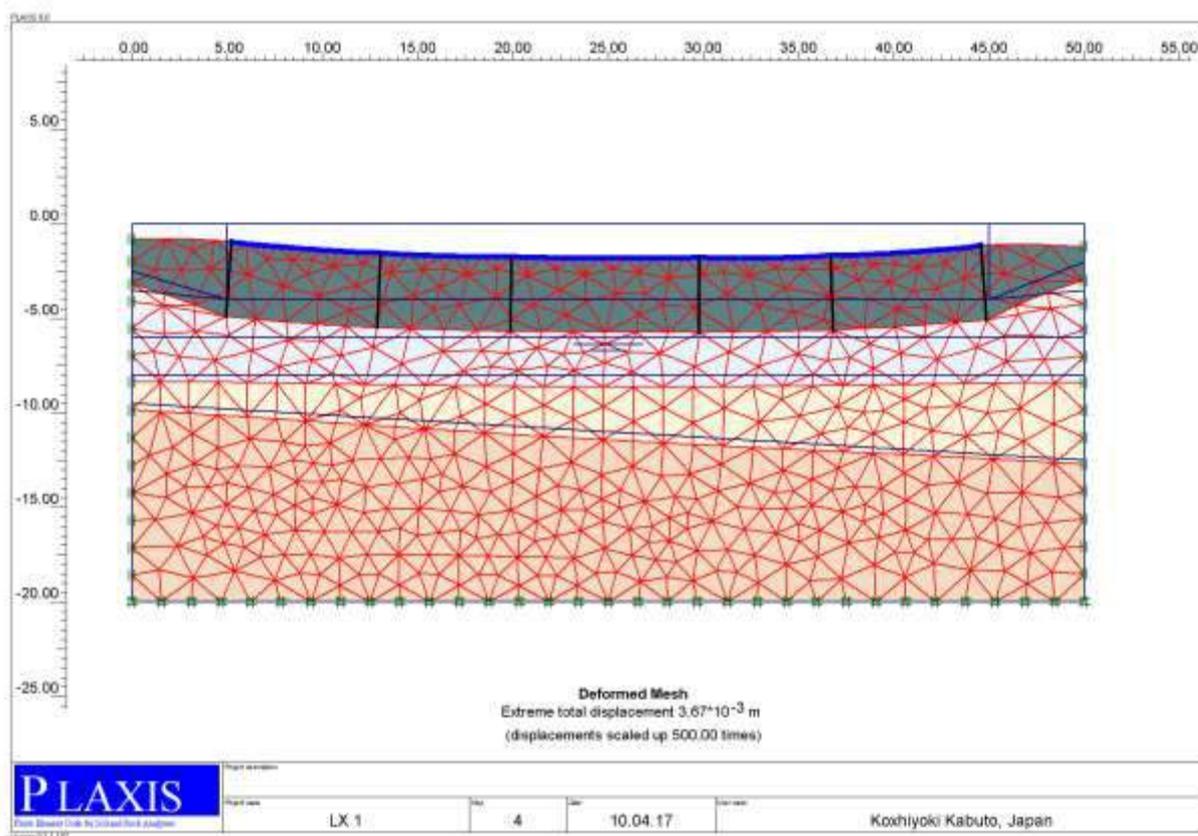


Рисунок 3.21. Деформированная сетка

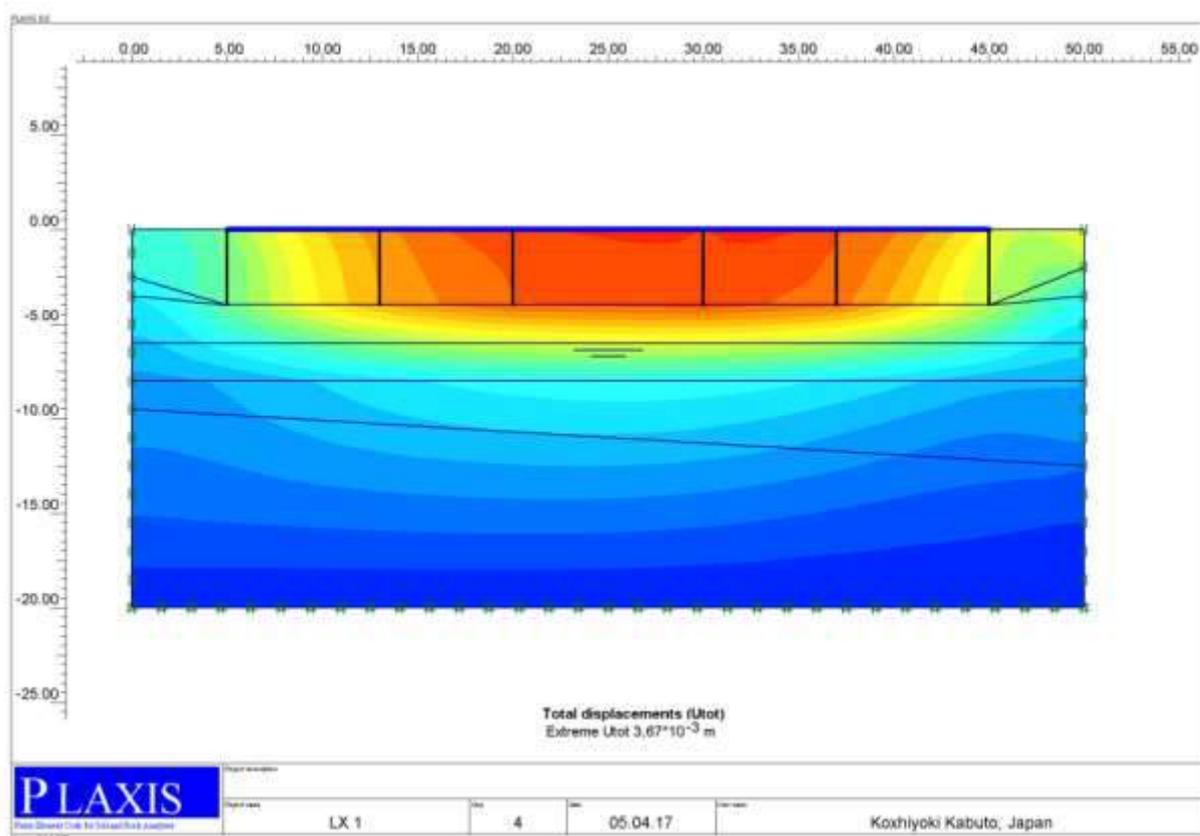


Рисунок 3.22. Распределение вертикальных перемещений по расчетному сечению модель (1) - здание одинаковой этажности, высота 3,25 м

### 3.3. Оценка напряженно-деформированного состояния грунтового массива после изменения этажности

На базе основной модели были созданы клоны, в которых изменялись условия нагружения фундамента, моделировалось усиление грунтового основания. Так, во второй модели показано изменение нагрузки на центральную часть плиты при наращивании высоты храма.

Таблица 3.7. Здания (Plates) с изменяющейся высотой 3,25-10,25-31,50-10,25-3,25

No.	Идентификация	EA [kN/m]	EI [kNm <sup>2</sup> /m]	w [kN/m/m]	n [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	fund	20000.00	1000.00	3.40	0.33	1E15	1E15
2	fund-2	80000.00	6000.00	9.40	0.33	1E15	1E15
3	fund1	50000.00	3000.00	4.00	0.33	1E15	1E15

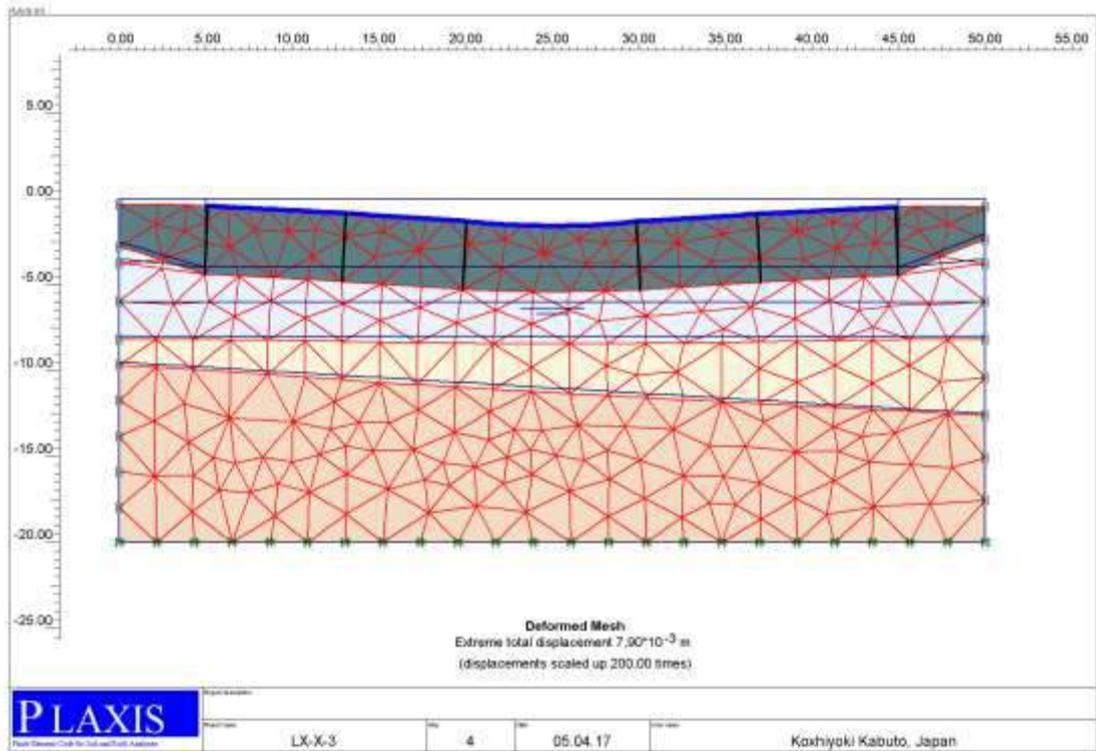


Рисунок 3.23. Деформированная сетка

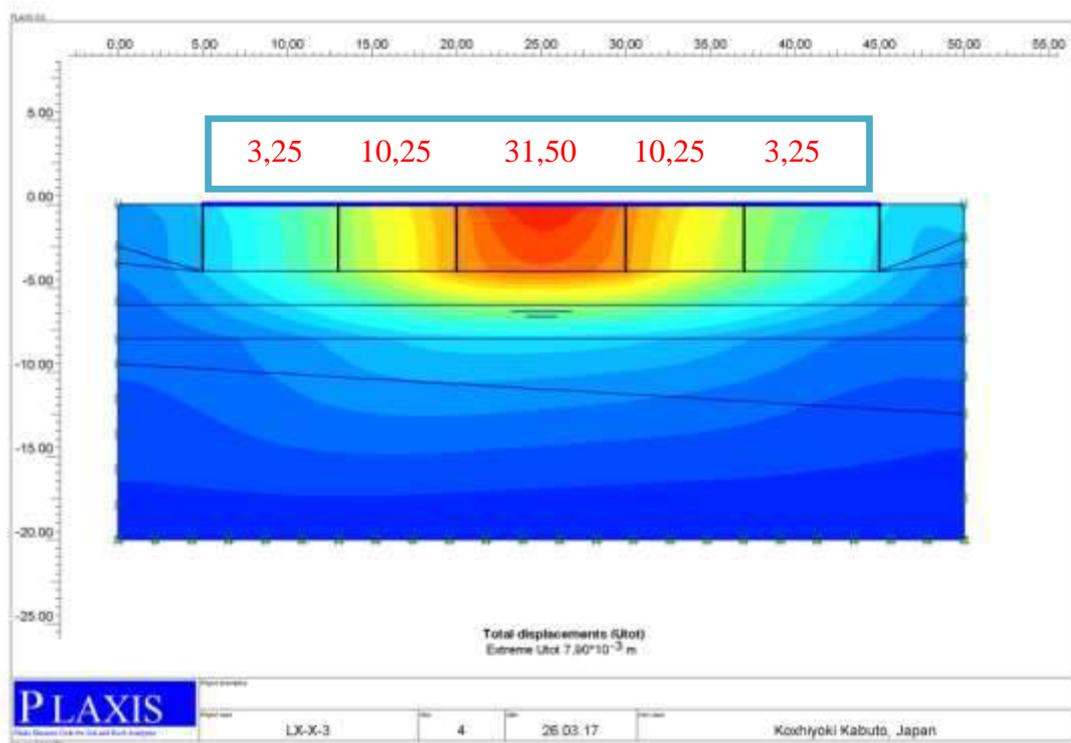


Рисунок 3.24. Распределение вертикальных перемещений по расчетному сечению  
Модель 2 - здание с изменяющейся высотой 3,25-10,25-31,50-10,25-3,25

### 3.4. Оценка напряженно-деформированного состояния грунтового массива после армирования основания

Моделирование упрочнения грунтового массива (третья модель) проводилось двумя операциями: 1) установка инъекторов - моделировалось удлинением анкеров; 2) закачка цементно-песчаного раствора и создание техногенного массива моделировалось изменением физико-механических свойств грунтов таких как удельный вес грунта, модуль общей деформации, сцепление и угол внутреннего трения.

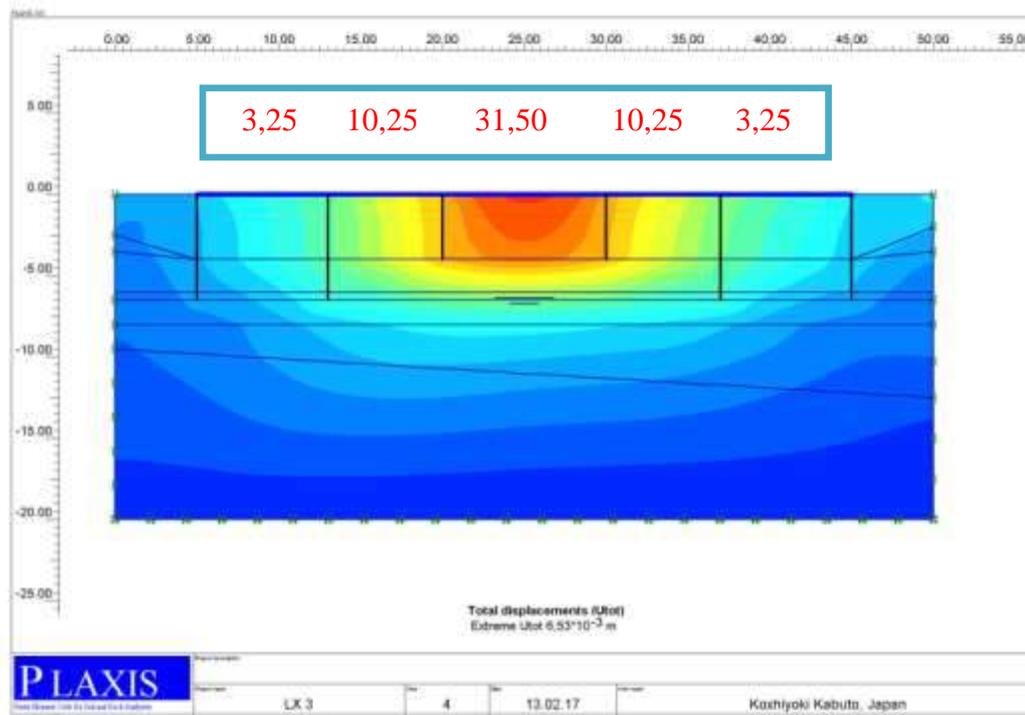


Рисунок 3.25. Распределение вертикальных перемещений по расчетным сечениям Модель 3 – с упрочнением грунтового массива.

Поскольку на данном объекте после упрочнения грунтового массива не производился геоконтроль за изменением физико-механических свойств, рассмотрим изменение напряженно-деформированного состояния грунтового массива при назначенных значениях плотности, деформируемости и прочности. А именно, при помощи компьютерной модели просчитаем ситуации и ответим на вопрос, какие деформации могут быть в грунтовом массиве, если бы упрочнение изменило плотность инженерно-геологического элемента 2б, его сопротивление сжатию и сдвигу.

Рассмотрим влияние изменения каждого параметра в отдельности на величину осадки. Изменение параметров приведено в таблице 3.8.

Таблице(3.8). Изменение свойств грунтов для третьей модели

Модель LX 3	g_unsat [kN/m <sup>3</sup> ]	g_sat [kN/m <sup>3</sup> ]	E <sub>50ref</sub> [[kN/m <sup>2</sup> ]	Осадка мм	c_ref [kN/m <sup>2</sup> ]	Осадка мм	φ phi [ ° ] град	Осадка мм
1	21	21	6000	7,78	11	7,78	16	7,78
2	21	21	7000	7,14	13	7,76	18	7,75
3	21	21	8000	6,65	15	7,74	20	7,73
4	21	21	9000	6,26	17	7,72	22	7,72
5	21	21	10000	5,95	19	7,7	24	7,69
6	21	21	11000	5,69	21	7,68	26	7,69

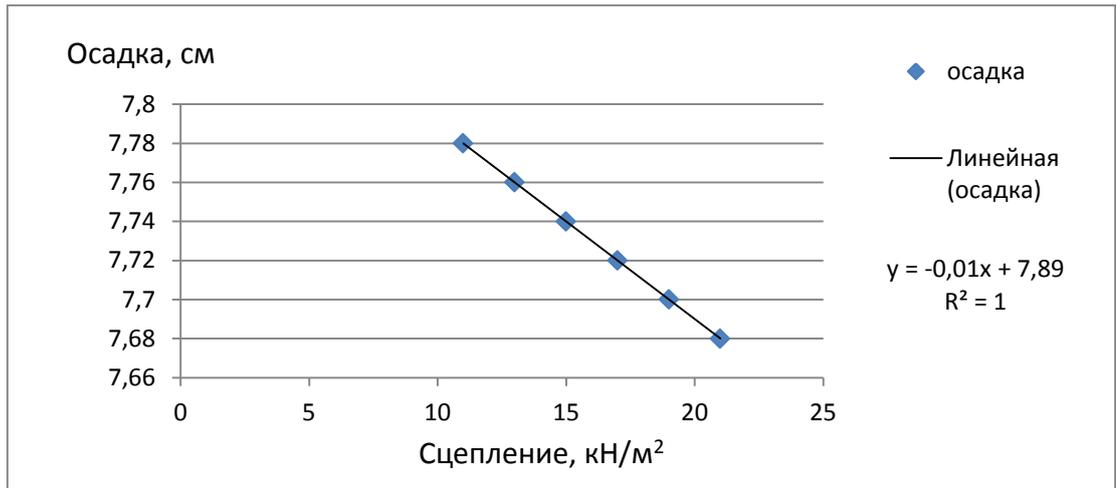


Рис. 3.26. График изменения осадки при увеличении сцепления

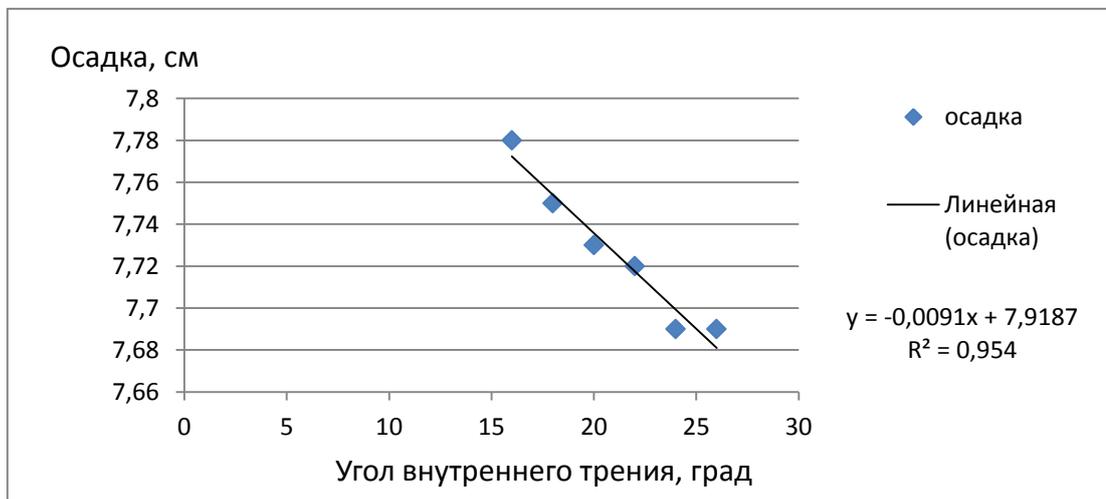


Рис. 3.27. График изменения осадки при увеличении угла внутреннего трения

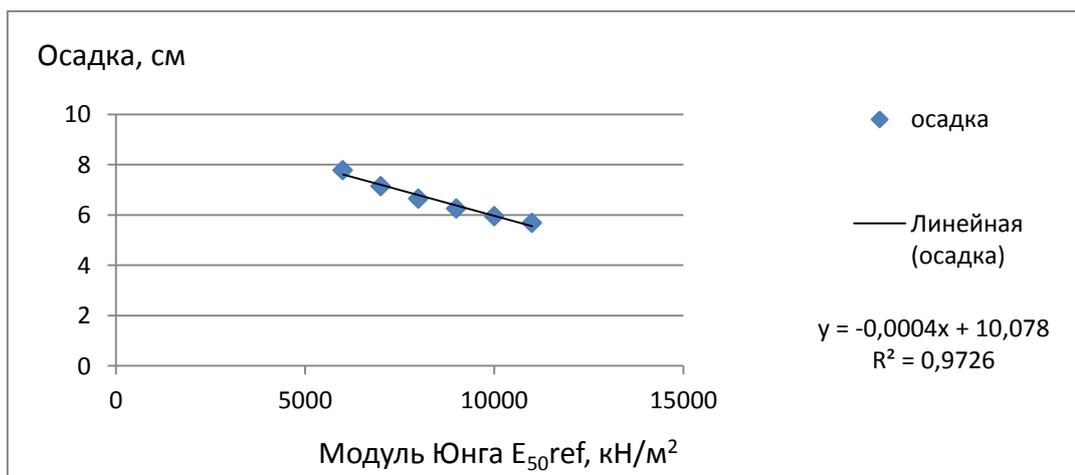


Рис. 3.28. График изменения осадки при увеличении модуля деформации

### **3.5. Обсуждение результатов моделирования**

Представлены результаты расчета напряженно-деформированного состояния грунтового основания по поперечному сечению здания 3-3, выполненные при помощи программного комплекса «Plaxis» на базе метода конечных элементов.

- Расчеты вертикальных перемещений по первой модели составили 3,67 мм (рис. 3.22).
- Расчеты вертикальных перемещений по второй модели с наращиванием этажности составили 7,90 мм (рис. 3.24).
- Расчеты вертикальных перемещений по третьей модели с упрочнением грунтового основания – 6,53 мм (рис. 3.25).
- При увеличении сцепления от 10 до 20 кПа, величина осадка изменится в интервале от 7,78 до 7,68 мм (рис.3.26).
- При увеличении угла внутреннего трения в интервале от 16 до 26 градусов, осадка уменьшится от 7,78 до 7,69 мм (рис. 3.27).
- При увеличении модуля деформации в интервале от 6 до 11 МПа, осадка уменьшится от 7,78 до 5,69 мм (рис. 3.28).

Таким образом, полученные результаты численных расчетов, учитывающие значительную неоднородность грунтов основания и фундаментов, могут рассматриваться как удовлетворительные. По расчетным сечениям прослеживается несимметричное распределение напряжений-деформаций, связанное, главным образом, с несимметричностью конструкций подземной части здания, усиления фундаментов буроинъекционными сваями.

## Глава 4. Обоснование мероприятий инженерной защиты (схем армирования оснований)

### 4.1 Влияние армирования на несущую способность грунтов

Несвязные и частично связные песчано-глинистые отложения распространены на территории Кузбасса и имеют мощность до 30–50 м. Ведение горно-строительных работ и эксплуатация горнотехнических сооружений осложняется низкими прочностными параметрами грунтов, влиянием на них геосейсмической активности, перепадов температуры, влагонасыщения, статической деформации земной поверхности. При проходке устьев стволов имеют место вывалы объемом до 600 м<sup>3</sup>, при ведении открытых горных работ в массивах глинистых четвертичных отложений зафиксированы обрушения бортов объемом до 700 тыс. м<sup>3</sup>, при эксплуатации надшахтных сооружений, технических и административных объектов происходят недопустимые осадки оснований. Для устранения технологических нарушений необходимо применение методов контролируемого инъекционного уплотнения массивов неустойчивых грунтов [2].

Согласно статистическим данным на 87% эксплуатируемых зданий и сооружений имеют место аварийные ситуации различной степени. При данных обстоятельствах, а также в случае необходимости реконструкции существующих зданий и сооружений актуальным становится вопрос об усилении оснований и фундаментов [21].

Анализ технической литературы показал, что методы геоконтроля, удовлетворяющие по своим физическим принципам, технологическим характеристикам и информативности особенностям технологии напорной инъекции (НИ), можно разделить на две группы: геолого-маркшейдерские и геофизические (рис. 4.1) [21,54,55].



Рисунок 4.1. Классификация методов геоконтроля процессов НИ [54, 55]

Изучением вопроса о влиянии армирования на несущую способность грунтов занималось ООО «НООЦЕНТР», которое выполняет работы по упрочнению грунтовых оснований в Кузбассе. Ниже приводятся результаты этих исследований на производственных объектах: на площадке административного здания ОАО «Кузбассэнерго» и опытно-производственном полигоне ООО «НООЦЕНТР» [21].

Здание ОАО «Кузбасс энерго» расположенном в заводском районе г. Кемерово в зоне неустойчивых грунтов вследствие неблагоприятных природных и техногенных

гидрогеологических условий [21]. Геологическое описание дано по двум разведочным скважинам. Закрепление грунтов производилось в 29 инъекторах, установленных на площади более 500 м<sup>2</sup>. Статическое зондирование проводилось в 35 точках поинтервально с шагом 0,2 м на глубину до 8 м. Более детально условия и результаты эксперимента описаны в работах [35, 36, 37]. На рис. 4.2 представлены конструкция инъектора и данные о физико-механических свойствах грунтов на опытном участке [21].

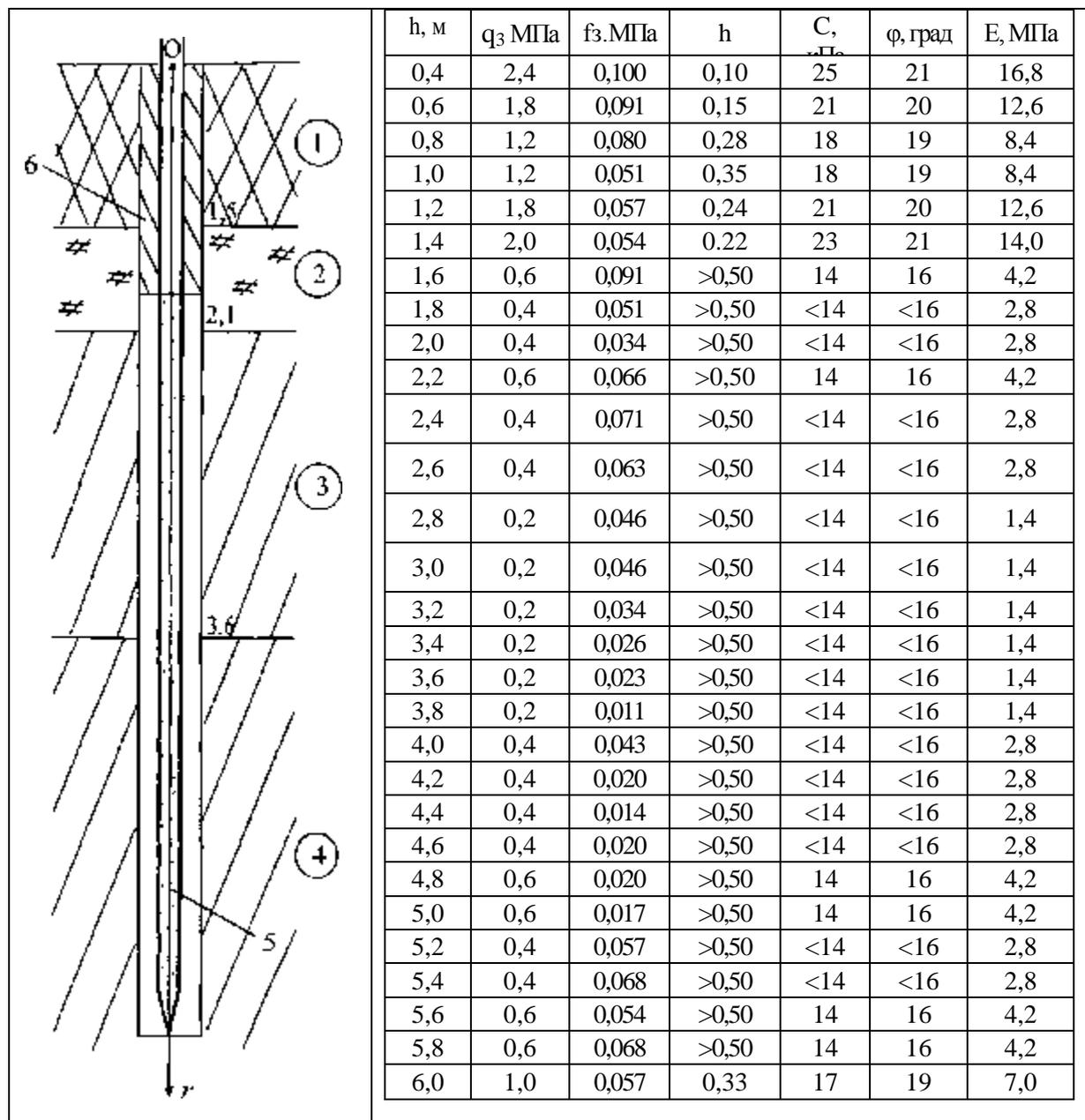


Рисунок 4.2. Конструкция инъектора (а), физико-механические свойства грунтов (б) на опытном участке: 1 - насыпной грунт; 2 - почва суглинистая; 3 - суглинок бурый пылеватый макропористый; 4 - суглинок серый аллювиальный от мягкопластичного до тугопластичного; 5 - перфорированная труба; 6 - бетонный тампон [2,21]

По результатам инженерно-геологического исследования скважин укрепляемый массив складывается из следующих слоев: влажные насыпные грунты 1 (уровень подземных вод находится на отметке  $h=1,4$  м) мощностью 1,5 м; почва суглинистая - 2, мощность –

0,6 м; слой 3 суглинка бурого (плотность  $\rho = 1,92 \text{ г/см}^3$ ; показатель текучести  $I_L = 0,82-0,93$ , модуль деформации  $E=1,9-2,2 \text{ МПа}$ ; удельное сцепление  $C = 10-15 \text{ кПа}$ , угол внутреннего трения  $\varphi = 9-19^\circ$ ); слой 4 суглинка серого аллювиального ( $\rho = 1,8-1,93 \text{ г/см}^3$ ,  $I_L = 0,37-0,9$ ,  $E = 1,8-3,2 \text{ МПа}$ ,  $C = 12-32 \text{ кПа}$ ,  $\varphi = 14-21^\circ$ ), ниже которого с отметки  $h = 7,0 \text{ м}$  залегает слой плотных тугопластичных суглинков [2,21].

Данные поинтервального статического зондирования (рис. 4.3.) свидетельствуют о том, что наименее прочный слой суглинков находится в интервале 2,6-5,2 м. Он характеризуется минимальными значениями параметров  $q_3 \leq 0,2 \text{ МПа}$  и  $f_3 \leq 0,04 \text{ МПа}$ . Приведенные данные показывают, что геологический разрез даже в пределах весьма ограниченного участка, намеченного для укрепления, весьма неоднороден по физико-механическим свойствам, влажности и гранулометрическому составу [21].

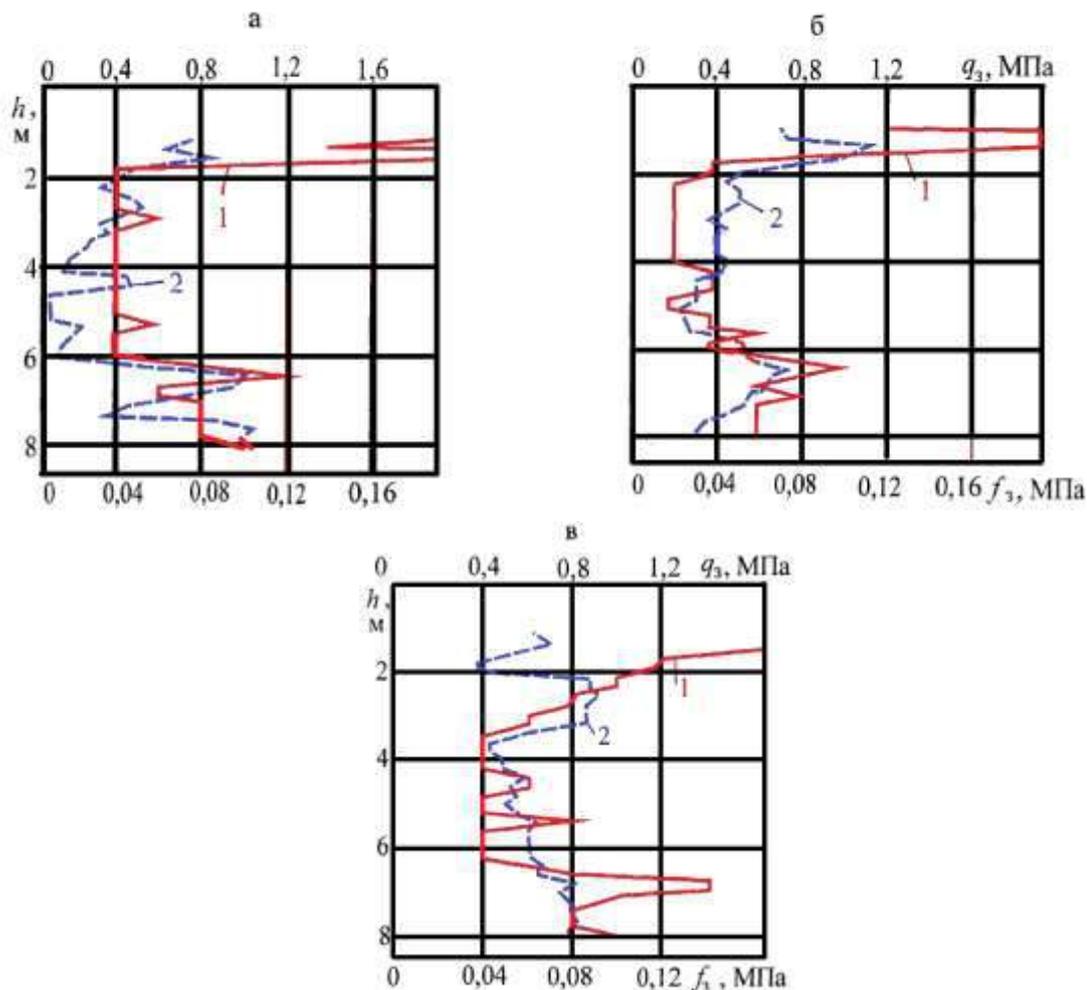


Рисунок 4.3. Результаты статического зондирования по глубине закрепленного участка (скв. № 13) через 4 сут (а), 10 сут (б), 46 сут (в) после нагнетания раствора:

1 –  $q_3$ ; 2 –  $f_3$  [2,21]

Предварительное статическое зондирование позволяет детально выделять локальные инженерно-геологические элементы. В частности, на ряде графиков  $q_3(h)$  отмечены локальные "пики" с максимальной шириной  $\Delta h = 0,4-0,6 \text{ м}$  и амплитудой  $q_3 \geq 1 \text{ МПа}$ , что указывает на присутствие в разрезе прослоев уплотненных песков [2,21].

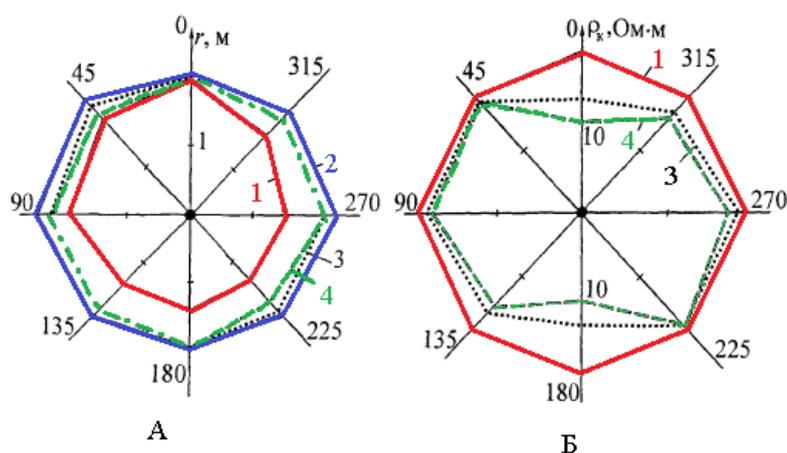
На рис. 4.3 б, в приведены графики статического зондирования  $q_3(h)$  и  $f_3(h)$  по глубине массива на 10 и 46 сутки после закачки в него цементного раствора, анализ которых свидетельствует о сложном характере гидродинамических процессов

распространения раствора и физико-химических явлений, приводящих к постепенной консолидации и увеличению прочности грунтов в контролируемой зоне [21,48].

. На начальной стадии контроля (рис. 4.3,а) наблюдается снижение прочностных показателей на интервале  $h = 3,0-6,0$  м, что связано с нарушением естественной структуры грунта и отфильтровыванием в поры жидкой фазы раствора под действием инъекционного давления [21]. В интервале  $h = 4,6-6,0$  м вероятно частичное замещение (вымывание) ослабленных суглинков песчано-цементной смесью с последующим ее уплотнением [21].

В дальнейшем происходит непрерывное повышение прочностных параметров с превышением исходного уровня на отдельных интервалах от 1,5 до 10 раз. До начала работ по установке инъекторов выполнено круговое ВЭЗ (зондирование с поворотом оси установки вокруг центра на угол 60-90°). Практически на всей глубине зондирования анизотропия свойств грунтов незначительна, коэффициент анизотропии не превышал  $K_a=1,15$ . Через 3 дня после закачки цементного раствора на повторном круговом ВЭЗ коэффициент анизотропии на разносах  $AB = 3$  м до  $AB = 8$  м изменялся в диапазоне  $K_a=1,5-1,63$ . Так как на больших разносах влияние инъектирования не сказывалось, глубина проникновения раствора составила 4-6 м [2,21].

На рис. 4.4 показаны круговые диаграммы изменения эффективного УЭС  $R_k$ , полученные двух и четырехэлектродными методами вокруг оси инъекционной скважины за период наблюдения 30 суток [21].



*Рисунок 4.4. Круговые диаграммы электрофизического контроля динамики распространения цементно-песчаного раствора от скважины двухэлектродным (а) и четырехэлектродным ( $AB = 8$  м) методами (б): 1- начальный замер; 2 - через 2 часа после закачки раствора; 3 - через 2 сут; 4-через 30 сут [2,21]*

Диаграмма 1 на (рис. 4.4,а) свидетельствует о существенной исходной электрофизической анизотропии массива: наибольшая электропроводность наблюдалась в секторе  $\psi = 180-270^\circ$  (расстояние  $r$  до точки с равным потенциалом наименьшее), наибольшая -  $\psi = 0-90^\circ$ . Закачка раствора привела к перераспределению электрического поля заряженного инъектора: наибольшее увеличение расстояния  $r$  зафиксировано на интервале  $\psi = 90-270^\circ$ , наименьшее  $\psi = 45-315^\circ$  [21]. Таким образом, зона фильтрации в плане имеет вытянутую форму. За последующие 30 суток (диаграмма 4) наблюдений на интервалах  $\psi = 0-90^\circ$  и  $180-270^\circ$  произошло некоторое "отступление" фронта фильтрации, связанное, по-видимому, с отфильтровыванием жидкой части раствора и связыванием влаги при его твердении [21,48].

Диаграмма на (рис. 4.4,б) показывает, что распространение раствора от соседних нагнетательных скважин привело к созданию линейной тампонажной завесы, ось которой совпадает с осью  $\psi = 0-180^\circ$ . В качестве показателя интенсивности проникновения раствора в грунт целесообразно использовать отношение экстремальных значений  $\rho_k$ :  $\rho_{k \min}/\rho_{k \max}$ . В момент  $t_0$  это отношение составило 0,88, через 2 сут- 0,67, через 30 сут- 0,57 [2,21].

Обработка результатов кругового ВЭЗ при различных разносах  $AB$  позволила оценить динамику распространения раствора по глубине (рис. 4.5).

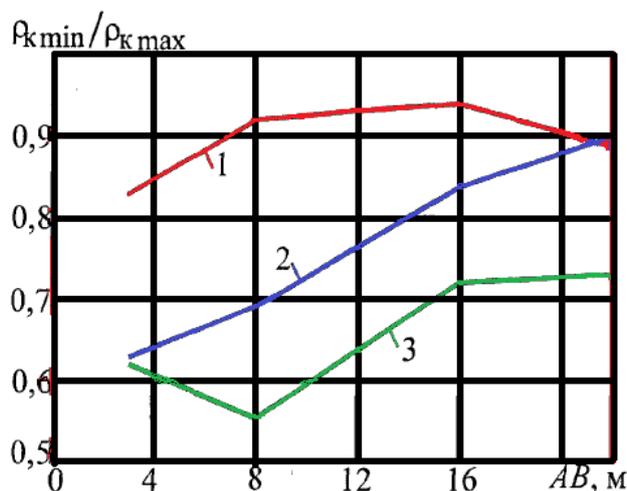


Рисунок 4.5. Результаты оценки распространения раствора по глубине массива:  
1 -  $t_0$ ; 2 - через 2 сут; 3 - через 30 сут [2,21]

Результаты эксперимента свидетельствуют о сложных гидродинамических процессах в исследуемой зоне грунтового массива: в начальный период после закачки (график 2) происходит гидроразрыв и гидроразмыв наиболее слабого слоя мягкопластичных суглинков на глубину  $h = 0,25AB = 0,25 \cdot 16 = 4$  м с уплотнением пустот песком, растворением цемента в природной жидкости. В последующий период наблюдается просачивание цементного раствора вглубь массива до отметки  $h = 0,25 \cdot 22 = 5,5$  м, т.е. в слой плотных суглинков. Для оценки ширины зоны распространения раствора были намечены профили, перпендикулярные оси заложения инъекционных скважин [21,48].

По этим профилям были проведены электропрофилирование четырехэлектродной установкой А2,75М0,5N2,75В с шагом  $\Delta x = 0,1$  м. Результаты этих измерений по трем из нагнетательных скважин представлены на (рис. 4.6.). Сопоставление графиков показывает, что вследствие анизотропии проницаемости грунтового массива и различия в режимах закачки цементного раствора результаты инъектирования на опытных участках имеют существенные отличия [21].

В районе скв. №1 массив характеризуется относительной однородностью свойств, поскольку диапазон изменения  $\Delta \rho_k$  в пределах контролируемого интервала в момент  $t_0$  не превышал  $2 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . Зона распространения раствора симметрична относительно оси нагнетательной скв. № 3, ширина зоны обработки составила  $\Delta x = 1,4$  м (рис. 4.6, а) [21].

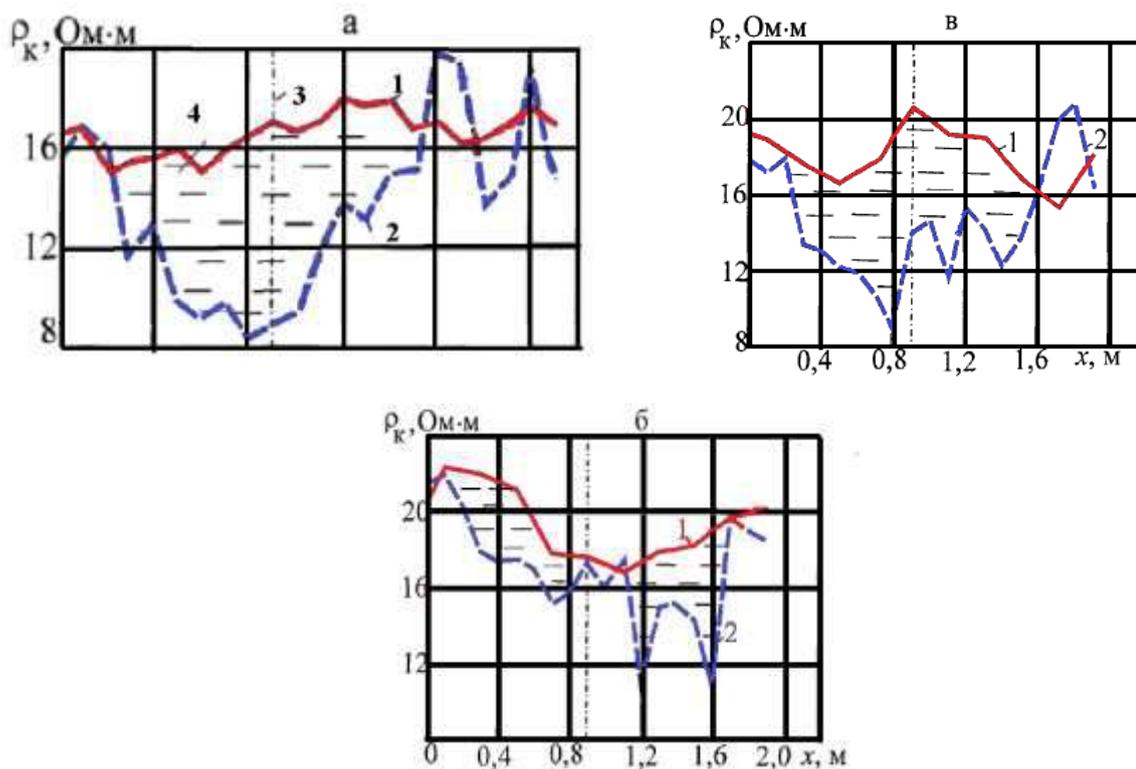


Рисунок 4.6. Результаты поперечного электропрофилирования зон инъецирования скв. № 1 (а), скв. № 6 (б), скв. № 13 (в), АВ = 6 м: 1 -  $t_0$ ; 2 - через 10 суток; 3 – ось инъеционной скважины; 4 – зона проникновения раствора [2,21]

В районе скв.№ 6 в момент  $t_0$  зафиксирована локальная обводненная зона с повышенной пористостью на интервале  $x = 0,6-1,7$  м. Распространение раствора от этой скважины оказалось весьма неравномерным: наибольшие аномалии  $\rho_k$  установлены на интервале  $x=1,1-1,7$  м, т.е. значительная часть раствора сместилась в сторону ослабленной зоны, общая ширина зоны цементации  $\Delta x=1,6$  м (рис. 4.6,б) [21,48].

Аналогичный результат, но со смещением зоны проникновения раствора на интервал  $x = 0,2-0,9$  м ( $\Delta x = 1,4$  м) был диагностирован при обработке массива через скв. №13 (рис. 4.6, в). Поскольку электрофизический метод характеризует изменение физического состояния не в точке, а в контролируемом объеме, сопоставление его результатов с данными полевых механических испытаний возможно только на уровне интегральных показателей. На (рис. 4.7) представлены графики комплексного контроля качества укрепления по инъеционным скважинам № 3 и 5, а также усредненные по всем 29 скважинам, позволяющие проанализировать общие тенденции изменения контролируемых параметров [2,21].

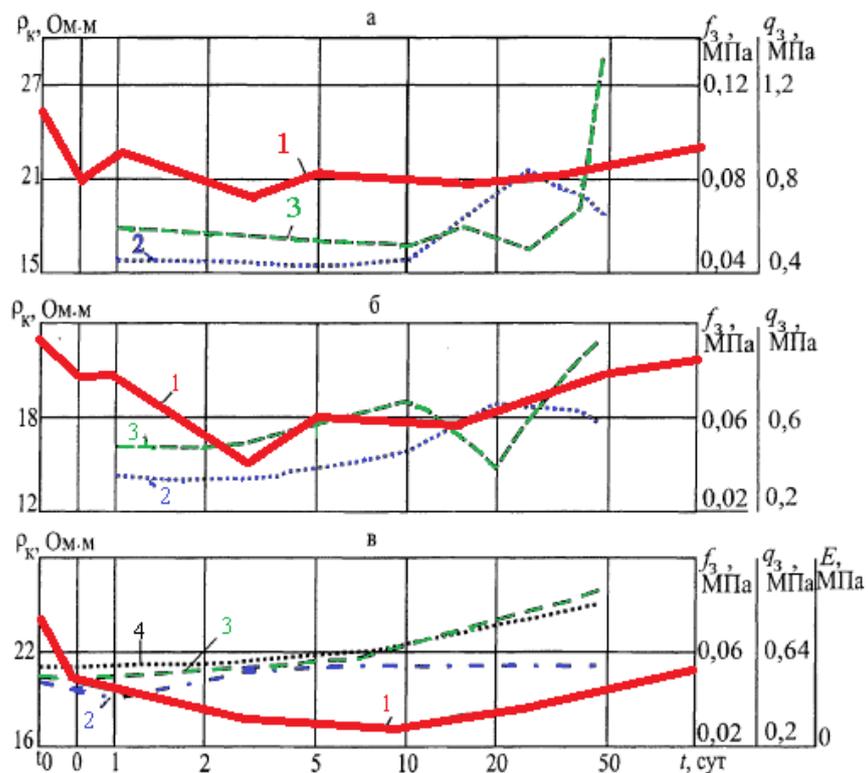


Рисунок 4.7. Изменение УЭС и механических параметров  $f_3$ ,  $q_3$  и  $E$  в зоне укрепления скв. №3 (а), №5 (б) и в среднем по всем скважинам участка: 1- $p_k$ ; 2 -  $f_3$ ; 3 -  $q_3$ ; 4 -  $E$  [2,21]

Графики изменения эффективного УЭС массива  $p_k(t)$  имеют следующий вид: в первые сутки после закачки раствора величина  $p_k$  уменьшается на 20-30%, в интервале  $t=1-10$  сут она стабилизируется, а затем начинается ее монотонное повышение, однако за интервал наблюдения около 100 сут начальное значение  $p_{k0}$  не было достигнуто ни по одному опытному участку [21]. Основной причиной различия в результатах лабораторных и полевых исследований является отсутствие дренажа влаги в полевых условиях, поэтому при заполнении пор грунта цементно-песчаной смесью, ее твердении и соответствующем уменьшении объема пор влажность породы изменяется в значительно меньшей степени. Рост средних прочностных параметров  $f_3$ ,  $q_3$  и  $E$  (рис. 4.7, в) наблюдается практически с момента  $t = 1$  сут, в то время как по скв. №3 имеет место снижение  $f_3$  и  $q_3$  на интервале  $t=1-10$  сут, а также локальное снижение  $q_3$  при  $t = 15-30$  сут (скв. №3) и  $t = 10-20$  сут (скв. №5). Таким образом, при совпадении характеров графиков  $p_k(t)$  и  $f_3$ ,  $q_3$ ,  $E(t)$  при  $t > 10$  сут по отдельным участкам контроля наблюдались отдельные аномалии, обусловленные значительно большей базой электрофизических измерений. Зафиксированное среднее увеличение модуля деформации  $E$  укрепленного грунта составило более 85 %, среднее увеличение УЭС при этом превысило 25 % [2,21].

#### 4.2 Влияние армирования на деформативность грунтов

Для характеристики влияния армирования на физико-механические свойства грунтов использованы данные специализированных организаций (ЗАО "Спецфундаментстрой", ОАО "Кузбасс ТИСИЗ", ООО "НООЦЕНТР" и др.). Параметры акустических колебаний функционально связаны с упругими характеристиками горных

пород: модулями упругости  $E$ , сдвига  $G$ , всестороннего сжатия  $K$ , коэффициентом Пуассона  $\mu$  [21].

Песчано-глинистые грунты представляют собой дисперсные многокомпонентные системы. Экспериментальными и теоретическими исследованиями установлено, что физико-механические свойства грунтов в естественных условиях могут с достаточной степенью надежности определяться через соотношения скоростей продольных  $V_p$  и поперечных  $V_s$  волн с помощью статистических зависимостей, общий вид которых приведен в (табл. 4.1) [38], ( $a_1$ - $a_{12}$  - эмпирические постоянные). С целью расширения возможностей сейсмического геоконтроля были проведены натурные комплексные исследования при укреплении грунтов основания сооружения методом напорной инъекции [21].

Таблица 4.1. Корреляционные зависимости между механическими и акустическими свойствами грунтов [38,21]

Параметр	Уравнение
Модуль деформации	$E_{II} = a_1 V_p + a_2 V_s + a_3$
Сцепление	$C = a_4 - a_5 V_p / V_s$
Угол внутреннего трения	$\varphi = a_6 - a_7 V_p / V_s;$ $\varphi = a_8 \left( \sqrt{\frac{V_p}{V_s}} - a_9 \right)^{-1} + a_{10}$
Плотность	$\gamma = a_{11} \sqrt{v_p} + a_{12}$

**Первый участок.** Инженерно-геологические изыскания на объекте проведены ОАО "КузбассТИСИЗ", инъекционное укрепление грунтов и геофизические исследования – ООО "НООЦЕНТР" [22].

Геологическое строение изучаемого массива на глубину исследований представлено сверху вниз.

*Слой 1 ( $tQ_{IV}$ )* - современные техногенные отложения, представленные насыпным грунтом из слежавшейся смеси суглинка, почвы, строительного мусора в виде обломков кирпичей, кусков бетона общей мощностью от 1,5 до 3,2 м. На период изысканий сезонное промерзание составило от 0,5 до 1,8 м, далее грунт от влажного до водонасыщенного состояния [21].

*Слой 2 ( $prQ_{III}$ )* - верхнечетвертичные покровные отложения, представленные суглинками пылеватыми бурого цвета, непросадочными, макропористыми, средней плотности, преимущественно тугопластичной консистенции, интервалами с включением карбонатов, слабоожеженными. Мощность слоя 4,9-5,7 м.

*Слой 3 ( $prQ_{III}$ )* - суглинки пылеватые серовато-бурого цвета, с прослойками и линзами песка, водонасыщенные от мягкопластичной до текучепластичной консистенции. Мощность слоя от 2,0 м до 6,6 м [21].

*Слой 4 ( $asQ_{II-III}$ )* – средне верхнечетвертичные отложения, представленные пылеватыми темно-бурыми до коричневых суглинками с прослойками и линзами обводненного песка, с включением незначительного количества мелкой гальки, с примесью органических веществ в виде слабой заторфованности и остатков мелких ракушек, сильно ожеженных, от мягкопластичной до текучепластичной консистенции по лабораторным определениям и от полутвердой до тугопластичной консистенции по визуальным определениям. Эти суглинки представляют пойменную фацию

аллювиальных отложений третьей надпойменной террасы р. Томи. Вскрытая мощность слоя до 2,6 м [21].

Гидрогеологические условия площадки характеризуются наличием первого горизонта грунтовых вод в насыпных грунтах слоя 1 и покровных суглинках слоя 3, проявляющегося в виде высокой степени водонасыщения и безнапорного малодобитного горизонта грунтовых вод в суглинках пойменной фации аллювиальных отложений. Анализ показателей физико-механических характеристик грунтов, представленных в (табл. 4.2), позволяет сделать следующие выводы: на момент проектирования и строительства сооружения наличие грунтов меньшей влажности с высокими значениями прочностных и деформационных характеристик позволило применить ленточный фундамент; при эксплуатации сооружения происходили неоднократные влагонасыщения основания, что привело к изменению характеристик грунта в сторону их снижения и явилось причиной деформаций фундамента и несущих конструкций [21].

Таблица 4.2. Физико-механические свойства грунтов опытного участка [2,21]

глубина тбора ,м	№ ИГЭ	Гранулометрический состав %			Природная влажность, W	Плотность грунта ρ, г/см <sup>3</sup>	Коэффициент пористости e	Модуль деформации E <sub>d</sub> , Мпа	Угол внутреннего трения φ, град
		Песок	Пыль	Глина					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	2				0,25	1,87	0,81	3,3	18
3	2	11,5	67,9	20,6	0,3	1,86	0,98	3,8	19
4	2	12	73,3	14,7	0,31	1,9	0,86		20
5	2				0,24	1,96	0,71	3,4	
6	2				0,24	1,96	0,71	5,2	
3	2				0,23	1,94	0,71	3,3	
4	2	13,3	70,4	16,3	0,22	1,96	0,68	5,2	21
5	2				0,25	1,94	0,74	2,8	19
6	2	12,3	72,5	15,2	0,24	1,97	0,69		
7	2				0,24	1,94	0,72	2,1	22
7	3	14,7	70,6	14,7	0,32	1,94	0,84		17
8	3	18,6	64,6	16,8	0,28	1,96	0,76	2,8	17
9	3				0,28	1,96	0,76		
10	3	22,9	59,2	17,9	0,27	1,99	0,72		
4	3	13,7	70	16,3	0,31	1,87	0,88	2,7	
5	3	17,5	63,5	19	0,3	1,86	0,89		
6	3				0,25	1,99	0,7	2,9	19
7	3				0,26	1,97	0,72	3,3	
8	3	18,8	66	15,2	0,27	1,98	0,73	3,6	21
9	3				0,27	2,03	0,69	2,1	
8	3	9,9	74,9	15,2	0,29	1,94	0,79		20
9	3	19,9	64,9	15,2	0,27	2,01	0,7	2,5	
11	4	17,5	67,3	15,2	0,41	1,82	1,08		18
12	4				0,37	1,83	1,01	3,4	
10	4				0,37	1,85	0,99		20
11	4	16,6	66	17,4	0,3	1,88	0,86		
12	4	14,4	67,6	17,9	0,27	1,93	0,77	2,2	19
10	4	18,4	66	15,2	0,28	1,96	0,76		22
12	4		63,9	20,6	0,29	1,95	0,78		

С целью управления свойствами грунтов неустойчивого основания и предотвращения интенсивных осадок конструкции было проведено укрепление методом высоконапорной инъекции цементно-песчаных растворов. На всех стадиях укрепительных работ проводился контроль состояния и свойств грунтов комплексом методов: определение свойств отобранных образцов в лабораторных условиях; полевые статические зондирования тензометрическим устройством; геофизический мониторинг. Схема опытного участка приведена на рис. 4.8 [21].

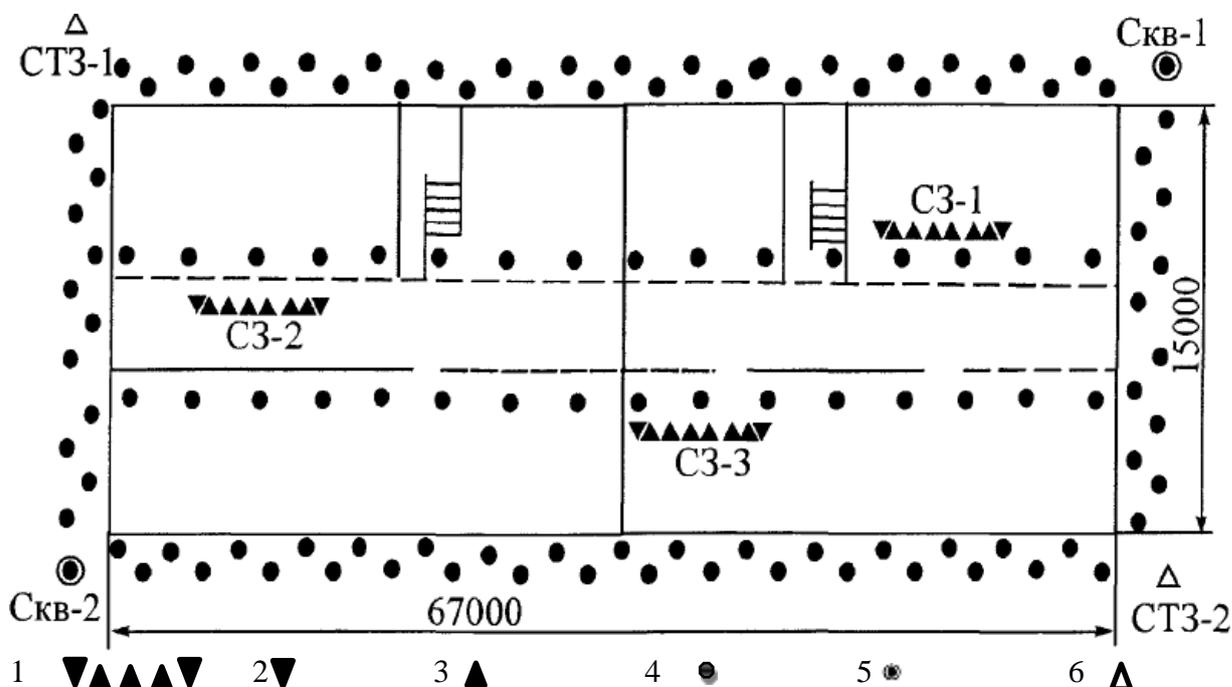


Рисунок 4.8. Схема опытного участка:

1- установки сейсмического зондирования C3-1, C3-2, C3-3; 2- пункт возбуждения колебаний; 3 - пункт приема колебаний; 4- инъекторы; 5- инженерно-геологические скважины Скв-1, Скв-2; 6 - точки статического зондирования CT3-1, CT3-2 [2,21]

Геофизические исследования проводились по методике, описанной в п. 2.3.3. Характерные виды сейсмограмм приведены на рис. 4.9 [2,21].

При обработке экспериментальных данных сначала производили корреляцию (определение времени первых вступлений волны путем сопоставления формы колебаний), затем были построены годографы продольных и поперечных волн для серии наблюдений от исходного состояния массива до 62 сут с момента закачки раствора (рис. 4.10). Результаты обработки экспериментальных данных приведены на рис. 4.11.

Из графиков следует, что при твердении укрепляющей цементной смеси происходит увеличение скорости поперечной волны в диапазоне от  $V_s=70-600$  м/с до  $V_s=700-1100$  м/с, скорости продольной волны в диапазоне от  $V_p=500-700$  м/с до  $V_p=1400-2000$  м/с, при этом модуль упругости возрос от начального уровня  $E_H=0,5-3,5$  МПа до  $E_H=13-23$  МПа [21]. Зависимости акустических  $V_s$ ,  $V_p$  и деформационного  $E_H$  параметров от времени  $t$  набора прочности близки к линейным, причем на глубине  $h=3$  м величина  $E_H$  в 2-4 раза выше, чем в поверхностном слое массива ( $h=1$  м) (рис. 4.12). При насыщении грунтов укрепляющим раствором происходит резкое увеличение скорости  $V_p$  продольных волн, а скорость  $V_s$  поперечных волн остается практически неизменной, что является признаком попадания раствора в исследуемую зону. Следует отметить, что величина модуля деформации  $E_n$ , зависящая от скоростей упругих волн  $V_p$  и  $V_s$ , сразу

после закачки раствора уменьшается, а затем, по мере затвердевания раствора, увеличивается [21].

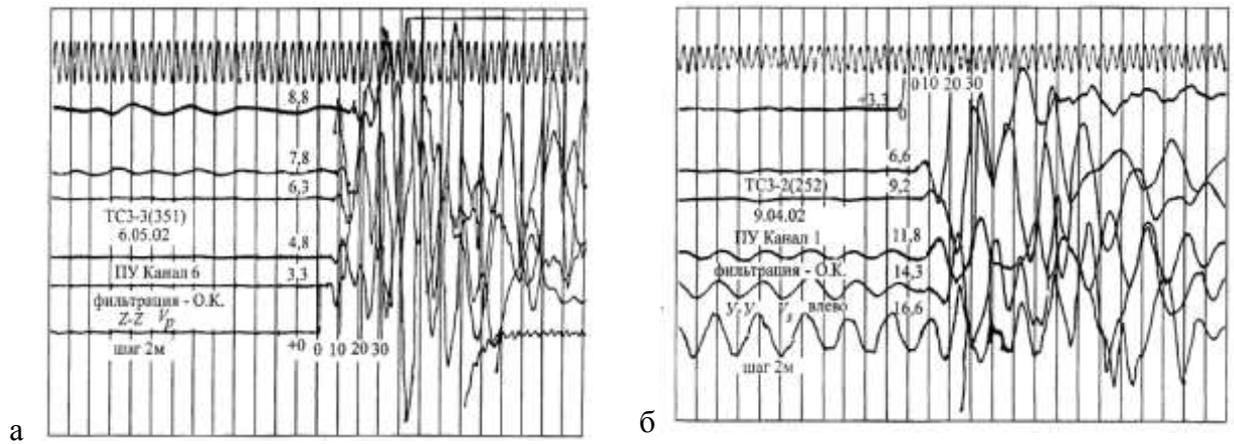


Рисунок 4.9. Примеры фотографических сейсмограмм продольных (а) и поперечных (б) волн [2,21]

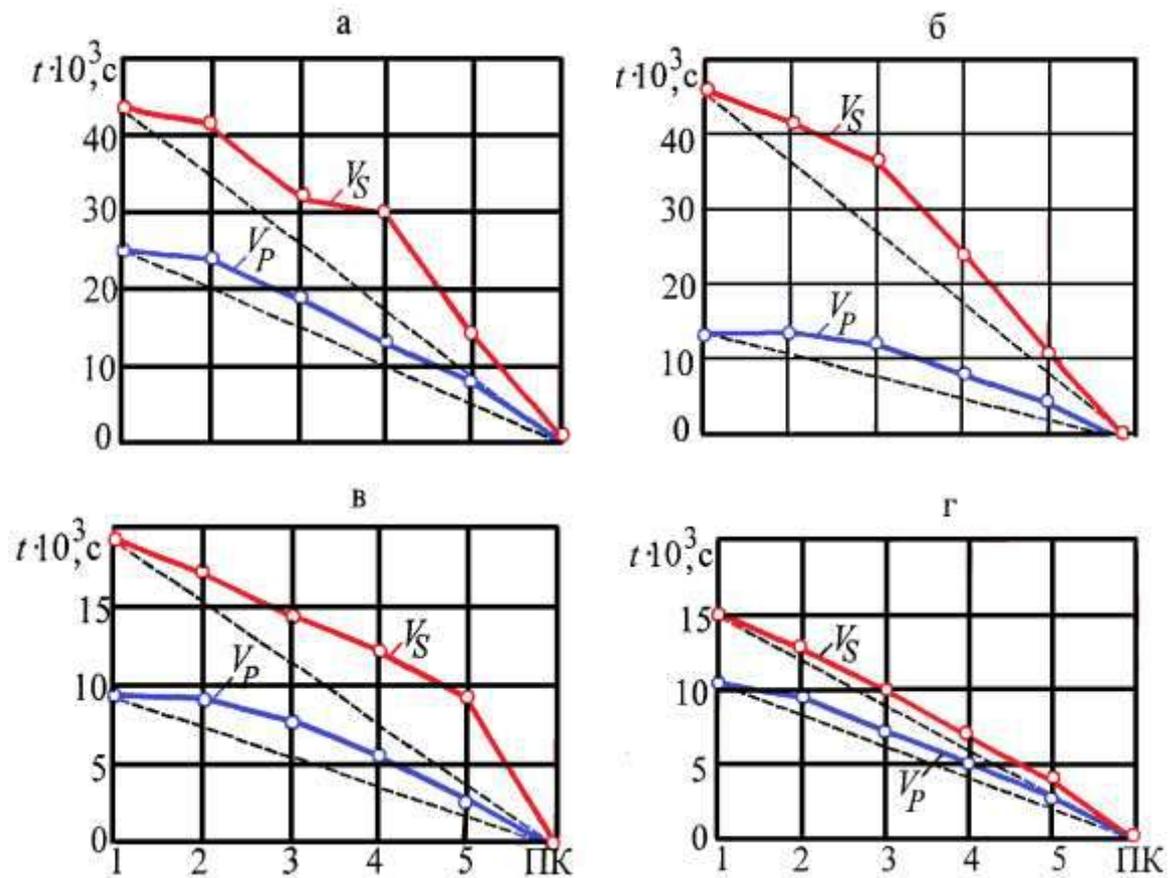


Рисунок 4.10. Годографы продольных  $V_p$  и поперечных  $V_s$  волн на участке TC3-3 до закачки раствора (а), через 2 сут после закачки (б), через 34 сут (в), через 62 сут (г) [2,21]

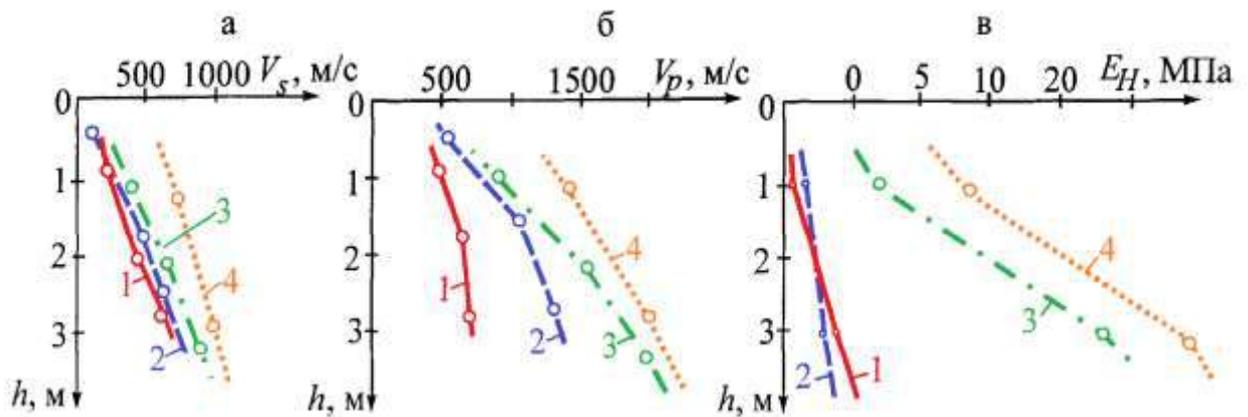


Рисунок 4.11. Графики изменения скорости поперечных  $V_s$  (а), продольных  $V_p$  волн (б) и модуля деформации  $E_H$  по глубине  $h$  массива (в) (точки на графиках  $V_s$  и  $V_p$  соответствуют расчетным глубинам расположения преломляющих границ):  
1 - до закачки; 2 - через 2 сут после закачки; 3 - через 34 сут; 4 - через 62 сут [2,21]

С целью установления взаимосвязи между деформационными параметрами глинистых грунтов, подвергшихся укреплению, была проведена статистическая обработка банка данных, включающего модуль общей деформации  $E_H$ , определенный в лабораторных условиях, и динамический модуль упругости  $E_H$  рассчитанный по формуле по результатам сейсмических измерений.

$$E_H = D\rho V_s^2 \frac{3(V_p/V_s)^2 - 4}{(V_p/V_s)^2 - 1},$$

где  $D$  - эмпирическая постоянная, для условий Кузбасса  $D = 0,001-0,002$ ;

$\rho$  - плотность грунта в естественном залегании,  $г/см^3$ .

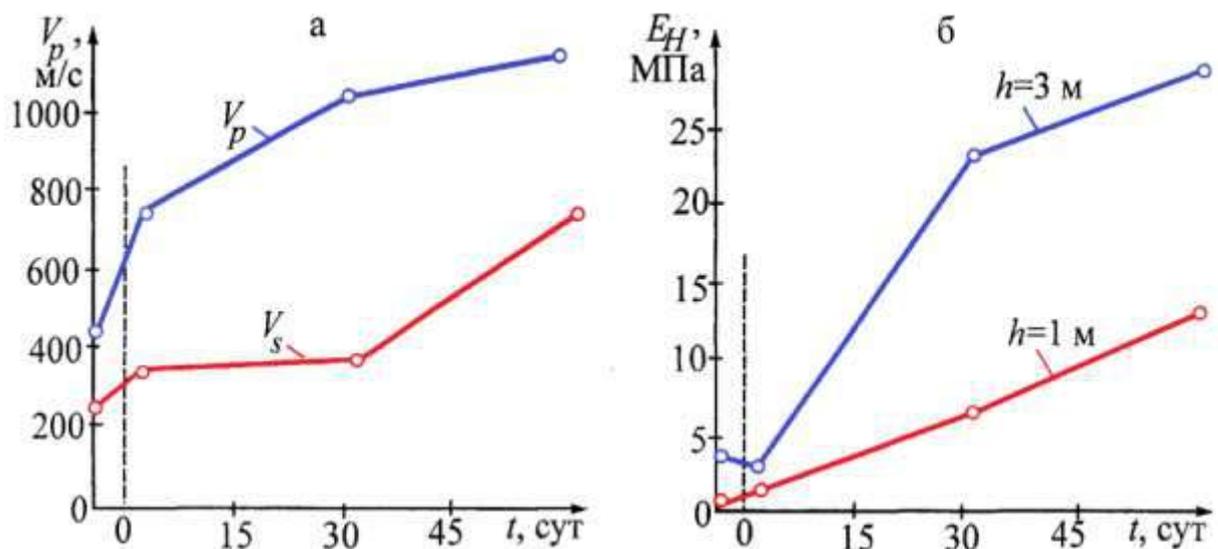


Рисунок 4.12. Графики изменения средних значений скоростей упругих волн  $V_p$  и  $V_s$  (а) и модуля деформации  $E_H$  на различной глубине  $h$  от времени  $t$ , прошедшего с момента закачки [2,21]

Исходные данные для анализа приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3 . Физико-механические свойства грунтового массива [2,21]

Глубина $Z$ , м	Плотность грунта $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$E_0$ , МПа	$V_p/V_s$	$V_s$ м/с	$E_n$ , МПа
6	1,69	0,70	1,8	420	7,85
4	1,74	0,37	1,55	340	4,75
5	1,76	0,62	1,8	375	6,65
5	1,65	0,50	1,7	385	6,35
4	1,63	0,42	1,5	355	4,65
8	1,66	0,71	1,5	475	8,40
6	1,79	0,50	1,51	360	5,30
4	1,69	0,31	1,52	285	3,05
5	1,71	0,33	1,47	330	4,05
4	1,76	0,42	1,46	370	5,05
5	1,80	0,56	1,55	390	6,35
8	1,75	0,71	1,6	455	8,80

В результате обработки по программе «Статистика» получены следующие корреляционные зависимости (табл. 4.4).

Таблица 4.4. Результаты статистической обработки данных [2,21]

Уравнение	Коэффициент корреляции (корреляционное отношение)	Критерий надежности оценки $t$	Остаточное среднеквадратичное отклонение $\Delta$
$E_n = 0,03498 + 0,08042 E_n$	$r = 0,97216$	13,12	0,03623
$E_n = -0,26583 + 0,44794 \ln E_n$	$R = 0,95693$	10,42	0,04488
$E_n = 0,1897 \text{ бехр } (0,16069 E_n)$	$R = 0,96002$	10,84	0,04328

Для прогноза деформационных свойств грунтов по данным сейсмических измерений целесообразно использовать линейную зависимость. Приведенные в работе результаты свидетельствуют об эффективности применения сейсмического метода для контроля физического состояния оснований укрепленных грунтов сооружений и прогноза деформационных свойств массива [2,21].

**Второй участок:** Объектом исследования является укрепляемое методом высоконапорной инъекции основание административного здания ОАО "Кузбассэнерго", находящегося в аварийном состоянии. Сооружение расположено в г. Кемерово в зоне неустойчивых глинистых грунтов вследствие воздействия неблагоприятных природных и техногенных гидрогеологических условий.

Здание в плане имеет Г-образную форму и состоит из трех примыкающих объемов прямоугольной формы. Фундаменты сооружения - ленточные из бутобетона на естественном основании, глубина заложения подошвы от уровня 1-го этажа крыльев здания - 3,85 м, а в центральной части - 4,15 м. Ширина подошвы фундамента под наружными продольными стенами - 1,35-1,5 м, под внутренними - 0,72-1,14 м, под торцевыми наружными стенами - 1,2 м. Наружные стены подвала кирпичные толщиной 0,77-1 м, а внутренние - 0,52 м [2,21].

Обследование фундаментов сооружения было проведено из шурфов, пройденных из подвала. Материалы обследования показали, что существующие фундаменты имеют отклонения габаритов от проектных величин. В результате обследования строительных

конструкций здания были обнаружены семь систем трещин с шириной раскрытия от 1 до 2 мм (рис. 4.13) [21].

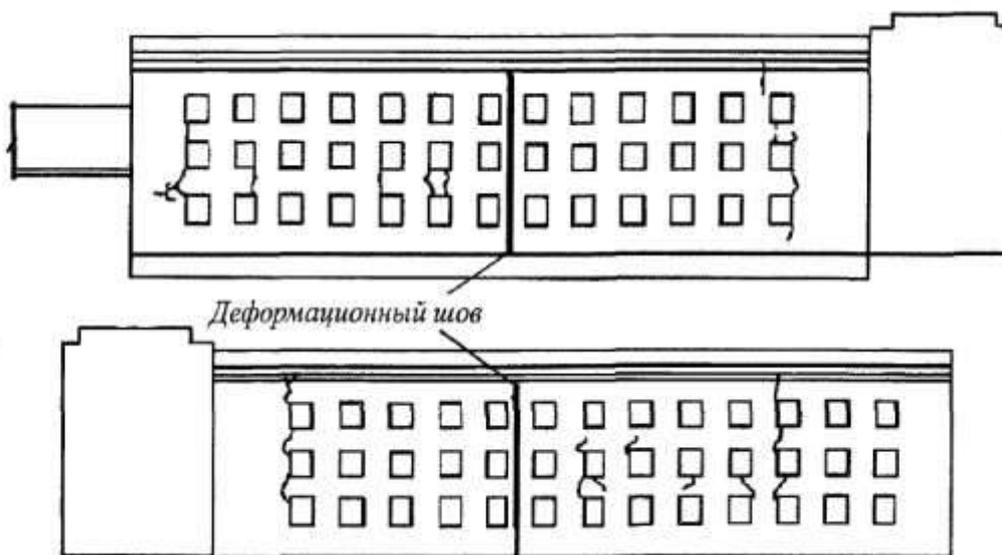


Рисунок 4.13. Схема расположения трещин на фасадах здания [21]

В соответствии с ГОСТ 20522-2012[110], грунты по литолого-генетическим признакам с учетом изменчивости характеристик физико-механических свойств подразделены на инженерно-геологические элементы

*Характеристика выделенных инженерно-геологических элементов.*

ИГЭ 1 ( $tQ_{IV}$ ). Насыпной грунт, Мощность слоя -1,6-2,0 м [21].

ИГЭ 2 ( $prQ_{III}$ ). Покровный суглинок легкий и тяжелый лессовидный, Мощность слоя 0,7-3,7 м.

ИГЭ 3 ( $prQ_{III}$ ). Покровный суглинок легкий и тяжелый бурого цвета, Мощность слоя от 4,3 до 6,5 м.

ИГЭ 4 ( $pr Q_{III}$ ). Покровный суглинок легкий и тяжелый бурого цвета, средней плотности, среднесжимаемый, непросадочный, ожелезнен пятнами, с включениями текучепластичного (ИГЭ № 4) и мягкопластичного (ИГЭ № 3) суглинка.

ИГЭ 5 ( $a_2Q_{II-III}$ ). Песок аллювиальный пылеватый буровато-серого цвета, Мощность слоя 2,2-2,4 м. Ввиду нарушения естественного режима стока поверхностных вод, утечек воды из коммуникаций происходит дополнительное инфильтрационное питание грунтовых вод [21].

Это приводит к переувлажнению грунтов основания фундамента, постепенному подтоплению территории. В результате этих процессов на отдельных участках массива отмечается проявление просадочных свойств грунтов, а также происходит общее ухудшение их строительных свойств, что приводит к деформациям фундамента и повреждениям несущих стен. Расчетные значения показателей физико-механических свойств грунтов приведены в табл. 4.5 [21].

При закреплении грунтов основания фундаментов сооружения геологической службой ООО «НООЦЕНТР» с привлечением специализированных организаций производился контроль изменения состояния грунтов в процессе закрепления и по окончании работ. Состав работ по контролю представлен следующими видами: статическим зондированием грунтов; бурением контрольных скважин; электрофизическими измерениями [14].

Таблица 4.5. Физико-механические свойства грунтов основания [21]

Глубина отбора, м	Природная влажность $W$	Модуль деформации $E_0$ , МПа	Угол внутреннего трения $\phi$ , град	Удельное сцепление $C$ , кПа
3,2	0,21	6,9		
3,5	0,19	5,6	23	83,3
5,7	0,15			
6,0	0,24	2,1	22	23,3
7,0	0,30			
7,8	0,31		17	15,0
8,8	0,31	2,2		
9,8	0,32		18	18,3
3,8	0,22		18	43,3
4,3	0,23		19	33,3
4,7	0,21	5,2	22	35,0
5,2	0,17	4,4		
5,7	0,11			
6,2	0,27			
6,8	0,32	1,8	19	13,3
7,8	0,31	2,0	17	25,0
8,8	0,29			

На участках статического вдавливания зондов в грунт проводили вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) симметричной четырехэлектродной установкой  $AMNB$  с использованием штыревых металлических электродов и электроразведочного автокомпенсатора АЭ-72.

По результатам электрофизического зондирования определяли эффективное удельное электросопротивление ( $УЭС$ )  $\rho_k$ , соответствующее разному зондирующих электродов  $AB$ . Схема расположения контрольных скважин приведена на рис. 4.14.

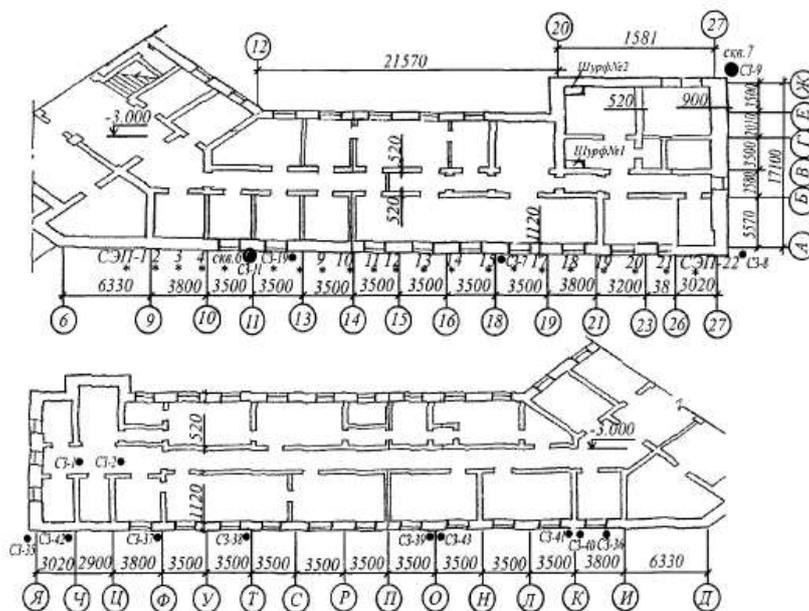


Рисунок 4.14. Схема расположения контрольных скважин на плане подвала: © - геологические скважины; • - точки статического зондирования (СЗ); \* - станции электрофизического прогноза (СЭП) методом ВЭЗ [21]

Из начальных графиков удельного сопротивления грунтов внедрению конуса  $q_3(h)$  и муфты зонда  $f_3(h)$ , часть из которых приведена на рис. 4.15, следует, что геологический разрез даже в пределах относительно небольшой мощности, подвергающейся закреплению, не однороден по плотности, влажности и составу [21]. Для грунта естественного сложения характерна пиловидная форма графика  $q_3(h)$ , что характеризует неоднородность плотности и влажности грунта, наличие длинных "пиков" указывает на присутствие прослоев песка плотного сложения [21]. Мощность таких прослоев составляет до 0,4-0,6 м. Наличие увеличений показателей  $f_3$  на графиках указывает на большую плотность этих прослоек [21].

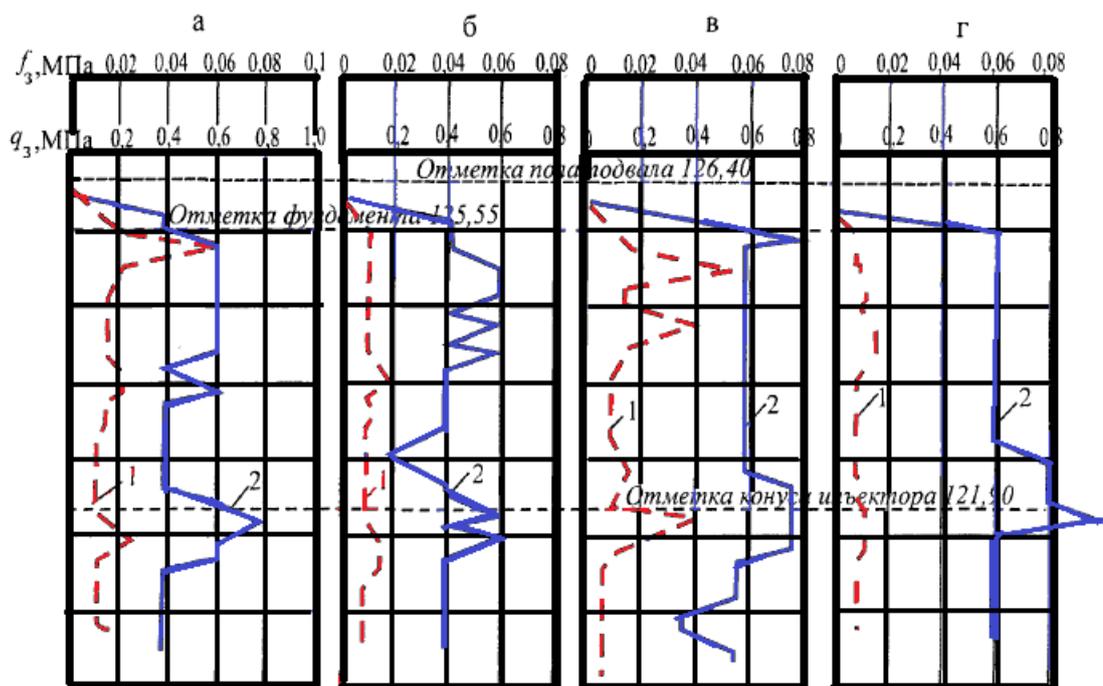


Рисунок 4.15. Результаты статического зондирования в точках зондирования СЗ-20 при естественном состоянии (а); СЗ-29 в день нагнетания (б); СЗ-23 через 2 сут после нагнетания (в); СЗ-26 через 3 сут (г): 1 - удельное сопротивления грунта на муфте трения зонда  $f_3$ ; 2 – удельное сопротивления грунта погружению конуса зонда  $q_3$  [21,2]

Анализ изменения показателей  $q_3$  и  $f_3$  в процессе закрепления грунта нагнетанием раствора позволяет сделать следующие выводы:

- непосредственно в день нагнетания раствора происходит снижение показателей  $q_3$ ,  $f_3$  что объясняется нарушением естественной структуры грунта и увеличением его влажности;

- через 1 сут после нагнетания начинается повышение показателей, через 3-4 сут происходит их стабилизация, при этом выделяются прослойки со значительным повышением величины  $q_3$ , что позволяет сделать заключение о замещении суглинка песчано-цементной смесью и его уплотнении;

- по истечении 4 сут и более на значительной части точек зондирования сопротивление погружению зонда превысило предельные возможности зонда, при этом  $q_3$  достигло величин 6,8-11,0 МПа, что соответствует модулю деформации  $E_0=47,8-77$  МПа, характерному для гравелистых, очень плотных песков или твердых, очень плотных суглинков и глин [21].

- Средневзвешенные по зоне геоконтроля значения параметров  $q_3, f_3$  и  $E_0$  по всем построенным точкам измерений приведены в табл. 4.6 [21].

Таблица 4.6. Таблица средневзвешенных показателей  $q_3, f_3$  и  $E$  [21]

Точка набл.	Ест. состо- яние	В день на- гнет.	Через 1 сут	Через 2 сут	Через 3 сут	Через 4 сут	Через 5 сут	Через 7 сут	>7 сут
	СЗ-1	СЗ-3	СЗ-5	СЗ-12	СЗ-14	СЗ-16	СЗ-11	СЗ-7	СЗ-9
$q_3$ , МПа	0,6	0,4	0,57	0,68	0,5	0,58	1,67	1,37	2,14
$f_3$ , МПа	0,015	0,013	0,01	0,01	0,02	0,01	0,009	0,01	0,014
$E$ , МПа	4,2	2,8	4,0	4,8	3,5	4,2	11,7	9,59	15,9
Точка набл.	СЗ-2	СЗ-4	СЗ-6	СЗ-13	СЗ-15	СЗ-17	СЗ-37	СЗ-40	СЗ-42
$q_3$ , МПа	0,66	0,66	0,68	0,98	0,62	0,58	0,53	0,64	0,73
$f_3$ , МПа	0,023	0,011	0,009	0,02	0,012	0,013	0,009	0,011	0,013
$E$ , МПа	4,6	4,6	4,7	6,8	4,4	4,0	3,71	4,21	5,11

По данным бурения контрольных скважин в закрепленных грунтах отмечается уплотнение естественных суглинков и замещение части суглинков песком в виде линзочек и тонких прослоев, очень плотного сложения [21].

Отмечаются также прожилки до 1,5-2 см по мощности цементно-песчаной смеси наподобие слабосцементированного песчаника. Глубина выявленной закрепленной зоны по мощности соответствует длине иньектора. Расчетный модуль деформации по суглинкам в закрепленной зоне составил  $E_0=21,0-29,7$  МПа, средневзвешенный  $E = 25,6$  МПа, для незакрепленной зоны  $E_0=4,2-8,4$  МПа, средневзвешенный  $E=6$  МПа. В результате геофизических работ по 22 станциям электрофизического прогноза (СЭП) построены графики изменения УЭС  $r_k$  во времени (рис. 4.16) [21].

Увеличение УЭС  $r_k$  грунтов на стадии набора прочности составило в отдельных точках от 5 до 45 Ом·м. Такой разброс объясняется различными сроками закачки цементного раствора в иньекторы и началом измерений  $r_k$ . Так, например, иньекторы у точки СЭП-4 закачаны в течение 3 недель, а у точки СЭП-19 - в течение 2 недель, а измерения  $r_k$  начаты одновременно, через 3 дня после последней закачки, т.е. в части точек СЭП измерения проведены после начала процесса твердения цементного раствора. Графики  $r_k(t)$  на этих участках более пологие, чем в тех точках, где измерения начаты до закачки цементного раствора. Электросопротивление грунтов здесь резко возрастает в начальный период измерений, далее график постепенно выполаживается [21].

Анализ усредненного графика зависимости  $r_k(t)$  (рис. 4.17) показывает, что наиболее активно увеличение электрического сопротивления происходит в первые 30-35 сут. Далее рост происходит медленнее, но за время наблюдений (66 сут) он не прекращается и достигает уровня  $r_k = 25$  Ом·м при начальном  $r_{k0}=15$  Ом·м, т.е. электрическое сопротивление грунтов увеличилось на 66 %. Используя специально установленные линейные статические зависимости между механическими и электрофизическими свойствами укрепленных грунтов на стадии набора прочности (3.1), произвели прогноз изменения прочностных параметров  $q_3, f_3$  массива с течением времени. К концу наблюдений (через 70 сут после нагнетания) увеличение прочностных параметров составило 60-70 %, что соответствует прочности, необходимой для устранения осадков грунта [21].

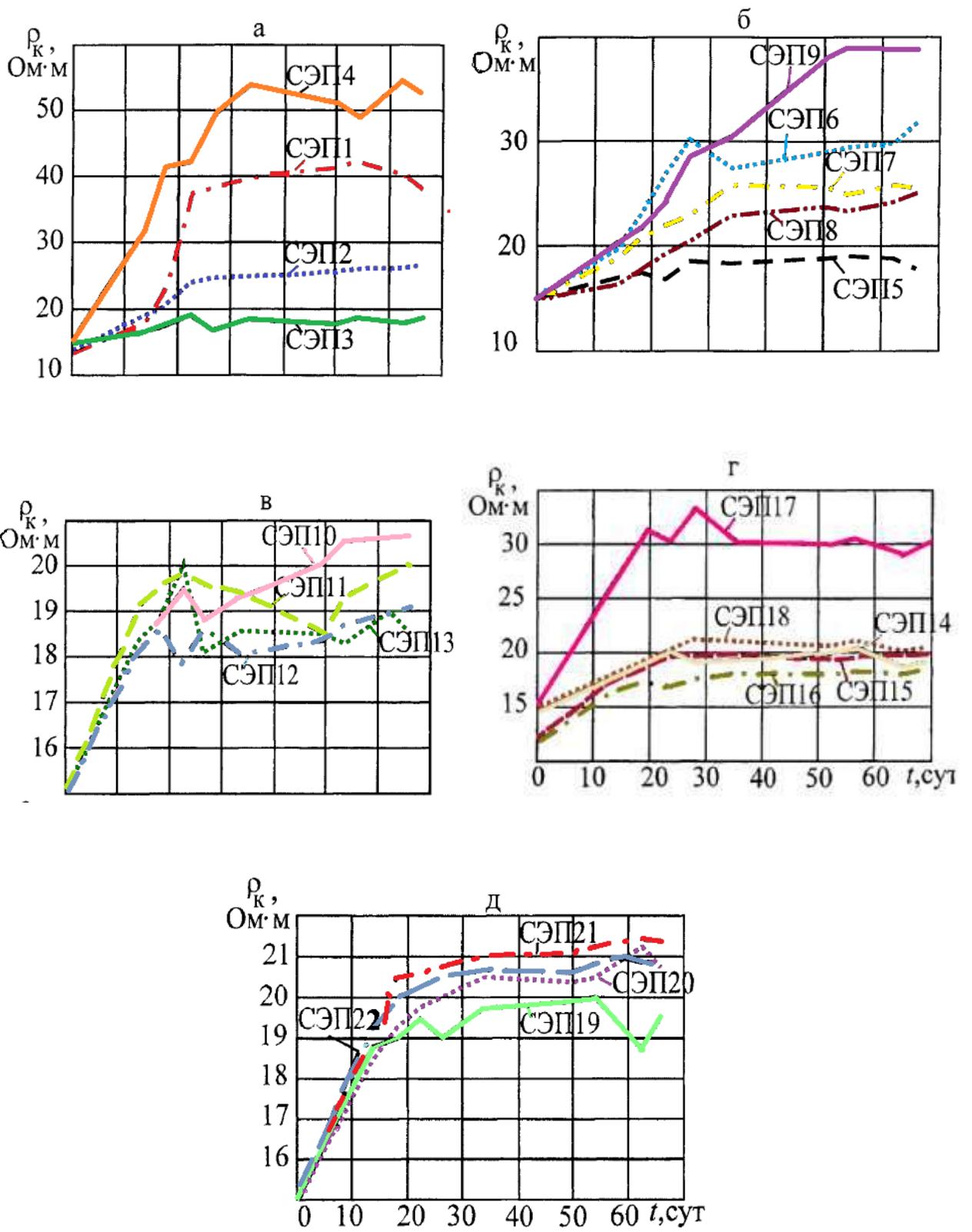


Рисунок 4.16. Графики изменения  $\rho_k$  во времени по участкам СЭП: № 1-4 (а), № 1-9 (б), 10-13 (в), 14-18 (г), 19-22 (д) [21]

Результаты описанного в работе крупномасштабного эксперимента по контролю процессов укрепления неустойчивых грунтов методом высоконапорной инъекции позволили сделать следующие выводы [21].

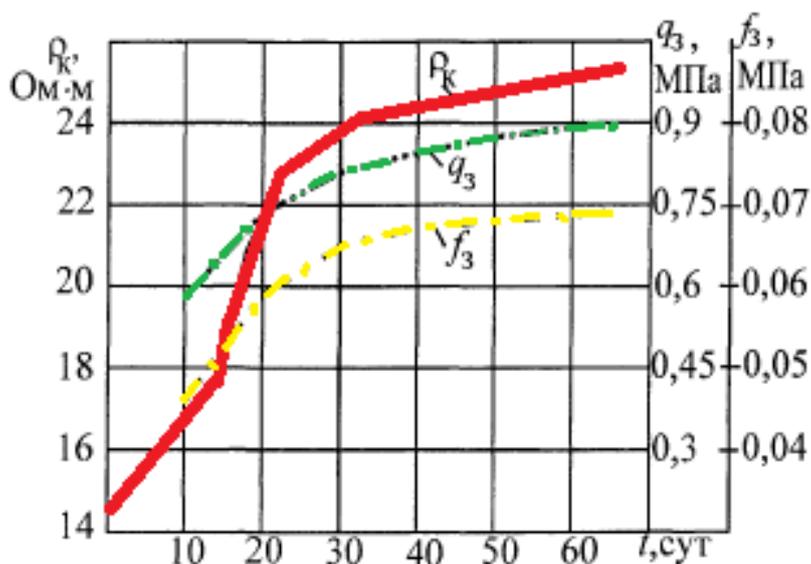


Рисунок 4.17. Результаты прогноза изменения прочности укрепляемого массива с течением времени [21]

До нагнетания цементного раствора прочностные параметры массива в основном изменяются в диапазоне  $f_3$  - 0,005-0,02 МПа,  $q_3 = 0,2-0,6$  МПа, при наличии пиковых значений  $q_3=0,8-2,0$  МПа, соответствующих прослоям плотного песка мощностью 0,4-0,6 м. Непосредственно после нагнетания раствора происходит снижение параметров  $q_3$  и  $f_3$  на 20-30 %, а затем начинается монотонное увеличение прочности массива, через 4 сут она превышает исходный уровень. За период наблюдений в течение 7 сут значения контролируемого параметра  $q_3$  увеличились до 0,6-0,8 МПа, при этом модуль деформации суглинков основания увеличился с  $E_0=4,2-8,4$  МПа для незакрепленной зоны до  $E_0=21,0-29,7$  МПа для закрепленной. Диагностированы отдельные участки, где увеличение прочности было значительно меньшим, что вызвано неравномерностью распространения раствора [21].

При наборе прочности укрепленным массивом по 22 станциям электропрофилирования (СЭП) в течение 67 сут наблюдений установлено монотонное увеличение эффективного УЭС в диапазоне  $R_k = 8-55$  Ом·м, что с учетом установленной линейной зависимости между механическими и электрофизическими свойствами соответствует увеличению прочностных параметров  $q_3$  и  $f_3$  на 60-70 % [21].

#### 4.3 Оценка выбранных мероприятий инженерной защиты с точки зрения эффективности

Выбор оптимального способа укрепления в огромной мере зависит и от диапазона изменения свойств грунтов в течение года, особенно в районах с морозной зимой. Сезонные колебания температуры и влажности внешней среды обуславливают изменение свойств грунтов и формирование в конструкции покрытия соответствующих деформаций и напряжений, которые являются причиной разрушения и выхода их из строя.

Под влиянием изменения в течение года температуры воздуха и выпадения атмосферных осадков содержание влаги, а, следовательно, и показатель прочности поверхностных слоев грунтов резко изменяется. Периоды значительного переувлажнения поверхностных слоев грунта и снижения их сопротивления нагрузкам носят название распутицы.

На начальной стадии ВНИ происходит снижение упругих и прочностных параметров, связанное с увеличением пористости и влажности грунта. Твердение порозаполняющего укрепляющего цементного раствора сопровождается нелинейным увеличением прочности массива в 4-6 раз [21].

Скорость продольной волны на обеих стадиях возрастают на 30-60 %, а коэффициент поглощения уменьшается в том же диапазоне. С момента подачи инъекционного давления в массиве развиваются процессы дезинтеграции, представляющие собой локальное гидро расчленение, расслоение грунтов естественного залегания, заполнение пор укрепляющей смесью. Данные процессы приводят к временному ослаблению грунтового массива. Обобщение экспериментальных данных, приведенное в работе [20].

Технология напорной инъекции (ВНИ) является эффективным методом управления свойствами неустойчивых глинистых грунтовых массивов в основаниях горнотехнических сооружений.

Ее широкое применение сдерживается отсутствием надежных методов контроля сложных гидродинамических и геомеханических процессов гидрорасчленения закрепляемого слоя, заполнения полости цементно-песчаным раствором, опрессовки обрабатываемой зоны и формирования несущего инженерно-геологического элемента массива. Одним из путей решения данной проблемы является дополнение традиционных геолого-маркшейдерских методов, обеспечивающих прямые измерения физических свойств массива, малотрудоемкими и производительными геофизическими методами.

Особенности физических свойств грунтового массива, подверженного НИ, состоят в нелинейности пространственно-временных изменений механических, акустических и электрических свойств: прочность образцов грунтов в процессе обработки временно снижается, а на стадии твердения - увеличивается в 4-6 раз; скорость продольной волны на обеих стадиях увеличивается на 30-60 %; удельное электросопротивление (УЭС) при насыщении грунта электрически контрастным раствором снижается в 1,5-10 раз, а при консолидации цементно-песчаной смеси - увеличивается в 2-30 раз [21].

Контролируемый путем электрофизического мониторинга радиус распространения раствора от инъектора при НИ изменяется в диапазоне 0,2-0,6 м, величина сопротивления грунта погружению конуса  $q_3$  после нагнетания снижается на 1-20 %, через 1-10 сут начинается монотонное увеличение, конечный уровень  $q_3$  превышает начальный в 1,5-4 раза, а средний рост модуля деформации составляет 85 % [21].

При разработке технологии высоконапорной инъекции предпринимались попытки локализовать область распространения раствора, применяя лопастные инъекторы направленного действия. Раствор поступал через отверстия в прорезы, образованные лопастями на конце инъектора при вдавливании. Образовывалась крестообразная пространственная система, которая улучшала свойства массива за счет армирования грунта жесткими элементами, образуемыми после его твердения. Эта методика так же применяется в производстве работ при строго направленном инжецировании [21].

Описанная технология широко применяется в Сибирском и Уральском регионах, разработан ряд технических решений, обеспечивающих ее эффективность [21].

Технология высоконапорной инъекции (ВНИ) неустойчивых песчано-глинистых грунтов в основаниях горнотехнических, промышленных и гражданских объектов включает следующие основные операции: частичный гидроразрыв закрепляемого слоя

связных грунтов; заполнение образовавшейся полости специальным цементно-песчаным раствором; уплотнение зоны инъекции опрессовкой. После твердения смеси грунта с раствором образуется новый инженерно-геологический элемент массива, существенно повышающий его несущую способность [21].

Селективное укрепление оснований горнотехнических сооружений основано на увеличении в 8,25 раза средней скорости осадок в момент закрепления. При неравномерности осадок вдоль оси сооружения, достигающих 60 %, первоначально производят нагнетание на участках с наименьшими осадками, установленных по данным маркшейдерского мониторинга, а после завершения дополнительных осадок и частичного твердения раствора, обеспечивающих выпрямление изогнутой оси объекта, - на всех участках основания в скважинах второй очереди. Повышение эффективности селективного укрепления оснований сооружений обеспечивается непрерывным маркшейдерским мониторингом деформаций, геолого-геофизическим контролем качества ВНИ, а также специальными наконечниками нагнетательного иньектора, снабженными режущими пластинами, способствующими более глубокому проникновению раствора в пределах зоны геоконтроля. Затраты на геоконтроль методом геологических изысканий с земной поверхности составляют 11% от стоимости работ по ВНИ (из подземных помещений -10,1%), методом статического зондирования - 2,9 , методом геофизического мониторинга - 2,1% [21].

Частичная замена инженерно-геологических изысканий на геофизический мониторинг обеспечивает снижение объемов буровых работ и лабораторных испытаний проб на 80%, экономию затрат 6,7% от сметной стоимости работ при строительстве и 6% при ремонте сооружений [21].

При строительстве сооружений на незадокументированных свайных полях интегрированный геоконтроль глубины погружения свай с металлической арматурой обеспечивается по относительной величине электросопротивления заземлителя (погрешность 8-12 %), а дифференцированный – индукционным каротажем из параллельной скважины (погрешность  $\pm 0,5$  м) [21].

Технические решения по контролю процессов ВНИ внедрены в производство на 30 участках укрепления оснований горнотехнических сооружений, объектов промышленного и гражданского назначения в Кузбассе [21].

## ГЛАВА 5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Основной целью магистерской диссертации является изучить характер распределения напряжений в основании строения и оценить влияние армирования на несущую способность и деформативность основания.

В данной части выпускной квалификационной работы представлен расчет затрат на проведение инженерно-геологических и инженерно-геодезических изысканий для обследования площадки храма Иверской иконы Божией Матери.

Сметная стоимость составляется с использованием нормативно-правовых документов [68,69,70,71]

В административном отношении площадка расположена по адресу: ул. Коростылева, 6 в г. Ленинск - Кузнецкий. Исследуемая площадка расположена в пределах малоэтажной городской застройки. Участок слабонаклонный в северо-западном направлении. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 265,5 до 261,5 м.

### ***Техническая характеристика здания согласно проекту (шифр 2030/1):***

Здание храма Иверской иконы прямоугольной с размерами **33 на 26** с переменной высотой от 3,25 до 38 м с тремя круглыми алтарями. Количество этажей – 2 этажа с подвалом под частью здания. Фундамент здания – ленточный на естественном основании.

***Цель изысканий*** – Целью работы является изучение инженерно-геологических условий участка и оценка напряженно-деформированного состояния грунтового массива.

***Назначение объекта*** – МРО православный приход храма Пресвятой Богородицы в честь иконы «Иверская» г. Ленинск – Кузнецкий КО Кемеровской епархии РПЦ (МП).

***Стадия проектирования:*** рабочий проект.

***Уровень ответственности зданий и сооружений:*** II нормальный.

***Программой предусматривается:***

1. Инженерно-геодезические изыскания;
2. Инженерно-геологические изыскания;
3. Особые и дополнительные требования к производству изысканий;
4. Сбор, обработка материалов прошлых лет;
5. Проведение рекогносцировочного обследования района работ;
6. Выявление опасных геологических и инженерно-геологических процессов и явлений;
7. Топографическая съемка площадки в масштабе 1:500;
8. Проходка горных выработок: бурение на площадке не менее 3 скважин глубиной 8 м с отбором проб нарушенной и ненарушенной структуры.
9. Гидрогеологические исследования: замер уровня подземных вод, отбор проб воды (при наличии);
10. Лабораторные работы: Определение физико-механических свойств грунтов. Анализ проб воды на стандартный химический анализ, коррозионную агрессивность к стали, алюминию, бетону;
11. Камеральная обработка СП 11-104-97 [98].

### **Инженерно-геодезические изыскания**

Целью изысканий является получение инженерно-геодезических материалов в объеме, необходимом и достаточном для продолжения инструментальных геодезических наблюдений за состоянием конструкций здания храма с периодичностью не реже 1 раза в квартал с учетом паводковых периодов года. Перед

началом работ по закреплению грунтов основания выполнить очередной цикл наблюдений [100].

**Инженерно-геодезические изыскания включают:**

1. Выполнение топографической съемки в масштабе 1:500 [66,99].
2. Составление топографического плана.

**Инженерно-геологические изыскания**

Целью изысканий является получение инженерно-геологических материалов в объеме, необходимом и достаточном для уточнения инженерно – геологических и гидрогеологических условий на площадке незавершенного строительством здания храма, обследование фундамента здания [66,67].

**Инженерно-геологические изыскания включают:**

1. Рекогносцировочное обследование участков с целью выявления опасных геологических процессов (наличие слабоустойчивых и других специфических грунтов, близкое залегание уровня грунтовых вод и др.).
2. Бурение инженерно-геологических скважин на участке проектирования рабочей площадки под здание согласно СП 11-105-97 [94].
3. Инженерно-геологическое и гидрогеологическое опробование скважин.
4. Лабораторные определения физико-механических свойств грунтов, химический анализ воды.
5. Камеральная обработка материалов.
6. Составление технического отчета.

Для достижения поставленной цели предусмотрены следующие виды и объемы работ, приведенные в таблице 5.1 [136].

*Таблица 5.1. Виды и объемы работ*

№ п/п	Виды работ	Единицы измерения	Объем	
			план	факт.
1.	Разбивка и планово-высотная привязка выработок	точка	7	7
2.	Колонковое бурение скважин	п.м.	60	60
3.	Статическое зондирование	тчк.	4	4
4.	Отбор монолитов грунта из скважин	монолит	18	36
5.	Лабораторные работы:			
	- определение физико-механических свойств грунтов по сокращенному комплексу;	монолит	12	23
	- полный комплекс определения физических свойств;	монолит	6	13
	- определение консистенции.	образец	12	-
6.	Камеральные работы	комплекс	1	1
7.	Составление технического отчета	отчет	1	1

**Разбивка и планово – высотная** привязка выработок выполнена топографами ООО «Геотехника» инструментально.

Полевые инженерно – геологические работы выполнены в марте 2015 г.

Скважины пробурены самоходной буровой установкой УРБ-2А-2 колонковым снарядом диаметром 135 мм. Монолиты грунтов отобраны тонкостенным грунтоносом стаканного типа диаметром 127 мм методом постепенного задавливания в грунт [136].

**Лабораторные исследования** грунтов проводились согласно действующим ГОСТам и инструкциям в грунтовой лаборатории под руководством А.Б. Соболевой.

Прочностные характеристики грунтов определены на образцах с ненарушенной структурой при естественной влажности и под «водой» по схеме неконсолидированно – быстрого и консолидировано-дренированного среза.

Определение деформационных характеристик выполнено по результатам статического зондирования, с учетом результатов испытаний методом трехосного сжатия (ГОСТ 12248-2010)[113], выполненных в аналогичных грунтовых условиях.

**Камеральная обработка** материалов полевых и лабораторных работ проведена, в соответствии с действующими НТД, автором.

### **Расчет сметной стоимости**

Основным источником финансовой информация для составления смет являются справочники [96,97]. содержат базовые цены:

- полевые работы;
- камеральные работы;
- лабораторные работы;
- прочие расходы, которые возникают процессе изысканий.

Цены определяются на основе должностных окладов инженерно-технических работников, тарифных ставок рабочих, стоимости материалов и услуг, норм амортизационных отчислений по основным фондам, с учетом основных положений по составу затрат, включаемых в себестоимость продукции (работ, услуг) с изменениями и дополнениями. Стоимость работ определяется в соответствии с составом, объемом и технологией производства полевых и камеральных работ, обеспечивающих создание отчетной документации, удовлетворяющей требованиям ГОСТов и действующих нормативных документов (утвержденных или согласованных Госстроем России), и являются оптимальными этих работ.

Цены на полевые работы предусмотрены для выполнения этих работ в экспедиционных условиях, т.е. с выплатой работникам командировочных или полевого довольствия.

Цены по камеральной обработке материалов изысканий и производству лабораторных работ предусмотрены для выполнения их в условиях стационара, т.е. без выплаты работникам командировочных или полевого довольствия.

Первичная обработка материалов изысканий, выполняемая в экспедиционных условиях, учтена в ценах на полевые работы. В ценах также учтены расходы на:

- а) получение технического задания на производство изысканий;
- б) согласование с заказчиком программы (предписания) изысканий и подготовку договорной документации;
- в) подготовку, поверку приборов, инструментов, оборудования и метрологическое обеспечение единства и точности средств измерений;
- г) внутренний контроль и приемку изыскательских материалов;
- д) сдачу отчетных материалов изысканий заказчику.

В ценах не учтены и определяются дополнительно по соответствующим таблицам (нормативам) и предусматриваются в сметах следующие расходы по:

- а) внутреннему транспорту;
- б) внешнему транспорту;
- в) организации и ликвидации работ на объекте;

г) отбору монолитов, валовых проб и проб для анализа на загрязненность по химическим и бактериологическим показателям;

д) составлению и согласованию с заказчиком программы (предписания) изысканий, а также составлению и выдаче заказчику технического отчета (заключения);

е) подготовке и выдаче заказчику промежуточных материалов инженерных изысканий;

ж) разным вспомогательным работам (геотехнический контроль, радиометрические работы, геодезические работы и др.);

з) оформлению разрешений (регистрации) на производство инженерных изысканий;

и) рекультивации земель;

к) содержанию (аренде) изыскательских баз и радиостанций;

л) монтажу, демонтажу и содержанию (аренде) специального изыскательского оборудования.

Таким образом, справочник устанавливает тарифы на изыскательские работы с учетом всех условий конкретного региона.

Инженерно-геологические и инженерно-геодезические изыскания проводятся в данном случае для площадки храма Иверской иконы Божией Матери в таблице 5.2.

Таблица 5.2. Сметный расчет стоимости полевых, лабораторных и камеральные работ при проведении инженерно-геологических изысканий для площадки [70,71]

№п/п	Наименование видов работ	Обоснование цен	Един. сметная стоимость, руб	Расчет стоимости	Стоимость руб.
Топогеодезические работы: СБЦ – 1999 г.					
1	Съемка и составление плана участка	Табл.94	81,4	81,4	81,4
2	Плановая и высотная привязка при расстоянии между геологическими выработками или точками, м: 1 до 50 (7шт.) Категория сложности II	Табл.93	8,5	7*8,5	59,5
3	Камеральная обработка материалов и составление отчета	Табл.96	38,2	38,2	38,2
Полевые работы: СБЦ – 1999г.					
1	Медленновращательное бурение 3 скважин диаметром 168 мм, глубиной 8м,	Табл.17 К =0,9 (Прим. к табл.17)	60	60*66,3*0,9	3580
2	Отбор монолитов (18шт)	Табл.57	30,6	18*30,6	551

№п/п	Наименование видов работ	Обоснование цен	Един. сметная стоимость, руб	Расчет стоимости	Стоимость руб.
3	Статическое зондирование	Табл.45	87,8	4*87,8	351
<b>Лабораторные работы: СБЦ – 1999г.</b>					
1	Консистенция (12)	Табл.63	18,2	12*18,2	218
2	полный комплекс определения физических свойств; 6	Табл.63	47,1	6*47,1	283
3	Комплекс физико-механических свойств грунта с определением прочности и деформируемости	Табл.63	544,8	544,8*12	6538
<i>Итого стоимость лабораторных работ</i>					7039
<b>Камеральные работы: СБЦ – 1999г.</b>					
1	Камеральная обработка материалов буровых работ II категории сложности, 24 п.м.	Табл.82	8,2	8,2 * 24	197
2	Камеральная обработка лабораторных исследований глинистых грунтов	Табл.86	20%	20% от 7039	1408
3	Составление отчета, II категория сложности	Табл.87	21	18% от 197+1408+753	424
<i>Итого стоимость камеральных работ</i>					2029
<b>Итого стоимость работ</b>					13729
<b>Сопутствующие расходы</b>					
Накладные расходы		20 % от 13729			2746
Плановые расходы		8 % от 16475			1318
Компенсируемые расходы		2,6 % от 17793			463
Резерв		3 % от			548
Итого стоимость работ:					18804
Итого сметная стоимость работ с учетом районного коэффициента К-1,15					21625
Итого стоимость работ с учетом инфляционного коэффициента = 42,52					919495
НДС 18%					165509
<b>Итого сметная стоимость работ</b>					<b>1085004</b>

Таким образом, общая стоимость изыскательских работ составит **1 085 004** рублей.

## Структура затрат

Соотношение затрат инженерно-геологических изысканий представлено на рисунке 5.1. Большая часть затрат - 38% приходится на лабораторные работы, 27% на прочие расходы (накладные расходы, плановые расходы, компенсируемые расходы, резерв), 24% на выполнение полевых работ, а оставшиеся 11% на камеральные работы.



Рисунок 5.1. Соотношение видов затрат инженерно-геологических изысканий в процентах

Соотношение затрат инженерно-геодезических изысканий представлено на рисунке 5.2. Большая часть затрат - 46%, приходится на съемку и составление плана участка, 21% на камеральную обработку материалов и составление отчета, а оставшиеся 33% на плановую и высотную привязки выработок.



Рисунок 5.2. Соотношение видов затрат инженерно-геодезических изысканий в процентах

### Заключение по главе

В ходе проделанной работы был составлен сметный расчет стоимости полевых, лабораторных и камеральных работ при проведении инженерно-геологических изысканий для площадки храма Иверской иконы Божией Матери г. Ленинск – Кузнецкий.

Для составления сметного расчета были использованы источники финансовой информации [70,71].

Анализируя сметный расчет стоимости полевых, лабораторных и камеральных работ при проведении инженерно-геологических изысканий для площадки храма Иверской иконы Божией Матери г. Ленинск – Кузнецкий.

можно отметить, что 95 % стоимости работ приходится на инженерно-геологические изыскания. Более высокие затраты на проведение инженерно-геологических изысканий связаны тем, что данный вид изысканий требует больших затрат финансовых и материальных ресурсов [70,71].

Так же в данном разделе магистерской диссертации произведен расчет заработной платы и отчислений на социальные нужды исполнителей работ [70,71].

Таким образом, в данном разделе магистерской диссертации произведен расчет стоимости выполнения всех работ и необходимых сопутствующих расходов, которые необходимы для инженерно-геологического изучения *площадки храма Иверской иконы Божией Матери* г. Ленинск – Кузнецкий. Расчет стоимости выполнения основных работ и сопутствующих расходов позволяет:

- спланировать и организовать проведение инженерных изысканий по этапам;
- оптимизировать финансовые затраты;
- сократить затраты времени в целом по проекту [70,71].

## ГЛАВА 6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### *Производственная безопасность*

Все работы (полевые и лабораторные) приводились в марте 2015 г на предприятии ООО «Геотехника», которое находится в городе Кемерово. Данное предприятие занимается инженерно-геологическими изысканиями, бурением скважин на воду, геодезическими и экологическими работами в самом городе Кемерово, в Кемеровской области. Камеральные работы проводились в период 2016-1017г. в городе Томске на кафедре ГИГЭ - в аудитории 513, 20-го корпуса. В этот период я познакомился с программным комплексом для расчета напряженно-деформированного состояния грунтовых массивов Plaxis, строил расчетные модели для объекта моего диссертационного исследования.

При проведении полевых, лабораторных и камеральных работ в пределах участка изысканий могут возникнуть опасные и вредные факторы, их перечень приводится в таблице 6.1.

Проектом предусматривается проведение следующих видов работ:

- топогеодезические;
- буровые;
- опробование грунтов;
- полевые;
- лабораторные;
- камеральные.

Все опасные и вредные производственные факторы в соответствии с ГОСТ 12.0.003– 74 [114] по условиям их проявления в окружающей среде подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические.

Анализ опасных и вредных факторов представлен в таблице 6.1.

При производстве инженерно-геологических работ необходимо руководствоваться ИОТ -12-2008 [78].

В полевом подразделении приказом руководителя подразделения назначается лицо, ответственное за соблюдение правил технической эксплуатации механизмов и требований безопасности при производстве работ.

**До начала работ начальник отряда (ответственный исполнитель) обязан:**

- оформить в администрации компании наряд-допуск на создание работ (инженерно-геодезических, буровых и горнопроходческих, геофизических);
- провести на месте целевой инструктаж работников, зафиксировать его в пункте наряда-допуска и проводить его ежедневно;
- издать приказ о распорядке рабочего дня, месте стоянки автотранспорта, о маршруте безопасного следования к месту работы и обратно;
- установить наличие на объекте изысканий кабелей связи и электропередачи, воздушных линий связи и электропередачи, сетей водопровода, канализации, газопровода и т.п.

Таблица 6.1. Основные элементы производственного процесса, формирующие вредные и опасные факторы [114]

Этапы работ	Наименование запроектированных видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
		Опасные	Вредные	
Полевой (на открытом воздухе)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Топогеодезические работы (привязка точек);</li> <li>– буровые работы;</li> <li>– опробование грунтов (отбор образцов нарушенной и ненарушенной структуры);</li> <li>– полевые работы (статическое зондирование)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Движущиеся машины и механизмы;</li> <li>– электрический ток;</li> <li>– пожароопасность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе;</li> <li>– превышение уровней шума и вибрации</li> </ul>	ГОСТ 12.2.003-91[119] ГОСТ 12.1.030-81[125] ГОСТ 12.1.003-2014[115] ГОСТ Р 12.4.026-2001[122] ГОСТ 12.2.061-81[120] ГОСТ 12.2.062-81[121] ГОСТ 12.4.011-89[123] ГОСТ Р 12.1.019-2009[124] СН 2.2.4/2.1.8.562-96[101] СН 2.2.4./2.1.8.556-96[102]
Камеральный и лабораторный (в закрытом помещении)	Лабораторные работы: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Определение влажности;</li> <li>– Гранулометрический анализ методом сито-ареометра;</li> <li>– Определение границ текучести;</li> <li>– Определение плотности грунта;</li> <li>– Определение прочностных и деформационных свойств грунтов;</li> <li>– Коррозионная активность грунтов к железобетону, стали, свинцовой и алюминиевой оболочкам кабеля;</li> <li>– Стандартный анализ воды для инженерно-геологических целей.</li> </ul> Камеральные работы: <ul style="list-style-type: none"> <li>– составление отчета.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Электрический ток;</li> <li>– Статическое электричество;</li> <li>– Пожароопасность.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Отклонение показателей микроклимата в помещении</li> <li>– Недостаточная освещенность рабочей зоны</li> <li>– Превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений</li> <li>– Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> <li>– Превышение уровней шума</li> </ul>	ГОСТ 12.1.003-2014 [115] ГОСТ 12.1.005-88[116] ГОСТ Р 12.1.019-2009[124] ГОСТ 12.1.045-84[128] ГОСТ 12.1.038-82[127] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[106] СанПиН 2.2.1./2.1.1.1278-03[105] СанПин 2.2.4.548-96[103] СП 60-13330-2012[104]

В процессе производства работ должен осуществляться двухступенчатый контроль за состоянием охраны труда:

I степень – ежедневно в начале смены машинисты буровой установки (передающий и принимающий смену) совместно осматривают и проверяют состояние бурового агрегата и оборудования, находящегося в работе.

II ступень – еженедельно начальник отряда совместно с профгруппоргом осматривают все участки производства работ и принимают необходимые меры по устранению выявленных нарушений.

## **АНАЛИЗ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ**

### *Полевой этап*

#### Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе.

Микроклимат – это комплекс физических параметров воздуха, влияющих на тепловое состояние организма. К ним относят температуру, влажность, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения. Оптимальный микроклимат характеризуется сочетанием таких параметров, которые обуславливают сохранение нормального функционального состояния организма [72].

Все рабочие должны иметь спецодежду (хлопчатобумажный костюм или комбинезон, рукавицы, защитные очки, каски, сапоги) на участке производства работ должна быть оборудовано бытовое помещение для приема пищи, обогрева и отдыха, на рабочем месте необходимо иметь аптечку для оказания первой помощи, в которой должны быть а наличии бинт, жгут, раствор йода, аммиака, борной кислоты, соды и т. д. Средства индивидуальной защиты (СИЗ) - средства, используемые работником для предотвращения или уменьшения воздействия вредных и опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения.

Классификация СИЗ в России устанавливается ГОСТ 12.4.011-89 [123].

- Одежда специальная защитная (тулупы, пальто, накидки, халаты и т. д.)
- Средства защиты рук (рукавицы, перчатки, наплечники, нарукавники и т. д.)
- Средства защиты ног (сапоги, ботинки, туфли, балахоны, тапочки и т. д.)
- Средства защиты глаз и лица (защитные очки, щитки лицевые и т. д.)
- Средства защиты головы (каска, шлемы, шапки, береты и т. д.)
- Средства защиты органов дыхания (противогазы, СИЗОД, самоспасатели и т. д.)

На участке должен быть есть комната для отдыха, помещения для обогрева и приема пищи.

В состав санитарно-бытовых помещений входят: гардеробные, помещения для сушки, обеспыливания и обезвреживания рабочей одежды, душевые, умывальни, туалетные, комнаты для приема пищи, для курения, комнаты гигиены и др.

#### Превышение уровней шума и вибрации

С точки зрения безопасности труда в геологоразведочном деле вибрация и шум – одни из наиболее распространенных вредных производственных факторов на производстве (эксплуатация буровых станков при бурении скважин, производство гидрогеологических откачек). Шум и вибрация относятся к механическим колебаниям.

Вибрацию вызывают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе различных машин и механизмов [72].

Источником шума и вибрации является буровая установка и установка статического зондирования.

В результате исследований установлено, что шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека. Действие шума различно: затрудняет разборчивость речи, вызывает необратимые изменения в органах слуха человека, повышает утомляемость. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [101]. Допустимый уровень шума составляет 80 дБ по шкале А. Предельно допустимые значения, характеризующие шум, регламентируются согласно ГОСТ 12.1.003-2014 [115].

Для уменьшения шума необходимо устанавливать звукопоглощающие кожухи, применять противошумные подшипники, глушители, вовремя смазывать трущиеся поверхности, а также использовать средства индивидуальной защиты: наушники, ушные вкладыши.

Таблица 6.2. Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука [115]

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука дБА звука
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

К основным законодательным документам, регламентирующим вибрацию, относится ГОСТ 12.1.012-90 [117]. А также СН 2.2.4./2.1.8.556-96 [102].

Таблица 6.3. Гигиенические нормы уровней виброскорости [117]

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Транспортно-технологическая	—	117	108	102	101	101	101	—	—	—	—
Технологическая	—	108	99	93	92	92	92	—	—	—	—
Локальная вибрация	—	—	—	115	109	109	109	109	109	109	109

Наиболее опасна для человека вибрация с частотой 16–250 Гц.

Различают общую и местную вибрации [49].

Общая вибрация действует на весь организм в целом, а местная – только на отдельные части его (верхние конечности, плечевой пояс, сосуды сердца).

Вибрация, помимо разрушительного действия на машины и механизмы, оказывает вредное влияние на здоровье людей.

Под действием вибрации происходит подавление периферической нервной системы; понижение памяти; поднятие энергетических издержек организма; конфигурации в нервной и костно-суставной системах; поднятие артериального давления.

*Основные мероприятия по борьбе с вибрацией:*

1. Виброизоляция – использование пружинных, резиновых амортизаторов либо упругих прокладок.
2. Использование динамических виброгасителей.
3. Жёсткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы.
4. правильная организация труда и отдыха:
5. Использование средств индивидуальной защиты .

В качестве средств индивидуальной защиты применяются рукавицы с прокладкой на ладонной поверхности и обувь на толстой мягкой подошве согласно ГОСТ 12.4.002-97 [118].

### *Лабораторный и камеральный этап*

#### Отклонение показателей микроклимата помещений

Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность.

Напряженность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оснащения, осветительных устройств, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м<sup>2</sup> при облучении 50% поверхности человека и более, согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [103].

В рабочей зоне производственного помещения должны быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия, соответствующие СанПиН 2.2.4.548-96 [103], указанные в таблице 6.4.

*Таблица 6.4. Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96) [103]*

Период года	Категория работ	Температура воздуха °С, не более	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а	22-24	40-60	0.1
	1б	21-23	40-60	0.1
Теплый	1а	23-25	40-60	0.1
	1б	22-24	40-60	0.2

Примечание: 1а-работы, производимые сидя и не требующие физического напряжения (расход энергии составляет до 120 ккал/ч); 1б-работы производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (расход энергии составляет от 120 до 150 ккал/ч) [49].

Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры - обычными системами вентиляции и отопления.

В камеральных помещениях нужно предугадывать систему отопления. Она обязана снабдить достаточное, неизменное и равномерное нагревание воздуха в помещениях в прохладный период года, а также безопасность в отношении пожара и взрыва. При этом колебания температуры в течение суток не должны превышать 2-3°С. Эти требования выполняются в соответствии со СП 60.13330.2012 [104].

В камеральном помещении необходимо обеспечить приток свежего воздуха, количество которого определяется технико-экономическим расчетом и выбором схемы системы вентиляции.

Минимальный расход воздуха определяется из расчета 50—60 м<sup>3</sup>/ч на одного человека, но не менее двукратного воздухообмена в час.

Таблица 6.5. Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96) [103,49]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более**
Холодный	Ia (до 139)	20,0–21,9	24,1–25,0	19,0–26,0	15-75*	0,1	0,1
	Iб (140-174)	19,0–20,9	23,1–24,0	18,0–25,0	15-75	0,1	0,2
	IIa (175-232)	17,0–18,9	21,1–23,0	16,0–24,0	15-75	0,1	0,3
Теплый	Ia (до 139)	21,0–22,9	25,1–28,0	20,0–29,0	15-75*	0,1	0,2
	Iб (140-174)	20,0–21,9	24,1–28,0	19,0–29,0	15-75*	0,1	0,3
	IIa (175-232)	18,0–19,9	22,1–27,0	17,0–28,0	15-75*	0,1	0,4

При малой загрязненности внешнего воздуха кондиционирование помещений выполняется с переменными расходами внешнего воздуха и циркуляционного. Системы остывания устройств ЭВМ обязаны проектироваться исходя из 90%-ной циркуляции [72].

#### Недостаточная освещенность рабочей зоны

Свет оказывает немаловажное воздействие на условия труда. При неудовлетворительном освещении человек напрягает зрительный аппарат, что ведет к его утомлению и к утомлению организма в целом.

Одним из требований к рабочему месту является освещенность. Нормирование освещенности производится в соответствии с СанПиНом 2.2.1/2.1.1.1278-03 [105].

В нормах регламентируются требования к качеству освещения: равномерное расположение яркости и неимение резких теней; освещенность обязана существовать неизменной во времени; лучшее направление светового потока; освещенность обязана обладать диапазоном, близким к естественному [72]. Для исключения засветки экранов мониторов прямыми световыми потоками светильники общего освещения располагают сбоку от рабочего места, параллельно линии зрения оператора и стене с окнами.

При исполнении работ категории высочайшей зрительной точности (меньший величина объекта различения 0,3–0,5 мм) размер коэффициента натурального освещения (КЕО) обязана существовать не ниже 1,5%, а при зрительной работе средней точности (меньший величина объекта 0,5–1,0мм) КЕО обязан существовать не ниже 1,0 %. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 [106] рекомендует левое (допускается–правое) расположение рабочих мест и ПЭВМ по отношению к окнам.

В качестве источников искусственного освещения обычно используются люминесцентные лампы типа ЛБ-40, которые попарно объединяются в светильники [103,49].

Согласно СП 52.13330.2011 [135] в помещениях вычислительных центров необходимо применить систему комбинированного освещения.

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности освещенность при системе общего освещения должна составлять 300лк, а при системе комбинированного освещения - 750лк; аналогичные требования при выполнении работ средней точности - 200 и 300лк соответственно.

Требования к искусственному освещению лаборатории представлены в табл. 6.6 в зависимости от назначения помещения.

Таблица 6.6. Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения основных помещений общественного здания, а также сопутствующих им производственных помещений [106,,49]

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г -	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
		КЕО ен,		КЕО ен,		освещенность, лк			показатель дискомфорта М, не более	коэффициент пульсации освещенности, Кп, % не более
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении	при общем освещении	всего		
<b>Административные здания</b> (министерства, ведомства, комитеты, префектуры, муниципальные управления, конструкторские и проектные)										
1. Классные комнаты, кабинеты, аудитории общеобразовательных школ, школ интернатов, среднеспециальных профессионально-технических учреждений, лаборатории, учебные	Рабочие столы и парты: Г-0,8 . Середина доски: В-1,51	4,0	1,5	2,1	1,3	-	-	300	40	10
		-	-	-	-	-	-	500	-	10
2. Аудитории, учебные кабинеты, лаборатории в техникумах и высших учебных заведениях	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	-	-	400	40	10

Кроме того все поле зрения должно быть освещено достаточно равномерно – это основное гигиеническое требование. Иными словами, степень освещения помещения и яркость экрана компьютера должны быть примерно одинаковыми, т.к. яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и, как следствие, приводит к их быстрой утомляемости.

Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

Наиболее благоприятен для дыхания атмосферный воздух, содержащий (% по объему) азота – 78.08, кислорода – 20.95, инертных газов – 0.93, углекислого газа – 0.03, прочих газов – 0.01.

Вредные вещества, выделяющиеся в воздух рабочей зоны, изменяют его состав, в результате чего он существенно может отличаться от состава атмосферного воздуха.

При проведении различных технологических процессов в воздух выделяются твердые и жидкие частицы, а также пары и газы. Пары и газы образуют с воздухом смеси, а твердые и жидкие частицы – аэродисперсные системы – аэрозоли [49].

Аэрозоли дезинтеграции образуются при дроблении какого-либо твердого вещества, например, в дезинтеграторах, дробилках, мельницах и других процессах.

Проникновение вредных веществ в организм человека происходит через дыхательные пути (основной путь), а также через кожу, с пищей, если человек принимает ее, находясь на рабочем месте. В результате воздействия этих веществ у человека возникает отравление – болезненное состояние, тяжесть которого зависит от продолжительности воздействия, концентрации и вида вредного вещества [49]. При длительном вдыхании пыли возникают профессиональные заболевания легких – пневмокониозы. При вдыхании пыли, содержащей свободный диоксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ), развивается наиболее известная форма пневмокониоза – силикоз [72].

Для воздуха рабочей зоны производственных помещений и открытых площадок в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 [116] устанавливают предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ. ПДК выражаются в миллиграммах (мг) вредного вещества, приходящегося на 1 кубический метр воздуха, т. е.  $\text{мг}/\text{м}^3$ . ПДК пыли приведены в таблице 6.7.

Таблица 6.7. Предельно-допустимые концентрации пыли по ГОСТ 12.1.005-88 [116]

Наименование вещества	Величина ПДК, $\text{мг}/\text{м}^3$	Агрегатное состояние	Класс опасности
Пыль растительного и животного происхождения: с примесью диоксида кремния менее 2%	4	аэрозоль	III

Снизить содержание вредоносных веществ в атмосфере рабочей зоны разрешено, применяя технологические процессы и оснащение, при которых вредные вещества или не образуются, или не попадают в воздух рабочей зоны.

Большое значение имеет надежная герметизация оборудования, что исключит попадание вредных различных веществ в воздух рабочей зоны или значительно снизит в нем их концентрацию.

Мероприятия по снижению пыли на производстве и профилактике пневмокониозов должны быть комплексными и включать меры технологического, санитарно-технического, медико-биологического и организационного характера.

Основным методом борьбы с пылью в подземных выработках, наиболее опасных в отношении профессиональных пылевых заболеваний легких, является применение форсуночного орошения с подачей воды под давлением не менее 3 - 4 атм. Оросительными устройствами должны обеспечиваться все виды горнодобывающего оборудования - комбайны, буровые установки и др.

### *Санитарно-технические мероприятия*

Мероприятия санитарно-технического характера играют весьма существенную роль в предупреждении пылевых заболеваний. К ним относятся местные укрытия пылящего оборудования с отсосом воздуха из-под укрытия. Герметизация и укрытие оборудования сплошными пыленепроницаемыми кожухами с эффективной аспирацией являются рациональным средством предупреждения пылевыделения в воздух рабочей зоны. Местная вытяжная вентиляция (кожухи, боковые отсосы) применяется в случаях, когда по технологическим условиям невозможно увлажнение перерабатываемых материалов. Удаление пыли должно происходить непосредственно от мест пылеобразования. Перед выбросом в атмосферу запыленный воздух очищается.

При сварке металлоконструкций и крупногабаритных изделий применяются секционные и переносные местные отсосы. В ряде случаев вентиляция устанавливается в сочетании с технологическими мероприятиями. Так, в установках для беспыльного сухого бурения местная вытяжная вентиляция объединяется с головной частью рабочего инструмента. Для борьбы со вторичным пылеобразованием применяют пневматическую уборку помещений. Сдувание пыли с помощью сжатого воздуха и сухая уборка помещений и оборудования не допускается.

#### *Индивидуальные средства защиты*

В случаях, когда проведение мероприятий по снижению концентрации пыли не приводит к уменьшению пыли в рабочей зоне до допустимых пределов, необходимо применять индивидуальные средства защиты. К индивидуальным средствам защиты относятся противопылевые респираторы, защитные очки, специальная противопылевая одежда. Выбор того или иного средства защиты органов дыхания производится по ГОСТ 12.4.033 - 78 в зависимости от вида вредных веществ, их концентрации. Органы дыхания защищают фильтрующими и изолирующими приборами.

Для защиты глаз применяют закрытые или открытые очки. Очки закрытого типа с прочными безосколочными стеклами используют при механической обработке металлов (обрубка, чеканка, ручная клепка и т. д.).

#### *Превышение уровня шума на рабочем месте*

Превышения уровня шума подробно рассмотрено в разделе полевой этап. При выполнении лабораторных работ шум вызывают дробильные установки. Предельно допустимые значения, характеризующие шум, регламентируются [115].

На лабораторном этапе эффективными мероприятиями по борьбе с вредным фактором являются: правильная организация труда и отдыха (устройство кратковременных перерывов в работе), применение средств индивидуальной защиты (противошумные вкладыши, противошумные наушники, шлемофоны и др.) [72].

Таблица 6.8.

*Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука (ГОСТ 12.1.003-2014) [115]*

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения лабораторий для проведения экспериментов	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

## АНАЛИЗ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ

### *Полевой этап*

#### Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования

При работе в полевых условиях используются движущиеся механизмы. Скважины будут буриться колонковым методом с помощью буровых машин УРБ-2А2. Порода в этом случае разрушает шарошечное долото, а размельченную породу наверх поднимает буровой раствор ГОСТ 12.2.003-91[119].

До начала бурения следует тщательно проверить исправность всех механизмов буровой установки и другого вспомогательного оборудования. Обнаруженные неисправности должны быть устранены до начала работ.

Запрещается:

– ориентировать буровой снаряд при спуске его в скважину, а еще сдерживать от раскачивания и оттаскивать его в сторону руками; для этого следует воспользоваться особыми крюками либо канатом;

– оставлять открытым низовье скважины, когда это не требуется по условиям работы;

– стоять в момент свинчивания и развинчивания бурового снаряда в радиусе вращения ключа и в направленности вытянутого каната;

– производить забуривание при неисправном амортизаторе ролика рабочего каната [119].

Согласно ГОСТ 12.2.061-81[120], ГОСТ 12.2.062-81[121] все опасные зоны оборудуются ограждениями, согласно ГОСТ Р 12.4.026-2001 [122] вывешиваются инструкции, и плакаты по технике безопасности, предупредительные надписи и знаки, а также используются сигнальные цвета. Вращающиеся части, и механизмы оборудуются кожухами и ограждениями.

Своевременно производится диагностика оборудования, техническое обслуживание и ремонт. Средство индивидуальной защиты: каска, которая выдается каждому члену бригады согласно ГОСТ 12.4.011-89 [123].

#### Электрический ток

Электронасыщенность современного геологоразведочного изготовления (электрические приборы) формирует электрическую угрозу [49]. При работе с электрическими установками на производстве следует соблюдать запреты электробезопасности. Они представляют собой систему организационных и технических мероприятий и средств, какие обеспечивают охрану людей от вредоносного и рискованного деяния электрического тока. Действие электрического тока на организм человека носит многообразный характер. Проходя через организм человека, электрический ток вызывает термическое, электролитическое и биологическое действие.

Электрооборудование, которое является источником опасности на месте работы, это электрогенератор, электрогидроударники, оборудование и насос. Согласно ПУЭ [77] все голые токоведущие части должны быть закрыты изоляцией, кожухами и другими ограждениями, или размещены на недоступной высоте, применение автоматических блокировок и отключений. Металлические части, которые могут быть под напряжением, должны быть заземлены, согласно ГОСТ 12.1.030-81[125].

Использование средств коллективной и индивидуальной защиты: инструмент с изолированными рукоятками, защитные ограждения (щиты, ширмы, колпаки), переносное заземление, бесконтактные сигнализаторы наличия напряжения, коврики, диэлектрические калоши и резиновые перчатки согласно ГОСТ 12.4.011-89 [123].

## ***Лабораторный и камеральный этапы***

### ***Электрический ток***

Электропитание аудитории № 513 20-го учебного ТПУ осуществляется от силового распределительного щита однофазного переменного тока с действующим значением напряжения 220В. В соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), все электроприборы, используемые в аудитории, относятся к низковольтным с напряжением питания до 1000 В. Все электроприемники относятся к электроприемникам III категории. Учебная аудитория, согласно классификации ПУЭ [77], является сухим помещением без повышенной опасности.

Основная причина смертельных случаев, связанных с поражением электрическим током – нарушение правил работы с электроприборами по ГОСТ Р 12.1.019-2009 [124], при гигиеническом нормировании ГОСТ 12.1.038–82 [127].

Устанавливаются предельно допустимые напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 Гц. Наиболее опасен переменный ток с частотой 50 Гц (в 4–5 раз опаснее постоянного).

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от скорости прохождения тока через тело человека: при длительности действия более 10 секунд — 2мА, при 10 секунд и менее - 6мА.

#### ***Электробезопасность в аудитории обеспечивается мероприятиями:***

- Для защиты от токов короткого замыкания необходимо наличие быстродействующих устройств защиты; электрическая сеть должна иметь защиту от токов короткого замыкания, обеспечивающую по возможности наименьшее время отключения и требования селективности; в качестве аппаратов защиты должны применяться автоматические выключатели или предохранители.

- Для защиты от напряжения прикосновения все токоведущие части должны быть изолированы; запрещается использовать кабели и провода с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией; неизолированные токоведущие части должны быть оборудованы защитными ограждениями или расположены в недоступном для прикосновения месте; запрещается пользоваться поврежденными розетками, распределительными коробками, рубильниками и другими электроустановочными приборами; устройство и эксплуатация временных электросетей не допускается.

- Для защиты от поражения электрическим током путем возникновения потенциала на проводящих корпусах электроприборов необходимо наличие защитного заземления; согласно ПУЭ [77], сопротивление заземляющего устройства в любое время года должно быть не более 4 Ом, при этом сечение заземляющей жилы должно быть не менее 4 мм<sup>2</sup> для медных проводников, не менее 6 мм<sup>2</sup> - для алюминиевых и не менее 20 мм<sup>2</sup> - для стальных.

Каждому необходимо знать меры медицинской помощи при поражении электрическим током. В любом рабочем помещении необходимо иметь медицинскую аптечку для оказания первой медицинской помощи.

*Любой электроприбор должен быть немедленно обесточен в случае:*

- Возникновения угрозы жизни или здоровью человека
- Появления дыма или огня
- Появления искрения
- Появления запаха характерного для горячей изоляции или пластмассы.

При возгорании, возникновении пожара, необходимо отключить электроприбор от электросети (если это сделать невозможно, то необходимо отключить питающую сеть

автоматическим или пакетным выключателем, или рубильником на лабораторном или силовом щите), вызвать пожарную и приступить к тушению пожара имеющими средствами пожаротушения.

Основными мерами по обеспечению безопасности, прежде всего, являются организация регулярной проверки изоляции токоведущих частей оборудования помещений; обеспечение недоступности токоведущих частей при работе; регулярный инструктаж по оказанию первой помощи при поражении электрическим током; защитное заземление и отключение.

#### Статическое электричество

Источником статического электричества является - электростатическое поле (ЭСП), возникающее в результате облучения экрана монитора ПЭВМ потоком заряженных частиц. Неприятности, вызванные им, связаны с пылью, накапливающейся в электростатически заряженных экранах, которая летит на оператора во время его работы за монитором. Нормирование уровней напряженности ЭСП осуществляют в соответствии с ГОСТ 12.1.045-84 [128].

В зависимости от времени присутствия персонала на рабочих местах. Максимально возможный уровень напряженности ЭСП Е<sub>пред</sub> равен 60 кВ/м в течение 1ч. Действие электростатического поля (ЭСП) на человека соединено с протеканием через него слабого тока (некоторое количество микроампер). Электротравм никогда не наблюдается, но вследствие рефлекторной реакции на ток вероятно механическая травма при ударе о вблизи расположенные составляющие конструкции, падении с высоты.

Предотвратить образование статического электричества или уменьшить его величину можно наведением зарядов противоположного знака, изготовлением трущихся поверхностей из однородных материалов. Ускорению снятия зарядов способствует заземление оборудования, увеличение относительной влажности воздуха и снижение электропроводности материалов с помощью антистатических добавок.

### **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Природная сохранность - совокупность состояний, действий и действий, обеспечивающая природоохранный баланс в находящейся вокруг среде и не приводящая к жизненно принципиальным убыткам (либо угрозам таковых убытков), наносимым естественной среде и человеку. Это еще процесс снабжения защищенности жизненно принципиальных интересов личности, сообщества, природы, страны и только населения земли от настоящих либо возможных угроз, формируемых антропогенным либо натуральным действием на находящуюся вокруг среду [73].

Экологическую безопасность регламентируют ГОСТ 17.1.3.13-86 [130] и ГОСТ 17.4.3.04-85 [131].

При производстве всех геологоразведочных и гидрогеологических работ нужно учесть пагубное воздействие производственных причин на находящуюся вокруг среду (загрязнение земли, водоемов и т. д.) и создавать надлежащие природоохранные мероприятия.

#### ***Охрана земельных угодий***

Источником загрязнения почв при производстве буровых работ могут являться отработанные масла, ветошь обтирочная, металлолом. Для исключения загрязнения отработанные масла будут собираться в специальные ёмкости и вывозиться на базу ООО «Геотехника», ветошь – будет собираться и сжигаться в котельной, металлолом будет вывозиться на базу ООО «Геотехника» для сдачи его на склад вторсырья.

Почвенно-растительный слой, снятый перед началом бурения, будет складироваться отдельно, с целью последующего использования при рекультивации.

Для сбора бытовых и прочих отходов предусматривается оборудование мест проживания, ямами для отходов и выгребными ямами для туалетов.

Все полевые объекты обеспечиваются противопожарным инвентарем, согласно правил противопожарной безопасности [131].

#### ***Охрана воздушной среды***

Источником загрязнения воздушной среды будут являться дизельные электростанции, используемые для привода электродвигателя станка, насоса, и для освещения жилых вагонов-домиков, а также автотракторная техника.

Для исключения сверхнормативного выброса в атмосферу загрязняющих веществ, планируется использование исправных дизельных установок с ежемесячным контролем за выбросом загрязняющих веществ. Ремонт дизельной техники будет производиться на базе ООО «Геотехника» с обязательной проверкой после ремонта состава отработанных газов и качества выбрасываемых загрязняющих веществ и приведением их в соответствие с техническими данными агрегатов. На весь период работ для перевозки грузов, персонала, строительства дорог будут использованы бульдозер Т-170 и автомобили. К работе будет допускаться только исправная техника, исключаящая загрязнение воздушной среды отработанными газами [133,134].

## **БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

### ***Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и социального характера***

Чрезвычайная ситуация - обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [49]. Источник чрезвычайной ситуации - опасное природное явление, авария или опасное техногенное происшествие, широко распространенная инфекционная болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация [132].

Различают чрезвычайные ситуации:

- по характеру источника (природные, техногенные, биолого-социальные и военные);
- по масштабам (локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные).

Сейсмическое микрорайонирование площадки выполнено по результатам инженерно – геологических и геофизических работ.

Согласно СП 14.13330.2014 исследуемая площадка входит в район возможных сейсмических воздействий, интенсивность которых для грунтов II категории по картам ОСР-97 А; В оценивается в 6 и 7 баллов по сейсмическим свойствам, соответственно [136].

### **Пожарная и взрывная безопасность**

Пожаром называют неконтролируемое горение, развивающееся во времени и пространстве, опасное для людей и наносящее материальный ущерб.

Пожарная и взрывная безопасность – это система организационных и технических средств, направленная на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов.

Для протекания процесса горения требуется наличие трех факторов: горючего вещества, окислителя и источника зажигания (импульса) [49].

Согласно нормативно–правовой базе по определению категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, пожарная нагрузка для аудитории ЭВМ, по сравнению с помещениями других групп, относительно мала.

Система организационных и технических мероприятий, а также средств по предупреждению пожаров и взрывов в камеральных условиях установлена системой государственных стандартов ГОСТ 12.1.004-91[129], ГОСТ 12.1.010-76 [126].

В зависимости от характеристик используемых веществ и их количества производственные здания и склады по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д [75,107].

В соответствии с правилами определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, регламентируемыми НПБ 105–03 [75], аудитория № 513 20-го учебного корпуса НИТПУ относится к категории В, так как в помещении присутствуют твердые горючие вещества и материалы. К горючим материалам относятся шкафы, столы, стулья и документация [75].

*Основными причинами пожаров на производстве являются:*

1. Причины электрического характера (короткие замыкания, перегрев проводов);
2. Открытый огонь (сварочные работы, костры, курение, искры от автотранспорта и неомедленного инструмента);
3. Удар молнии;
4. Разряд зарядов статического электричества [72].

Помещение лаборатории и камеральное помещение по пожарной взрывной относятся к категории В – пожароопасное согласно НПБ 105-03 [75,76].

Все инженерно-технические работники и рабочие, вновь принимаемые на работу, проходят специальную противопожарную подготовку, которая состоит из первичного и вторичного противопожарных инструктажей. По окончании инструктажей проводится проверка знаний и навыков. Результаты проверки оформляются записью в «Журнал регистрации обучения видов инструктажа по технике безопасности» ГОСТ 12.1.004-91[129].

Суммарная ширина лестничных маршей, ширина дверей, коридоров либо проходов на пути эвакуации во всех этажах обязаны использоваться не менее 0,6 м на 100 человек. Малая ширина эвакуационных дверей – 0,8 м, высота дверей и проходов – не менее 2 м.

Ширину проходов, коридоров, дверей, лестничных маршей и площадок лестниц следует воспринимать следующей (в м): проход от 1,0; дверь от 0,8 по 2,4; марш от 1,05 по 2,4; площадка лестницы 1,05 (не менее ширины марша).

Для быстрой ликвидации возможного пожара на территории базы располагается пожарный щит с противопожарным оборудованием для полевых работ согласно ГОСТ 12.1.004-91[129]:

Огнетушитель марки ОВП-10 и ОП-10 (з)	2 штуки.
Ведро пожарное	2 штуки.
Багры	3 штуки.
Топоры	3 штуки.
Ломы	3 штуки.
Ящик с песком, 0,2 м <sup>3</sup>	2 штуки.

Пожарный щит нужен для принятия срочных мер для тушения вероятного возгорания до приезда пожарной бригады. Приборы обязаны находиться в исправном состоянии и гарантировать в случае необходимости вероятность или совершенной ликвидации огня, или локализации возгорания.

Средства пожарного тушения - в аудитории 513 20 корпуса есть огнетушители. углекислотные емкостью 8 л, марки ОУ-8. В здании в каждом зале есть углекислотные огнетушители, а также на каждом этаже здания имеется пожарный кран. В соответствии с требованиями пожарной безопасности разработан план эвакуации, эвакуационная карта и инструкция «О порядке проведения эвакуации людей и оборудования в случае пожара».

Аудитория оборудована средствами пожаротушения, которыми в данном случае являются углекислотные огнетушители типа ОУ [74].

## **ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ**

Охрана труда и техника безопасности в России это система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия (статья 1 ФЗ: Об основах охраны труда в Российской Федерации), образующие механизм реализации конституционного права граждан на труд (ст.37 Конституции РФ), в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены. Это право закреплено также в ст.7 Международного пакта об экономических, социальных и культурных правах.

Для знакомства с мероприятиями по обеспечению безопасности в рабочей зоне при производстве полевых работ приведены в [137].

### **Указания по технике безопасности**

- Усиление грунтов основания производится путем нагнетания в грунт под давлением цементно - песчаного раствора. При этом должны соблюдаться общие требования по технике безопасности, охране труда и окружающей среды.

- До начала производства работ рабочие и инженерно - технический персонал должны пройти курс обучения безопасным методам труда и инструктажа на рабочем месте.

- Все рабочие должны иметь спецодежду (хлопчатобумажный костюм или комбинезон, рукавицы, защитные очки, каски, сапоги). На участке производства работ должно быть оборудовано бытовое помещение для приема пищи, обогрева и отдыха. Воду для питья и приготовления пищи во избежание желудочно - кишечных заболеваний рекомендуется использовать только из источников, пригодных для этой цели; питьевая вода должна быть кипяченой[137].

- На рабочем месте необходимо иметь аптечку для оказания первой медицинской помощи, в которой должны быть в наличии бинт, жгут, раствор йода, аммиака, борной кислоты, соды и пр. средства для оказания первой помощи. Работающие должны быть ознакомлены с правилами оказания первой доврачебной помощи.

- Установка инъекторов вблизи электрических коммуникаций должна выполняться под надзором представителя владельцев коммуникаций.

- Доступ посторонних лиц к месту работы категорически запрещается, о чем должны предупреждать таблички соответствующего содержания.

- Монтаж, демонтаж и перемещение оборудования следует выполнять в соответствии со схемой на листе 6 граф. прил. под непосредственным руководством лиц, ответственных за безопасное выполнение указанных работ.

- Механизмы для нагнетания должны быть ограждены временными или инвентарными переносными щитами, исключающими возможность попадания в механизмы и машины посторонних предметов и травмирования людей. Электродвигатели и пусковая аппаратура машин должны быть защищены от попадания на них воды и раствора. Наладка, смазка и ремонт буровых машин и цементационных механизмов без из остановки запрещается.

- Техническое состояние механизмов (надежность, крепление узлов, исправность связей) необходимо проверять перед началом каждой смены.

- Перед началом осмотра, чистки, смазки и устранения каких-либо неисправностей станка, инструмент должен быть поставлен в устойчивое положение, а двигатель выключен.

- Применение нагнетательных шлангов разрешается только после их испытания при давлении в 1,5 раза превышающем рабочее.

- Перед погружением иньектора в скважину необходимо убедиться в его исправности.

- Не допускается нахождение рабочих непосредственно вблизи скважин во время нагнетания раствора.

- При производстве иньекционных работ ежедневно в начале смены необходимо тарировать манометры на насосах.

- Рабочее место машиниста и проходы необходимо систематически очищать от мусора и грязи. Рабочие места должны иметь хорошее освещение.

- Отсоединение шланга от иньектора разрешается только после сброса давления в системе. Перегибать шланги под давлением категорически запрещается.

- Весь электроинструмент перед работой с ним должен быть проверен, не иметь трещин, сколов, быть заземлен во время работы.

- При выполнении сварочных работ принять все меры противопожарной безопасности.

- Устройства, находящиеся под давлением, должны подвергаться периодически гидравлическим испытаниям согласно «Правилам устройства и безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

- При производстве работ должны соблюдаться «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила пожарной безопасности при производстве строительно-монтажных работ».

- При производстве работ следует руководствоваться указаниями СП12-135-2003 Безопасность труда в строительстве. Отраслевые инструкции по охране труда, СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве, часть 1, СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве, часть 2, СНиП 21-01-97\* Пожарная безопасность зданий и сооружений, СП 48.13330.2011 Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004, СП 45.13330.2011 Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87 [137].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время постоянно увеличиваются объемы реконструкции и восстановления зданий, уплотняется существующая застройка городских территорий. Надстройка дополнительных этажей, устройство пристроек, замена несущих строительных конструкций здания, техническое перевооружение предприятий сопровождается ростом нагрузок на фундаменты. Также за период длительной эксплуатации зданий возможно ухудшение строительных свойств грунтов оснований, разрушение конструкций фундаментов, нарушение условий их устойчивости. В результате здания претерпевают осадка, в основном неравномерные, и возникает опасность разрушения надземных строительных конструкций. При решении этих вопросов часто требуется проведение дорогостоящих работ по упрочнению грунтов оснований и усилению фундаментов зданий. Метод укрепления грунтов выбирается на этапе проектирования строительного объекта на основании инженерно-геологических изысканий, требований экологии и технико-экономического сравнения вариантов укрепления грунта.

В работе рассмотрено изменение напряженно-деформированного состояния грунтового основания на площадке возведения храма в г. Ленинск-Кузнецкий. В административном отношении площадка расположена по адресу: ул. Коростылева, 6. Она слабо наклонена в северо-западном направлении. Здание храма прямоугольной формы с размерами в крайних осях 33,28\*25,78 с переменной высотой от 4,71 до 38 м с тремя круглыми алтарями. Материал фундаментов - монолитный железобетон, стены – кирпичные перекрытие – монолитное железобетонное. В настоящее время строительство близится к завершению, уже действует один из приделов нового храма, однако при внепроектном увеличении высоты здания в 2014 г. в фундаменте появились трещины, что потребовало привлечения специалистов по обследованию площадки. В 2015 г. ООО «Геотехника» провела работы обследованию и усилению фундамента армированием, материалы этих работ использованы при написании данной работы.

Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива проводилось мною для выбранного объекта в программах PLAXIS. На базе основной модели были созданы клоны, в которых изменялись условия нагружения фундамента, моделировалось усиление грунтового основания. Так, во второй модели показано изменение нагрузки на центральную часть плиты при наращивании высоты храма, в третьей модели – упрочнение массива. Представлены результаты расчета напряженно-деформированного состояния грунтового основания. Расчеты вертикальных перемещений по первой модели составили 3,67 мм, расчеты вертикальных перемещений по второй модели с наращиванием этажности составили 7,90 мм, расчеты вертикальных перемещений по третьей модели с упрочнением грунтового основания – 6,53 мм. По расчетным сечениям прослеживается несимметричное распределение напряжений-деформаций, связанное, главным образом, с несимметричностью конструкций подземной части здания, усиления фундаментов буроинъекционными сваями.

Для изучения влияния армирования на механические свойства грунтов, использованы данные ООО "НООЦЕНТР" на двух площадках: административного здания ОАО «Кузбассэнерго» и опытно-производственном полигоне ООО «НООЦЕНТР». Экспериментальными исследованиями установлено, что физико-механические свойства грунтов в естественных условиях могут с достаточной степенью надежности определяться через соотношения скоростей продольных  $V_p$  и поперечных  $V_s$  волн с помощью статистических зависимостей. С целью расширения возможностей сейсмического геоконтроля были проведены натурные комплексные исследования при

укреплении грунтов основания сооружения методом напорной инъекции. На начальной стадии НИ происходит снижение упругих и прочностных параметров, связанное с увеличением пористости и влажности грунта. Твердение порозаполняющего укрепляющего цементного раствора сопровождается нелинейным увеличением прочности массива в 4-6 раз. Технология напорной инъекции (НИ) является эффективным методом управления свойствами неустойчивых глинистых грунтовых массивов в основаниях горнотехнических сооружений. Ее широкое применение сдерживается отсутствием надежных методов контроля сложных гидродинамических и геомеханических процессов гидрорасчленения закрепляемого слоя, заполнения полости цементно-песчаным раствором, опрессовки обрабатываемой зоны и формирования несущего инженерно-геологического элемента массива. Одним из путей решения данной проблемы является дополнение традиционных геолого-маркшейдерских методов, обеспечивающих прямые измерения физических свойств массива, малотрудоемкими и производительными геофизическими методами.

Особенности физических свойств грунтового массива, подверженного НИ, состоят в нелинейности пространственно-временных изменений механических, акустических и электрических свойств: прочность образцов грунтов в процессе обработки временно снижается, а на стадии твердения - увеличивается в 4-6 раз; скорость продольной волны на обеих стадиях увеличивается на 30-60 %; удельное электросопротивление (УЭС) при насыщении грунта электрически контрастным раствором снижается в 1,5-10 раз, а при консолидации цементно-песчаной смеси - увеличивается в 2-30 раз. Контролируемый путем электрофизического мониторинга радиус распространения раствора от инъектора при НИ изменяется в диапазоне 0,2-0,6 м, величина сопротивления грунта погружению конуса  $q_3$  после нагнетания снижается на 1-20 %, через 1-10 сут начинается монотонное увеличение, конечный уровень  $q_3$  превышает начальный в 1,5-4 раза, а средний рост модуля деформации составляет 85 %.

Затраты на геоконтроль методом геологических изысканий с земной поверхности составляют 11 % от стоимости работ по ВНИ (из подземных помещений -10,1 %), методом статического зондирования - 2,9 %, методом геофизического мониторинга - 2,1 %. Частичная замена инженерно-геологических изысканий на геофизический мониторинг обеспечивает снижение объемов буровых работ и лабораторных испытаний проб на 80 %, экономию затрат 6,7 % от сметной стоимости работ при строительстве и 6 % при ремонте сооружений. Объекты реализации технологии контролируемой ВНИ включают сооружения подземной технологии (устья стволов шахт, здания в зонах подтопления и сдвига, копры, надшахтные здания), открытой геотехнологии (борта карьеров, отвалы, здания в зонах сейсмического воздействия, дамбы, ГТС, очистные сооружения, автомобильные дороги), строительной геотехнологии (сооружения обогатительных фабрик, ТЭЦ, городских сетей, метро).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Опубликованная

1. Петухов А.А. Совершенствование способа устройства инъекционных свай в слабых глинистых грунтах для условий реконструкции зданий. - М.: – Томск. 2006. 192 с.
2. Простов С. М. Герасимов О. В., Никулин Н. Ю. Комплексный геолого-геофизический мониторинг процессов упрочнения грунтов; образования "Кузбасский гос. - Томск: Изд-во Томского ун-та, 2015. - 343 с.
3. Коробова О.А. Усиление оснований и реконструкция фундаментов : учеб.пособие – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2008. – 332 с.
4. Сонда Д. Влияние армирования на деформативность связного основания. - М.: Волгоград, 2008.- 217 с.
5. Михайлович А. В. Влияние армирования на несущую способность и деформативность песчаного основания. - М.: Волгоград, 1998.- 21 с.
6. Леденев В.В. Анализ лабораторных опытов с моделями фундаментов. Воронеж, 1988. - С. 126-129.
7. Ольховатенко В. Е. Инженерная геология угольных месторождений Кузнецкого бассейна. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2014. – 150 с.
8. Корректировка генерального плана г.Ленинска-Кузнецкого Кемеровской области с «Правилами землепользования и застройки города» Том I.
9. Пономарев А. Б. Некоторые результаты натуральных штамповых испытаний армированных оснований в глинистых грунтах. – Пермь, 1999.- С. 53-55.
10. Шапиро, Д.М. Расчет конструкций и оснований методом конечных элементов: учеб. пособие. - Воронеж: ВГАСА, 1996. - 80 с.
11. Леденев В.В. Экспериментальное исследование заглубленных фундаментов. - М.: Воронеж, –1985. -156 с.
12. Ким, А. И. Применение георешеток в дорожном строительстве / А. И. Ким, Е. И. Кондаков // Применение геосинтетики и геопластиков при строительстве и ремонте автомобильных дорог: сб. тр. Союздорнии.- М.,1998. Вып. 196.- С. 115-120.
13. Райзер В. Д. Теория надежности в строительном проектировании. В.Д. Райзер.- М.: Изд-во АСВ, 1998. 304с.
14. Герасимов О.В. Контроль свойств и состояния грунтов основания сооружения при инъектировании цементного раствора / О.В. Герасимов, С.М. Простов // Вестник КузГТУ. - 2006. - № 6.2. - С. 11-16.
15. Мухаммед А. Геотехническое обоснование стабилизации осадок фундаментов с помощью инъекционного закрепления грунтов- М.: Санкт-Петербург, 2000. - 163 с.
16. The use of synthetic materials in the highway engineering in the Urals / A.A. Bartolomey, V.I. Kleveko, V.G. Ofrikhter, A.B.Ponomaryov, A.N. Bogomolov // Geotechnical engineering for transportation infrastructure. Proceedings of the 12th european conference on soil mechanics and geotechnical engineering. – Amsterdam, 1999. – Vol. 2. – С. 1197–1202.
17. Ponomarev A., Zoloto Zubov D. Several approaches for the design of reinforced bases on karst areas // Geotextiles and Geomembranes. – 2014. – Vol. 42. – P. 48–51.
18. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Том 7. Кузнецкий, Горловский бассейны и другие угольные месторождения Западной Сибири Недра, Москва, 1969 г. – 912 стр.

19. Пономарев А.Б., Офрихтер В.Г. Анализ и проблемы исследований геосинтетических материалов в России // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2013. – № 2. – С. 68–73.
20. Ржевский В. В. Основы физики горных пород / В. В. Ржевский, Г. Я. Но-вик. - М.: Недра. 1984. – 359 с.
21. Герасимов О. В. Геолого-геофизический мониторинг грунтовых оснований горнотехнических сооружений, укрепляемых методом высоконапорной инъекции. - М.: Кемерово. -2007. –156 с.
22. Герасимов О. В. Изучение процессов укрепления неустойчивых грунтов оснований сооружений сейсмическим методом / О. В. Герасимов, С М. Простов // Вестник КузГТУ. - 2006. - № 6. – С. 15-19.
23. Геоморфологическая карта Западно-Сибирской равнины. Масштаб 1:1500000 / Ред.И.П. Варламов. - Новосибирск, СНИИГГиМС Мингео СССР, 1969. – 8 листов.
24. Черкасов Г. Н., Ашурков В. А., Шаров Г. Н. Углеродный потенциал Кузнецкой котловины // Современное состояние наук о Земле (Матер. Междунар. конф., посвящ. памяти В. Е. Хаина). – М. : Геологический факультет МГУ, 2011. – С. 2051–2055.
25. Черкас О.В. Морфоструктурное районирование Кузнецкой впадины как основа при создании прикладных картосхем // Геоморфология. – 2015. - № 3. – С.91-101.
26. Доклад о состоянии и охране окружающей среды. Кемеровской области , 2105 . – С. 212 .
27. Маслов Л.Б. Численные методы механики. Курс лекций. – Иваново: Изд. ИГЭУ, 2006. –128 с .
28. Plaxis. Material Models Manual. 2016. – 216 с.
29. Рекомендации по комплексному изучению и оценке строительных свойств песчаных грунтов / ПНИИС Госстроя СССР, МИСИ. М.: Стройиздат, 1984. - 25 с.
30. Владимирович, К. Я. Прогноз изменения несущей способности и возникновения дополнительных осадок основания незаглубленного ленточного фундамента, вызванных влиянием вновь возводимого сооружения. - М.: Волгоград, 2011.- 136 с.
31. Машенко, А.В. , А.Б. Пономарев. Влияние армирования геосетки на механические характеристики водонасыщенных грунтов. 2015.- 11 с.
32. Строкова Л.А. Применение метода конечных элементов в механике грунтов: Учебное пособие. - Томск: Изд. ТПУ, 2010. – 124 с.
33. Зыков, В. С. Техногенная геодинамика/ ГУ КузГТУ. - Кемерово, 2006. -266 с
34. Зыков, В. С. Прогноз и предотвращение геодинамических явлений в угольных шахтах / В. С. Зыков, П. В. Егоров, В. В. Сидорчук и др. - / ГУКузГТУ. - Кемерово. - 1999. - 171 с.
35. Простов, С. М. Комплексный контроль качества укрепления неустойчивых грунтов инъекционными растворами / С.М. Простов, М.В. Гуцал, О.В. Герасимов // Вестник ТГАСУ. - 2003. - № 1. - С. 231-237.
36. Простов, С. М. Электрофизический контроль при нагнетании цементного раствора в неустойчивые грунты / С. М. Простов, М. В. Гуцал, О. В. Герасимов // Труды Международного геотехнического симпозиума "Фундаментостроение в сложных инженерно-геологических условиях". - С-П. - 2003.- С. 208-211.
37. Герасимов О.В. Исследование зависимости между механическими и электрофизическими свойствами грунтов, укрепляемых методом высоко-напорной инъекции / О.В. Герасимов, С.М. Простов, Д.Ю. Пахомов //Вестник КузГТУ. - 2006. - № 6. - С. 20-23.

38. Абелев М. Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. - М.: Стройиздат, 1983. - 247 с.
39. Богомолов, В. А. Метод высоконапорной инъекции связных грунтов при устройстве и усилении оснований и фундаментов. - М.: Екатеринбург- 2002. - 120 с
40. Официальный сайт[Электронный ресурс]; <http://web.snauka.ru/issues/2016/04/66954> . Дата обращения. 10/07/2016 .
41. 41 Попов, А. О. Несущая способность и деформации армированных грунтовых оснований - М.: Казань - 2012. - 218 с.
42. Официальный сайт[Электронный ресурс]; [www.leninsk-kuz.ru/about/...plan](http://www.leninsk-kuz.ru/about/...plan) . Дата обращения. 10/08/2016.
43. Официальный сайт[Электронный ресурс]; <http://pandia.ru/text/77/254/55307-2.php>. Дата обращения. 10/07/2016.
44. Дышлок, С. С. Методика картографирования устойчивости речных систем. - М.: Новосибирск, 2008. - 140 с.
45. Салихов, В. А. Научные основы и совершенствование геолого-экономической оценки попутных полезных компонентов угольных месторождений. - М.: Кемерово , 2008. - 249 с.
46. Трофимова, Г. И. Оценка инженерно-геологических условий и состояния окружающей среды при разработке открытым способом угольных месторождений Ерунаковского района Кузбасса. - М.: Томск, 2010. - 147 с.
47. Официальный сайт[Электронный ресурс]; <http://www.studmed.ru/docs/document8336/%D0%BF%D1%25> . Дата обращения. 1/10/2016.
48. Гуцал, М. В. Исследование электрических свойств и прогноз физического состояния зон укрепления влагонасыщенных глинистых горных. - М.: Кемерово, 2003. - 147 с.
49. Официальный сайт[Электронный ресурс]; <http://window.edu.ru/resource/201/75201/files/bezop.pdf> . Дата обращения. 1/03/2017.
50. Крахмальный, Т. А. Исследования работы песчаного основания ленточного фундамента с ломаным очертанием опорной плиты. - М.: Санкт-Петербург, 2010.- 207 с.
51. Сенковски, Ежи. Исследование влияния армированной песчаной подушки на осадку ленточного фундамента / Ежи Сенковски // Изв. вузов. Строительство и архитектура. М., 1992. - №7. - С. 149 - 151.
52. Михайлович А.В. Влияние армирования на несущую способность и деформативность песчаного основания. - М.: Волгоград, 1998.- 21 с.
53. Леденев, В.В. Анализ лабораторных опытов с моделями фундаментов / В.В. Леденев, С.М. Алейников // Исследования свайных фундаментов: меж.-вед. сб. науч. тр./ Воронеж. гос. ун-т -Воронеж, 1988. - С. 126-129
54. Ямщиков, В.С. Контроль процессов горного производства. - М.: Недра. -1989.-446.
55. Ямщиков, В.С. Методы и средства исследования и контроля горных пород и процессов. - М.: Недра. - 1982. - 296 с.
56. Официальный сайт [Электронный ресурс]; [http://www.findpatent.ru/img\\_show/11665496.html](http://www.findpatent.ru/img_show/11665496.html) . Дата обращения 15/06/2016.
57. Официальный сайт [Электронный ресурс]; <http://helpiks.org/2-45607.html> Дата обращения 25/06/2016.
58. Официальный сайт [Электронный ресурс]; <http://tutmet.ru/vidy-armatury-izdelija-specifikacija-nerzhavejushhaja-kvadratnaja.html#1>. Дата обращения 25/06/2016.
59. Официальный сайт[Электронный ресурс]; <http://ru.climate-data.org/location/2006/>. Дата обращения. 10/07/2016

60. Официальный сайт [Электронный ресурс]; <http://ecokem.ru/vodnye-resursy/>. Дата обращения.15/07/2016
61. Официальный сайт[Электронный ресурс]; <http://aquagroup.ru/normdocs/1197> . Дата обращения . 10/02/2017
62. Официальный сайт [Электронный ресурс]; <http://google.ru>. Дата обращения. 10/01/2017.
63. Официальный сайт [Электронный ресурс];<http://planetolog.ru/map-rus-oblast-zoom.php?oblast=КЕМ&type=1>. Дата обращения 15/01/2017.
64. Официальный сайт [Электронный ресурс]; <http://www.lik-kuzbassa.narod.ru/>.Дата обращения . 15/02/2017.
65. Официальный сайт [Электронный ресурс]; <http://hge.spbu.ru/mapgis/subekt/kemerovo/kemerovo.html>. Дата обращени.15/06/2016.
66. ССН-93 «Сборник сметных норм». М.:1993
67. ЕНВиР « Сборник единичных сметных расценок и норм времени на инженерно-геологические изыскания» - М. 1983 -269 с.
68. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы за 1992 год выпуск №1, №7 (ССН-92, Вып.1, Вып.7);
69. Сборник норм основных расходов на геологоразведочные работы за 1993 год выпуск №1 (СНОР-93, Вып.1);
70. Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства за 1999 год (СБЦ -99).
71. Справочник базовых цен на инженерно-геодезические изыскания при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений строительства за 1999 год (СБЦ -99).
72. Крепша Н.В., Свиридов Ю.Ф. Безопасность жизнедеятельности. Учебно – методическое пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2003. - 144с.
73. Козин В. В., Петровский В. А. Геоэкология и природопользование. Понятийно-терминологический словарь. — Смоленск: Изд-во «Ойкумена», 2005. — 576с.
74. Бартов Н.К. Пожарная безопасность. – М.: Энергия, 1983. – 254 с
75. НПБ 105-03.Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (утв. приказом МЧС РФ от 18 июня 2003 г. N 314).
76. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003.
77. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. с изменениями и дополнениями. Новосибирск, 2006 г.
78. ИОТ 12-2008. «Инструкция по охране труда при выполнении буровых и каротажных работ».
79. Karol, R.H. (2003), —Chemical Grouting and Soil Stabilization, 3rd: CRC Press.
80. Purushothama.P.,Ground Improvement Techniques, University Science Press 2005.
81. Official site [Electronic resource]; <https://www.thebalance.com/vibroflotation-improve-bearing-capacity-844578>
82. Adjustment of the master plan for the city of Lenin-Kuznetsk in the Kemerovo region with the "Rules of land use and urban development"
83. Official site [Electronic resource]; [http://www.academia.edu/10261801/Soil\\_Reinforcement\\_Techniques](http://www.academia.edu/10261801/Soil_Reinforcement_Techniques).
84. Hausmann, M.R, Engineering principles of Ground modification, McGraw-Hill Publications. Date / Edition (1990) .
85. Binquet,J.& Lee, K.L. (1975), —Bearing capacity test on reinforced earth slabs, Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 101(12), 1241-1255.

86. Guido, V.A., Chang, D.K. & Sweeney, M.A. (1986), —Comparison of geogrid and geotextile reinforced earth slabs, Canadian Geotechnical Journal (23), 435-440.
87. Varaksin, S.(1981), —Recent development in soil improvement techniques and their practical applications, Solcompact Sols/Soils, Techniques Louis Menard, 15, rue des Sablons, Paris, 38/39-1981.
88. Liu, J. (2003), —Compensation grouting to reduce settlement of buildings during an adjacent deep excavation, Proc. 3rd Int. Conf. on Grouting and Ground Treatment, Geotechnical Special Publication120, ASCE, New Orleans, Louisiana, 2: 837-844.
89. Welsh, J.P., & Burke, G.K. (2000), — Advances in grouting technology, Proceedings of GeoEng 2000. Melbourne.
90. Charlie, W.A., Jacobs, P.J., & Doehring, D.O. (1992), —Blastinginduced liquefaction of an alluvial sand deposit, Geotechnical Testing Journal, ASTM, 15(1): 14-23.
91. Bo, M.E., Chu, J., Low, B.K. & Choa, V. (2003), —Soil Improvement.Prefabricated Vertical Drain Technique, Thomson Learning.
92. Чубик. П.С. Основная образовательная программа высшего профессионального образования. Общие положения. 2015.

### **Нормативная**

93. СНиП 2.02.01-83\* (с 01.07.15г СП 22.13330.2011). Основания зданий и сооружений.
94. СП 11-105-97 . Инженерно-геологические изыскания для строительства.
95. СП 11-102-97 . Инженерно-экологические изыскания для строительства.
96. СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах.
97. СНиП 22-02-2003 (с 01.07.15г СП 116.13330.2012). Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения.
98. СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства.
99. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000 – 1:500, ГУГК СССР, 1989г.
100. Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах. ПТБ-88, М., Недра, 1991 г.
101. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
102. СН 2.2.4./2.1.8.556-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав России, 1997.
103. СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату\_производственных помещений .
104. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
105. СанПиН 2.2.1./2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
106. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
107. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: Гострой России, 1997. – с. 12.
108. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация.

109. ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия.
110. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.
111. ГОСТ 14231-88. Смолы карбамидоформальдегидные. Технические условия .
112. СТО НОСТРОЙ 2.3.18-2011. Освоение подземного пространства. Укрепление грунтов инъекционными методами в строительстве.
113. ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
114. ГОСТ 12.0.003– 74. ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
115. ГОСТ 12.1.003-2014г ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
116. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
117. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
118. ГОСТ 12.4.002-97. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний.
119. ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
120. ГОСТ 12.2.061-81. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
121. ГОСТ 12.2.062-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам .
122. ГОСТ Р 12.4.026-2001 ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности.
123. ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
124. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
125. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Защитное заземление, зануление
126. ГОСТ 12.1.010-76. ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования
127. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
128. ГОСТ 12.1.045-84. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
129. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
130. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.
131. ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
132. ГОСТ Р 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях
133. Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 4 мая 1999 года № 96-ФЗ (с последующими изменениями и дополнениями).
134. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 года № 7-ФЗ (с последующими изменениями и дополнениями).
135. СП 52.13330.2011 естественное искусственное освещение.

### **Фондовая**

136. Сахаров В.Н., Минтянов Ю.В., Технический отчет по инженерным изысканиям. Объект: «МРО православный приход храма Пресвятой Богородицы в честь иконы «Иверская» г. Ленинск – Кузнецкий КО Кемеровской Епархии РПЦ (МП)». Шифр 37-15, 2015 г.
137. Проект По усилению грунтов основания на объекты «МРО православный приход храма Пресвятой Богородицы в честь иконы «Иверская» г. Ленинск – Кузнецкий КО Кемеровской епархии РПЦ (МП)», Шифр И37-15.

**Приложение А  
(обязательное)**

**The current state of the methods for reinforcing soil bases**

Студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ВМ51	Тарек Сухайб Сабах Тарек		

Консультант – лингвист кафедры ИЯПР:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Матвеевко И.А.	д.ф.н., доцент		

## **Chapter 1. HISTORY OF SOIL REINFORCEMENT**

### ***1.1. Abstract***

Nowadays, quick development of infrastructures in cities compounded with inadequacy of useful and bound the engineers to progress the properties of soil to bear the load transferred by the substructure such as buildings, bridges, roadways, railways etc. The engineering techniques of ground development are removal and replacement, pre-compression, vertical drains, in-situ densification, grouting, vibroflotation, dynamic compaction, stone column, compaction piles, stabilization using admixtures and reinforcement. The purpose of these techniques is to improve the bearing capacity of ground and reduce the settlement of the soil. One of the methods of ground improvement techniques is supporting the soil with materials like steel, stainless steel, aluminium, fibre glass, nylon, polyester, polyamides in the form of other floorings or grids and geotextiles. The main purpose of soil reinforcing is to improve its stability, increasing its bearing capacity and reduce settlements and lateral deformations [84, 87].

Construction of building and other civil engineering structures on weak or soft soil is highly risky because such soil is susceptible to differential settlements, poor shear strength, and high compressibility. Various soil improvement techniques have been used to enhance the engineering properties of soil.

Basic principles of soil reinforcement already exist in nature and are demonstrated by animals, plants and birds. The modern form of the soil reinforcement was first applied by Vidal (1969). Based on the Vidal's concept the interaction between soil and the reinforcing horizontal member is due to friction generated by gravity. Applying this concept retaining walls were built in France in 1986. Nowadays this technique is widely used in Europe and the U.S.A.

Reinforced soil is somewhat analogous to the reinforced concrete. But direct comparison between the functions of reinforcement in the two cases is not valid. The mode of action of reinforcement in soil is not one of carrying the developed tensile stresses as in reinforced concrete but of anisotropic reduction of normal strain rate [83].

The problem of constructing industrial and civil structures in difficult ground conditions is very relevant, since significant. By the size the territory of Russia is composed of subsidence, loess, weak water-saturated, bulk, swelling, and perpetually frozen soils. Many regions of Russia belong to seismic regions, where earthquakes with an intensity of more than 7 points are possible. Security [80,83].

The necessary strength and deformability of such foundations and foundation designs is a complex technical problem, for the solution of which it is necessary to use special engineering measures, expensive materials and technologies, which often leads to a rise in the cost of construction. One of the measures to reduce the unevenness of deposits and deformations of slab foundations is the reinforcement of the base soils.

### ***1.2. MECHANISM***

To understand the mechanism by which reinforcement improves the performance of soil, two laboratory scale experiments are carried out. In the first case, a tank ABCD as shown in figure (1) is filled with dry sand. When side AB of the container is removed, the vertical face of the sand does not remain stable and the soil mass rearranges itself as a sloping surface. The same experiment is repeated by using geotextile material as reinforcement in soil mass. The geotextile is the flexible material that resembles a strong or thick sheet of cloth [80, 83].

This material is placed in horizontal layers when the sand is filled in the tank and it is folded at the ends as shown in figure. After removing the side AB, the vertical side does not collapse. It may be observed that bulging takes place but the face remains vertical and stable.

This is so because, when the soil particles in the failure zone begin to collapse, the geotextile reinforcement prevents their movement.

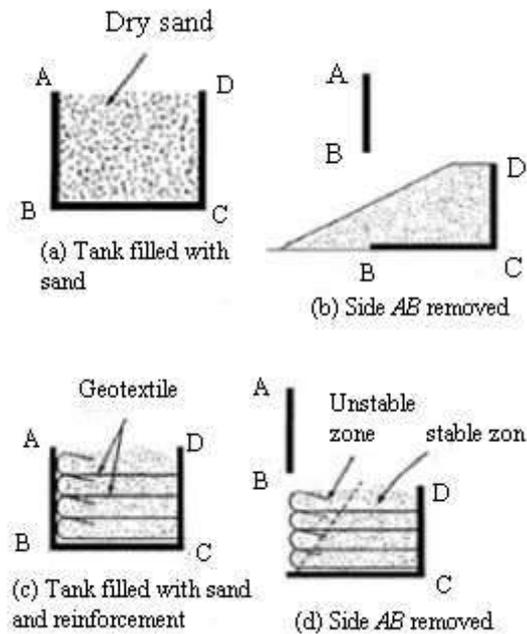


Figure 1. The mechanism by which reinforcement improves the performance of soil

Two samples of medium-dense sand, one reinforced and the other not reinforced, are tested in the triaxial apparatus under consolidated drained conditions.

The reinforcement is introduced in one of the soil sample in the form of four discs of thin aluminium foil placed horizontally in the sample. Two important observations can be made from these tests:

- During the shearing stage, prior to failure, the reinforced soil sample shows lower radial and axial strain under the same deviator stress as compared to unreinforced sample.
- At failure, the deviator stress of the reinforced sample is significantly larger than that of sample without reinforcement indicating higher shear strength of the former figure (2) [80,83].

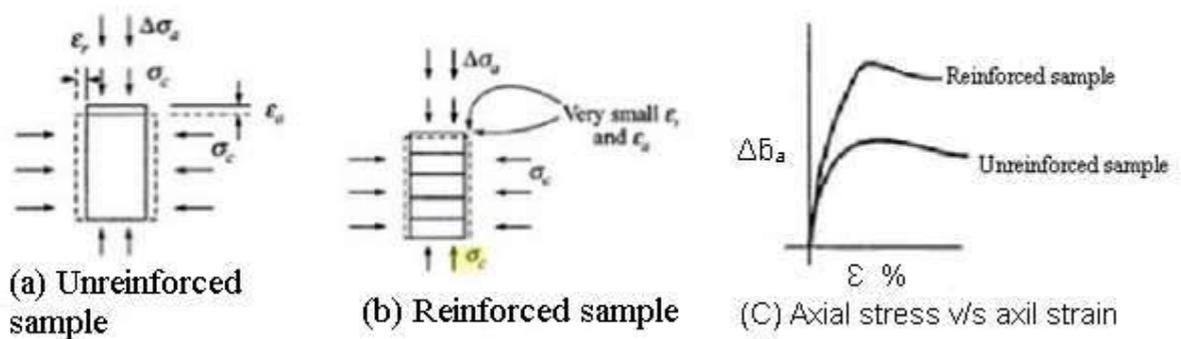


Figure 2. The triaxial apparatus for shear test

### **1.3. MATERIALS**

There are two basic materials used in the construction of reinforced soil.

- Soil or fill matrix
- Reinforcement or anchor system

There used to be adequate inter-relationship between the materials used. Based on the design strength and availability, the materials are selected. We will discuss one by one, the materials that are being used.

#### **1.3.1. Soil or fill matrix**

The shear properties of soil can be improved as theoretically any soil could be used to form earth reinforced structure. In long term conventional structures the soil used is the well graded cohesion less soil or a good cohesive frictional fill although pure cohesive soils have been used with success. The advantages of cohesion pure soil are that they are stable, free draining, not susceptible to frost and relatively non-corrosive to reinforcing elements.

The only disadvantage is its cost. As a convenient compromise between the technical benefits from cohesion less soil and economic benefits from cohesive soil, cohesive frictional may be preferred. Sometimes the use of waste material as fill for reinforced soil structures is attractive from an environmental as well as economic view point. Mine wastes and pulverized fuel ash are the wastes that are usually employed [83].

#### **1.3.2. Reinforcement**

A variety of materials including steel, concrete, glass, fiber, wood, rubber, aluminium and thermoplastics can be used as reinforcing material. Reinforcement can have the form of strips, grids, anchors and sheet material chain, planks, rope, vegetation and combinations of these or other material forms [80].

### **1.4. Techniques to Improve the Strength of Ground**

Ground improvement techniques such as stabilization, vibroflotation, dynamic compaction, stone column, compaction pile and compaction grouting are given the maximum importance in present days to adapt weak soil into the proper stable ground for different civil engineering projects.

The work on increasing the strength, bearing capacity of soil and its resistance to deteriorative forces of nature and manmade environment was started with Henri Vidal and the pioneer work of Binquet and Lee. Ground improvement techniques that enhanced the engineering properties of the treated soil mass are usually shear strength, stiffness and permeability. Ground improvement has developed into a sophisticated tool to support foundation for a wide variety of structures.

When a project site come across any of the above difficult conditions, possible alternative solutions may be one of among as avoid the particular site; design the planned structure accordingly, remove and replace inappropriate soils, attempt to modify existing ground, enable cost effective foundation design, reduce the effects of contaminated soils, ensure sustainability in construction projects using ground improvement techniques.

Ground improvement methods have made considerable developments since today's commonly practiced techniques began to develop in the 20th century however most techniques have gone through changes [84, 85, 87]. In order to meet this demand land reclamation and utilization of unsuitable and environmentally affected lands have been taken up. These, hitherto useless lands for construction have been converted to be useful ones by adopting one or more ground improvement techniques.

The field of ground improvement techniques has been recognized as an important and rapidly expanding one.

### ***AIM/PURPOSE***

The main goal of most soil improvement techniques used for reducing liquefaction hazards is to avoid large increase in pore water pressure during earthquake shaking. This can be achieved by densification of the soil and improvement of its drainage capacity.

#### ***1.4.1. Vibroflotation***

Vibroflotation is the method in which vibrating probe penetrates into granular soil to depths of over 100 feet.

#### ***Vibroflotation Techniques***



*Figure 3. Vibroflotation compaction*

Vibroflotation can be obtained by using three different techniques:

- Vibro Compaction method- This method allows granular soils to be compacted. This method is only used to compact sandy soils.
- Vibro Replacement method- The technique is used to replace poor or inadequate soil material by flushing out the soil with air or water and replacing it with granular soil. This can be used in various soil types such as clay and sandy soils.
- Vibro Displacement method- This procedure is used with no or small amounts of water used during the technique. The probe is inserted into the soil and it will displace it laterally as the new soil column is being formed and compacted [81].

#### ***1.4.2. Dynamic Compaction***

Densification by dynamic compaction is performed by dropping a heavy weight of steel or concrete in a grid pattern from height of 30 to 100 feet. It helps to increase the strength as well as improve to mitigation of liquefaction hazards.

Dynamic Compaction is used to achieve deep ground densification for building foundations, or road and rail embankment foundations, on loose materials.

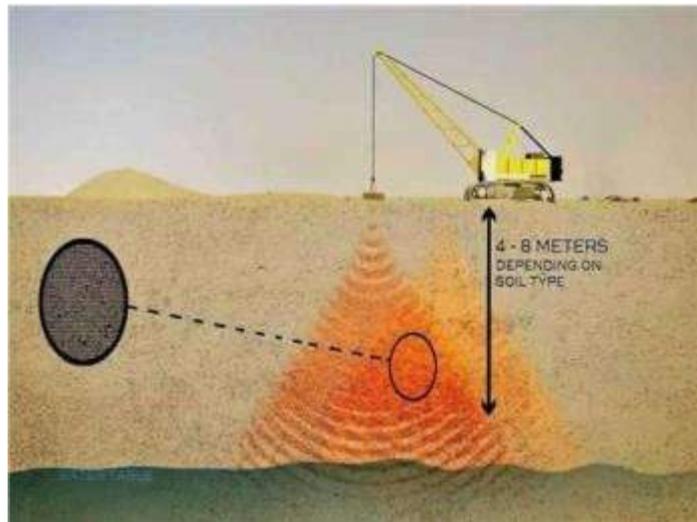


Figure 4. Dynamic compaction

### 1.4.3. Stone Column

Stone column are constructed by using gravel for column. Stone column can be constructed by the vibroflotation methods.

Stone column ground improvement involves adding vertical columns of stone into the ground to a depth of at least 4m below the ground surface. A layer of compacted gravel can then be put over the top of the columns, ready for the construction of new house foundations. The stone column method is quick to construct and can be done at any time of the year.

### 1.4.4. Compaction Piles

Installing compaction piles is a very effective process of improving the soil strength. Compaction piles are usually constructed prestressed concrete or timber. Installation piles both densify and reinforce the soil. The piles are generally installed in a grid pattern and driven to depth up to 60 feet.

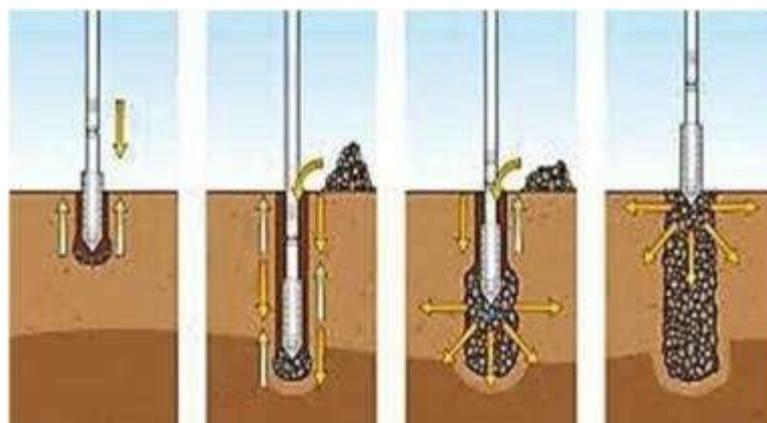


Figure 5. Stone Column

### 1.4.5. Compaction Grouting

Compaction grout is the techniques in which we have to use water, sand, cement mixtures is injected under pressure into granular soil. The grout forms a bulb that displaces and hence densifies the surrounding soil compaction grout. It is the effective methods to improve the strength of soil.

### ***Fields of application***

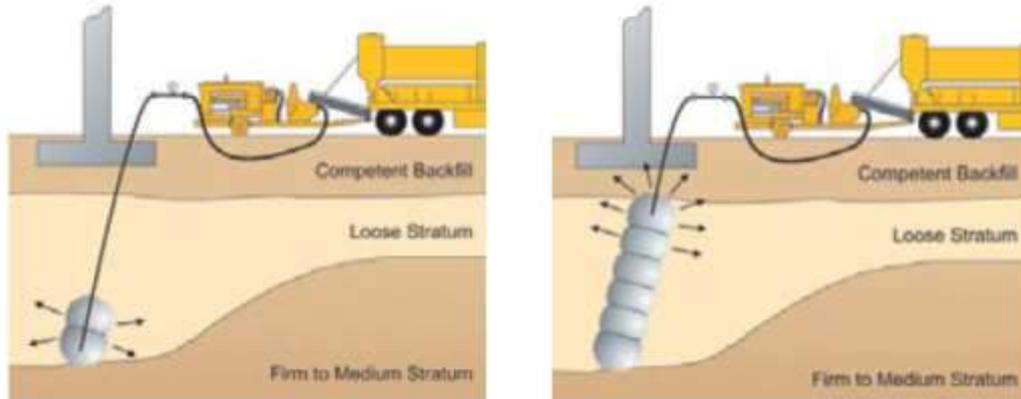
While compaction grouting had originally been used only for the foundation rehabilitation of settlement sensitive structures, the field of application in the meantime has been extended. Nowadays this technique is used in various fields of application.

- **Soil improvement**

Improvement of soils with insufficient bearing capacity, respectively with an increase in relative density, e. g. as an alternative or supplement to pile foundations or stone columns.

- ***Stabilisation and rehabilitation of foundations***

Increase or restoration of the bearing capacity of the soil under an existing foundation, e. g. in cases of increase in load or settlement damages.



*Figure 6. Compaction grouting*

### **1.5. ADVANCEMENT OF COMPACTION GROUTING**

Compaction grouting is a ground reinforcement practice that involves injection of a thick-consistency soil-cement grout under pressure into the soil mass, consolidating, and, thereby, increasing density of surrounding soils in-situ.

The inserted grout mass occupies void space created by pressure densification. Pump pressure, as transmitted through low-mobility grout, produces compaction by displacing soil at depth until resisted by the weight of superimposing soils.

Compaction grouting, when inserted into very dense soils, remains somewhat confined, since the nearby material is quite dense. However, when inserted into under-consolidated or poorly-compacted soils, grout is able to "thrust" these materials sidewise. When grouting treatment is applied on a grid pattern, the result is better compaction of displaced soils and greater homogeneousness of the treated soil mass. As a minor advantage, the resulting grout columns add strength in the vertical axis, as typical grout compressive strengths exceed those of the nearby soils.

Compaction grouting applications include densification of foundation soils, raising and relieving of structures and foundation elements, mitigation of liquefaction potential, augmentation of pile capacity and pile repair, and densification of utility trench backfill soils. The method has also been used to support deep excavation into soft ground for a case in Shanghai.

A few more cases are given by Welsh and Burke (2000). Another compaction grouting technique has also been projected by Naudts and Van Impe in which geo-textile bags are used.

In accepting this method, regular sleeve pipes are connected to the required depth. Geo-textile bags are strapped spanning all or some of the sleeves. The geo-textile bags are inflated

via a double packer with stable, low viscosity cement based suspension grout with high resistance against pressure filtration. Several bags are inflated at the same time. The inflation process is done in stages to allow the water to slowly (according to pressure) filtrate through the geo-textile bags.

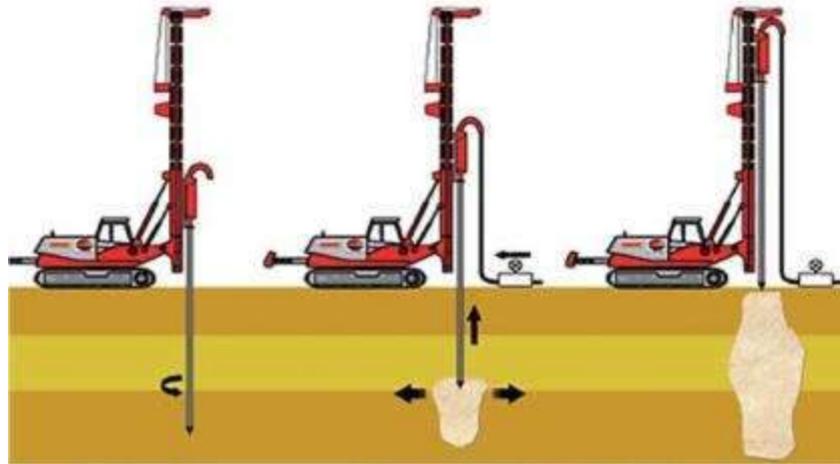


Figure 7. Compaction Grout

During each grouting stage the pressure is methodically increased. The spacing between the grout pipes takes to be such that the soils are subjected to vertical stresses in excess of those they will eventually be subjected to. The volume of reduction of the nearby ground under the grouting pressure, as well as the influence radius of the compaction grouting can be statistically estimated with the method described by N Audts and Van Impe. This, in turn, dictates the spacing between the grout pipes [88,89].

### **1.6. SOIL MODIFICATION BY PRE-FABRICATED VERTICAL DRAINS**

This technique increases the bearing capacity and reduces the compressibility of weak ground and it is completed by placing temporary extra on the ground. By “extra” is generally meant more than the expected bearing capacity. It is the most effective for soft cohesive ground. The process may be speed up by vertical sand drains/prefabricated vertical drains. These drains are installed in order to accelerate settlement and gain in strength of soft cohesive soil.

Vertical drains accelerate primary consolidation only. As significant water movement is related with it. Secondary consolidation causes only very small quantity of water to drain from soil or in ground. Secondary settlement is not speeded up by vertical drains.

Only relatively impermeable type of soil is benefited from vertical drains. Soils which are more permeable will consolidate under surcharge. Vertical drains are effective where clay deposit contains many horizontal sand or silt lenses [90].

### **1.7. PHYSICAL AND CHEMICAL MODIFICATION**

In this technique soil improvement is achieved by physical mixing of adhesives with surface layers or columns of soil. The adhesive includes natural soils industrial by products or surplus materials or cementations or other chemicals which react with each other and the ground. When adhesives are injected via boreholes under pressure into voids within the ground or between it and a structure the process is called grouting.

Soil stabilization by heating and by freezing the ground is a careful thermal method of alterations. Some of the physical and chemical modification methods are grouting, heating, freezing and vitrification [88, 91, 81].

### **1.7.1. Grouting**

This technology has become a common ground improvement method used frequently for underground and foundation constructions. The process of grouting consists of filling pores or cavities in soil or rock with a liquid form material to reduce the permeability and improve the shear strength by increasing the cohesion when it is set. Cement base grout mixes are commonly used for gravelly layers or fissure rock treatment. But the suspension grain size may be too big to penetrate sand or silty-sand layers. In this case, chemical or organic grout mixes are also used. In recent years, the availability of ultrafine grout mixes has extended the performance of hydraulic base grout for soil treatment. Sandy gravel soil treated using ultrafine cement mix. The grout mix can be classified into four types [79].

Mortar and pastes such as cement to fill in holes or open cracks. Suspensions such as ultra-fine cement to seal and strengthen sand and joints. Solutions such as water glass and emulsions such as chemical grout are used.

The operational limits of different grout mix are dependent on the type of soils and the particle size distribution of the soil. The grouting may be categorised as.

- Penetration grouting.
- Displacement grouting.
- Compaction grouting.
- Grouting of voids
- Jet grouting [88,89].

### **1.7.2. Heating**

Heating causes permanent changes in properties of soil and renders the material hard and durable. Workshop studied showed that an increase in temperature increases settlements of clays under a given practical stress. Heat behaviour of clay soil to about 400°C results in pronounced changes in engineering properties of soil. Heating is energy concentrated and to stabilize one m<sup>3</sup> of soil 50 to 100 liters of fuel oil are required. It is not recommended nowadays excepting in places where it is previously available as inherent energy in waste products and in landfills.

However, use of geothermal piles as heating structures is prevalent in places like the UK. The idea of reconsolidation of clay using a combined vacuum and heating method in cold region has been attempted by Marques and Leroueil in Quebec.

Another field trial was carried out recently by Pothiraksanon, where hot water was circulated into the PVDs to elevate the ground temperature. However, these methods are still in the experimental stage and there are no large scale field applications yet. Another application of heating method is the so-called heat exchange pile which has been deliberated in detail by Brandl and Laloui. Some other methods of using heat for soil development determinations have been defined by Van Impe (1989) [79].

## **1.8. VIBRO REPLACEMENT OR STONE COLUMNS**

Vibro replacement is a technique of constructing stone columns through fill material and weak soils to improve their load bearing and settlement characteristics.

Different clean granular soils, fine grained soils do not densify effectively under vibrations. Hence, it is essential to form stone columns to reinforce and improve fill materials for weak cohesive and mixed soils. In the method a hole jetted into soft, fine-grained soil and back filled with densely compacted gravel or sand to form columns. A variation of the stone column method is the vibro concrete column which is installed using dry bottom feed vibro equipment with stone aggregate replaced with a high slump concrete mix. One application of the vibro concrete column for a highway embankment over soft clay is described by Serridge

and Synacy. Another technique similar to the stone columns is the rammed aggregate pier method. This method also installs columns using crushed stone.

However, the construction process is different. Instead of being horizontally vibrated into place, the stone is densely compacted by vertical ramming in about 0.3 m layers in the rammed pier method.

A patented beveled tamper rams each layer of aggregate using static down force and vertical impact ramming energy, resulting in superior strength and stiffness.

The tamper densifies aggregate vertically and forces aggregate laterally into the loose matrix soil. This results in matrix soil improvement and excellent coupling with the surrounding soils, thereby delivering reduction of liquefaction potential and highly reliable settlement control. The rammed aggregate piers can be used to reinforce a variety of soils, including loose sands, silts, and mixed soil layers including clays, uncontrolled fill and soils below the ground water table [91,81].

### 1.9. GEOTEXTILE ENCASED COLUMNS

The geotextile-encased columns (GECs) foundation system for banks on soft or difficult soils was introduced in 1994. The GECs consist of compacted granular fill similar to common stone columns, but with a main difference: GECs are confined in a high-strength woven geotextile cylinder. Consequently, they work properly even in extremely soft soils. Granular columns under compressive loads experience different failure modes, such as bulging, general shear failure, and sliding. However, the most common failure mode for stone columns in soft clays is bulging with the help of geotextile-encased columns. Stone columns are progressively being used for ground improvement, particularly for stabilizing road embankments, foundation for oil storage tanks, etc. Stone column derives its axial capacity from the passive resistance developed against the bulging of the column and increased resistance to lateral deformation [86].



Figure 8. Encased Stone Column

## Chapter 2. Features of engineering and geological conditions of the territory of Leninsk-Kuznetsk city

### 2.1. Physico-geographical conditions of the study area

Leninsk-Kuznetsky, formerly (until 1925) Kolchugino, is located in Kemerovo oblast, central Russia. It lies along the Inya River, a tributary of the Ob. In 1912 a French company started coal-mining operations there; from the 1930s the city developed rapidly to become a major coal-mining centre, with many pits located in the city itself. Other industries produce chemicals, mining machinery, electric lamps, and timber goods. The town of Leninsk-Kuznetsk is located in the western part of the Kemerovo Region (Kuzbass), in the center of the Kuznetsk Basin. The distance to Moscow is 3200 km, the regional center is 90 km, and the largest cities of Western Siberia (Novosibirsk, Tomsk, Barnaul) are within 250-350 km. The nearest neighbor of Leninsk-Kuznetsky is Polysaev, a thirty-thousand-strong mining town, located on the south-west of it. The main natural wealth of the territory is coal. Mining outlets of mines occupy 65-70% of the territory of Leninsk-Kuznetsk [82].

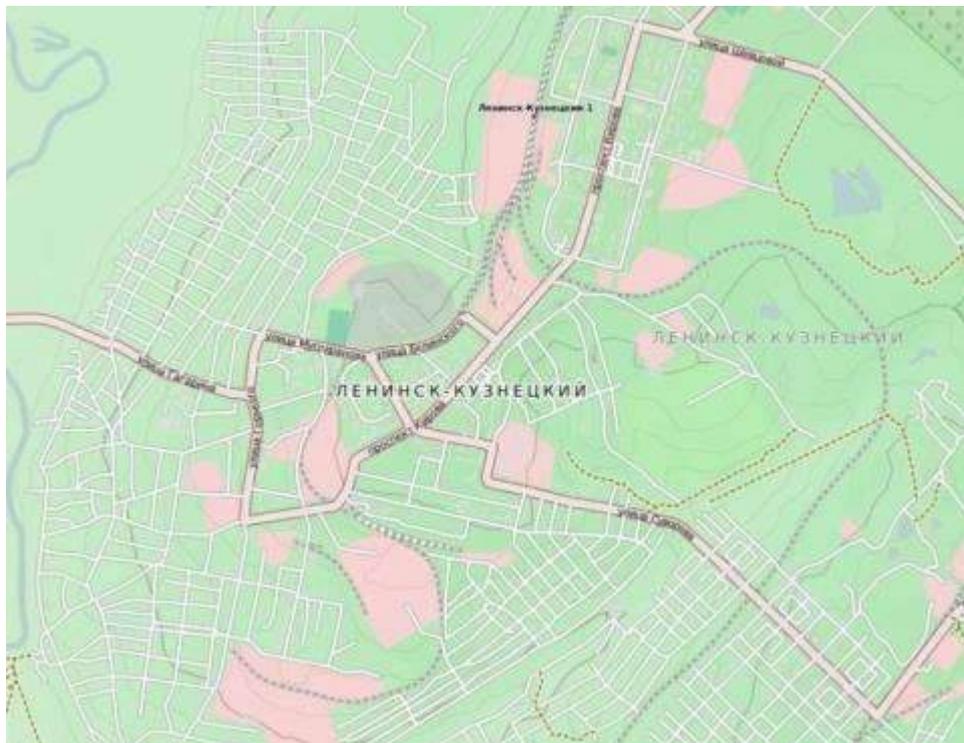


Figure 9. Location of the research area

### 2.2. Weather in Leninsk-Kuznetsky

The climate of the study area is sharply continental, with a cold long winter and a short warm summer. The average long-term air temperature in January is (-17.8 ° C), in July - (+18.7° C). The average annual air temperature is 0,6 °C figure 10.

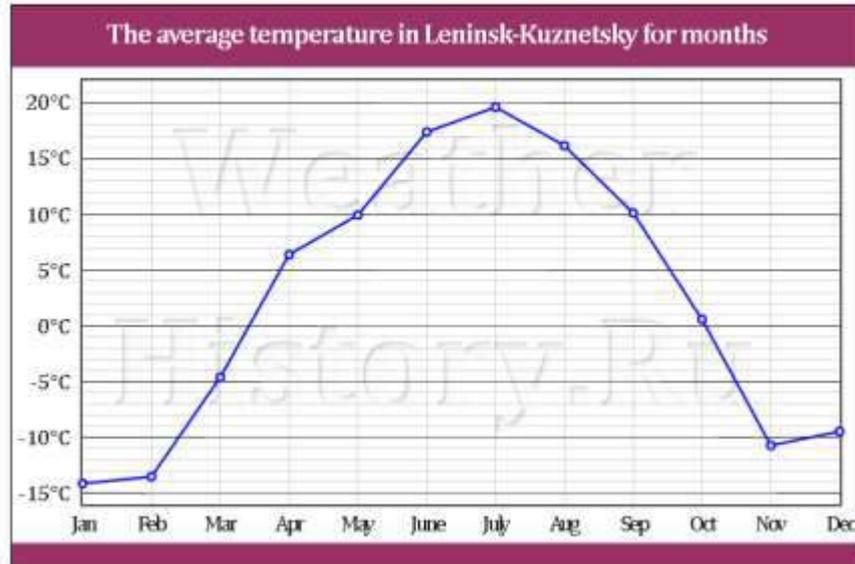


Figure 10. Graph of temperature changes

The territory of the region receives Arctic, tropical air masses and temperate latitudes. They are continental and marine. The prevailing air mass - continental air of temperate latitudes, cold in winter and warm in summer, is one of the reasons for the continental climate of the region. The underlying surface favors the free movement of both warm and cold air masses, the change of which causes variability in the weather.

The humidity in Leninsk-Kuznetsky varies depending on the month from 50% to 78%. The minimum humidity in Leninsk-Kuznetsky is observed in May. The maximum humidity in Leninsk-Kuznetsky is observed in October, figure 11.



Figure 11. Graph of humidity changes

According to the degree of moistening, this area belongs to the temperate zone. The amount of precipitation is uneven in different seasons. In the spring, less rain falls than in other

seasons. The annual amount of precipitation is 585 mm, of which 380 mm falls in the warm period with a maximum (77 mm) in July.

The largest observed daily maximum of precipitation is 82 mm. Long and cold winters favor a significant accumulation of snow. Steady snow cover is formed on the average by the beginning of November and lies all winter. The maximum height reaches in February - March - 20-30 cm. The height of the snow cover also depends on the features of the relief, vegetation cover and prevailing winds. The average annual wind speed is 3.7 m / sec. The highest speed (4.2 m / s) is observed in October-November, the smallest (2.9 m / s) in July-August. In the year there is an average of 15 days with winds of more than 15 m / s.

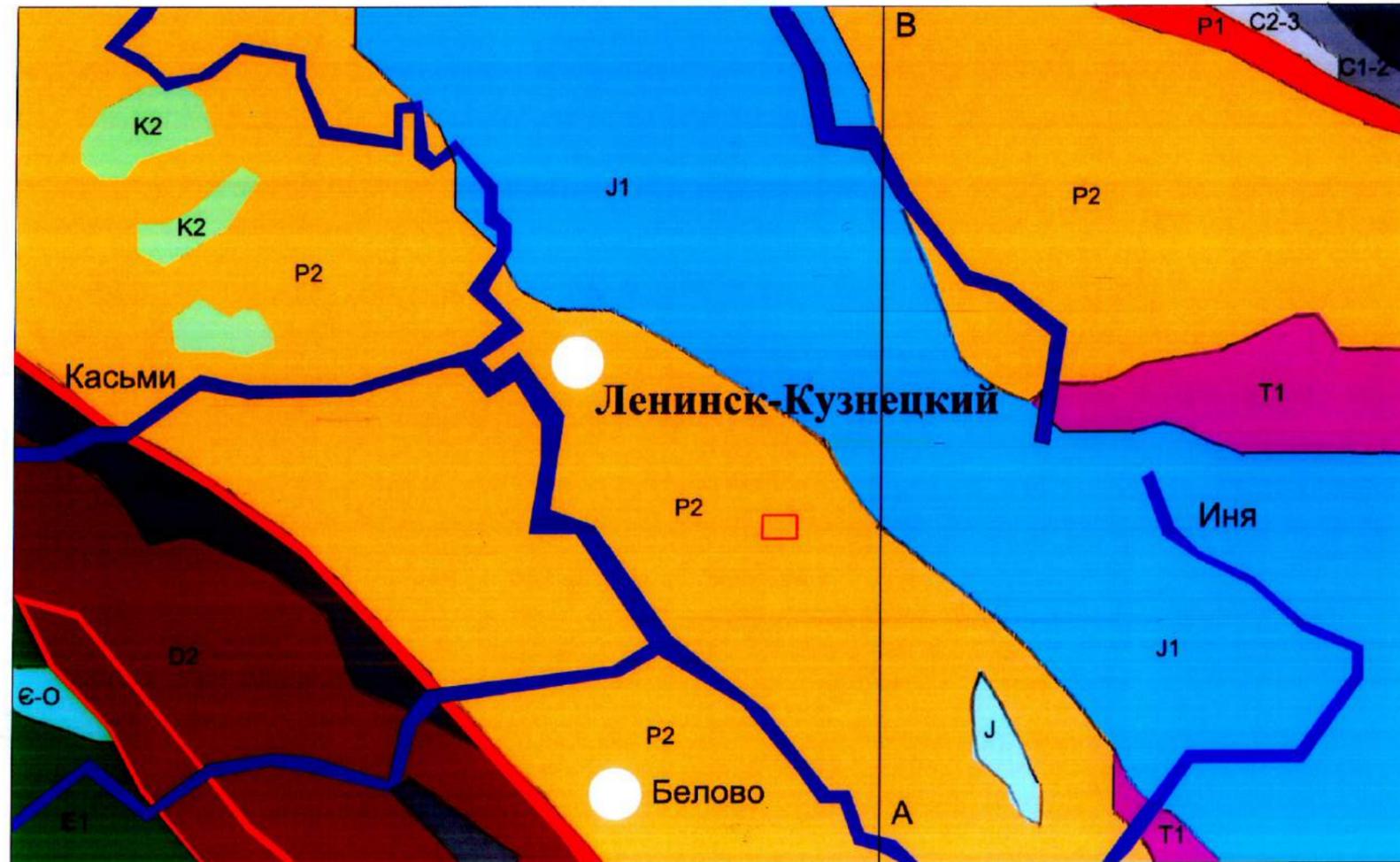
The difference between the amount of precipitation between the driest and wettest month is 52 mm. The average temperature varies during the year by 35.6 °C. July is the warmest month of the year. The temperature in July is on average 19.2 °C. January has the lowest average temperature of the year. It is -16.4 °C. The driest month is February with a precipitation of 17 mm. Most of the precipitation fall in June, an average of 69 mm [82].

### **2.3. CONCLUSIONS**

This paper has endeavored to offer the new development in ground improvement techniques which are extensively used in the field of geotechnical engineering and will play a major role in the field and earthwork construction projects of many types in the years ahead.

# ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА Район Исследования

Масштаб 1 : 200000

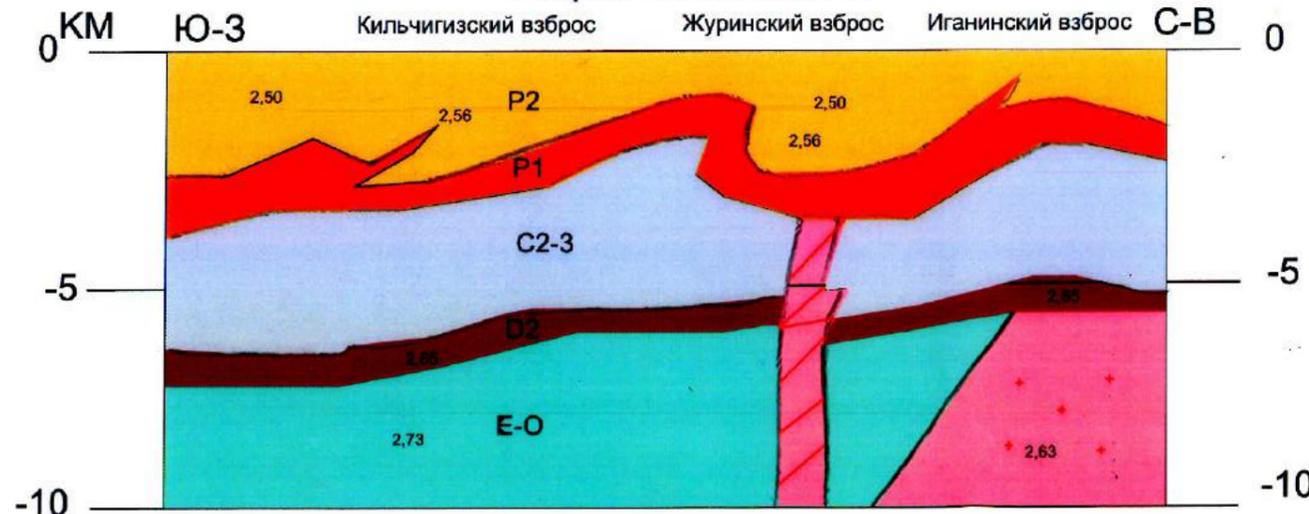


## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- K2** Меловая система .Верхний отдел
  - J1** Юрская система.Нижний отдел
  - J** Юрская система . Нерасчлененные отложения
  - T1** Триасовая система. Нижний отдел
  - P2** Пермская система .Верхний отдел
  - P1** Пермская система .Нижний отдел
  - C2-3** Каменноугольная система . Средний - верхний отделы
  - C1-2** Каменноугольная система . Нижний - средний отделы
  - C1-2** Каменноугольная система . Турнейский - визейский ярус
  - D2** Девонская система .Живетский ярус
  - Є-O** Кембрийская - ордовиская системы, нерасчлененные отложения
  - Є1** Кембрийская система. Нижний отдел
  - (а) + + Литологическая характеристика неоднородностей фундамента : породы кислого состава(а)
  - (а) (б) Недокомпенсированные отрицательные аномалии (а) и соответствующие им зоны разуплотнения (б)
  - (а) (б) Расчетная кривая (а) от разреза с подобранными плотностными неоднородностями в фундаменте(б)
- ~ Геологические границы между разновозрастными геологическими образованиями

Карта составлена ГУП "Кузбасгеология 1995 "г.  
 Автор :кандидат геолого-минералогических наук Кандауров А.С  
 Компьютерная обработка: Тарек С. С. 2017г.  
 Геологической основой является государственная геологическая карта масштаба 1:2500000 ( западно-сибирская серия ЗС-28 ).

## Разрез по линии А-В

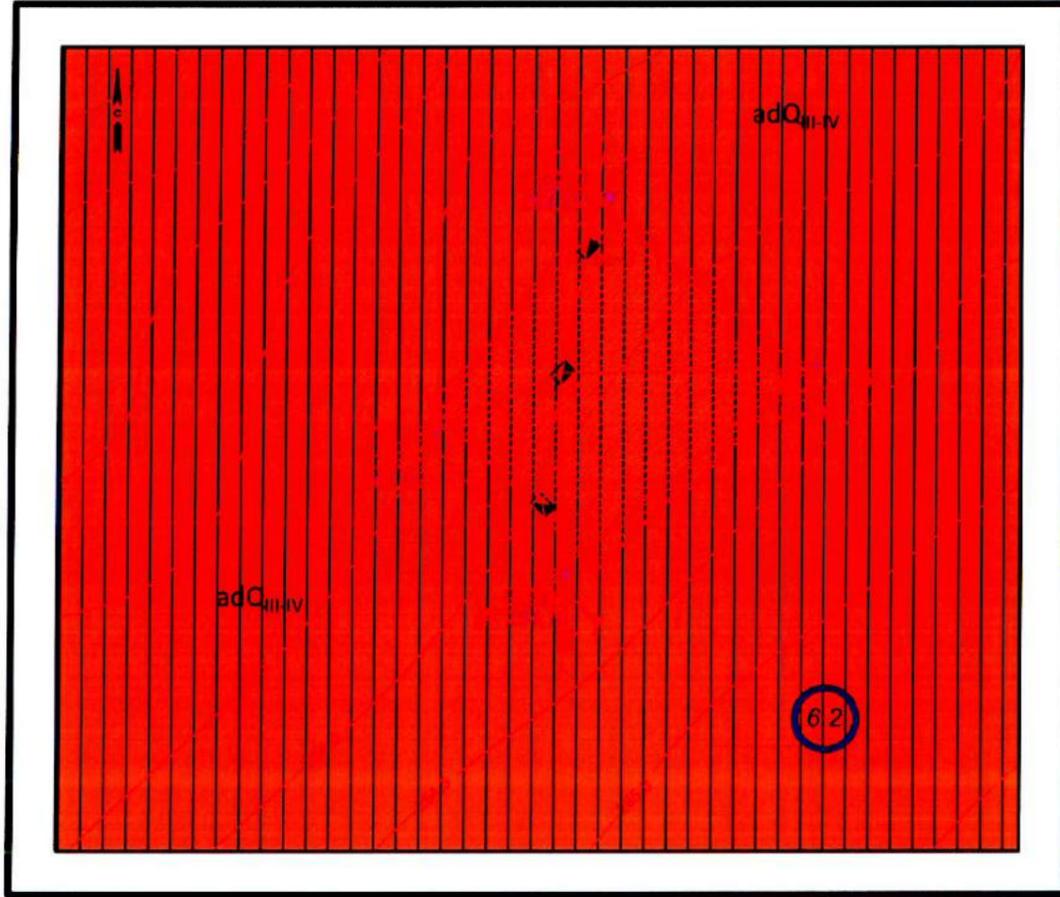


- Разломы
- I. Крутопадающие
- II порядка
- Элементы залегания:
- В Линия разреза
- А
- Участок работ

МО и НРФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2017г.
ИПР	Магистерская программа - Инженерно-геологические изыскания в области природообустройства	гр.2ВМ51
<b>Магистерская диссертация</b>		
ТЕМА	Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива по ул. Коростылева, 6 в г. Ленинск - Кузнецкий	
СОДЕРЖ. ЛИСТА	Карта инженерно-геологических условий	Масштаб 1:200000
СТУДЕНТ	<i>Тарек С.С.</i>	Тарек С.С.Т.
РУКОВОДИТЕЛЬ	<i>Строкова Л.А.</i>	Строкова Л.А.
ЗАВ. КАФЕДРОЙ	<i>Гусева И.В.</i>	Гусева И.В.
КОНСУЛЬТАНТ	<i>Строкова Л.А.</i>	Строкова Л.А.

# КАРТА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ УЧАСТКА

М-6 1:500



Автор: Тарек С.С.Т., 2017г

Техногенные грунты с карты сняты

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

### I. Стратиграфо-генетические комплексы

- Современное техногенное отложение
- Современное верхнечетвертичное деллювиальное отложение
- Среднечетвертичные элювиальные отложения

### II. Инженерно-геологические разновидности грунтов

- Насыпной грунт
- Суглинок бурый аллювиально-делювиальный, твердой и полутвердой консистенции, непросадочный
- Суглинок бурый аллювиально-делювиальный, мягкопластичный и тугопластичной консистенции, насыщенный водой
- Глина с прослоями суглинка элювиальная. Грунт серовато-бурого цвета, пестроцветный твердой консистенции
- Структурный элювий, представлен суглинком и глиной твердой консистенции

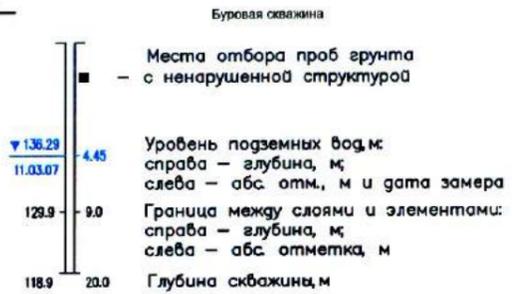
- Номер ИГЭ

### III. Гидрогеологические условия

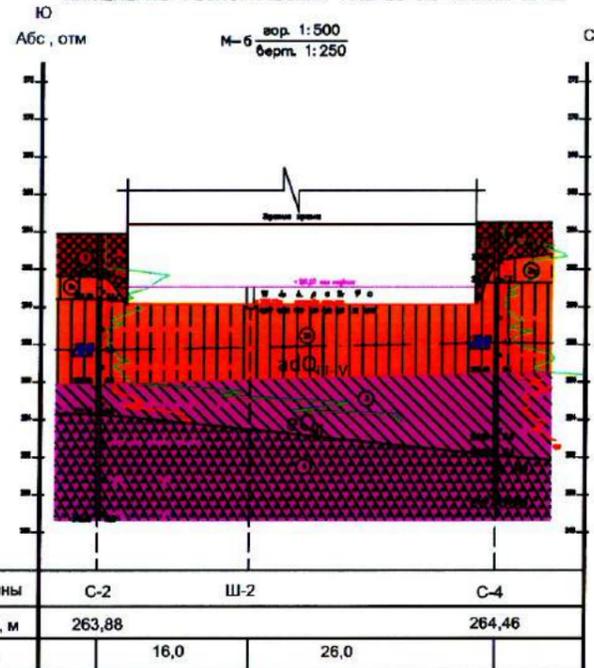
- Глубина вскрытия подземных вод (карта)
- Уровень подземных вод (разрез)

### IV. Прочие знаки

- Буровая скважина, ее номер  
Абсолютная отметка поверхности земли, м
- Точка статического зондирования, ее номер  
Абсолютная отметка поверхности земли, м
- Шурф и его номер
- Линия разреза
- Контур здания
- Изолинии поверхности рельефа



### ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ПО ЛИНИИ III-III



Номер скважины	С-2	Ш-2	С-4
Отметка устья, м	263,88		264,46
Расстояние, м		16,0	26,0

### Консистенция

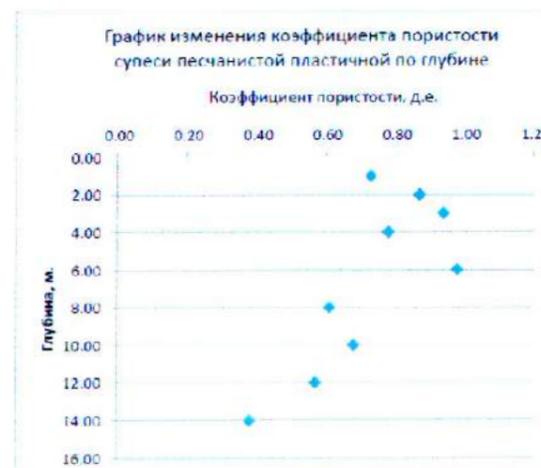
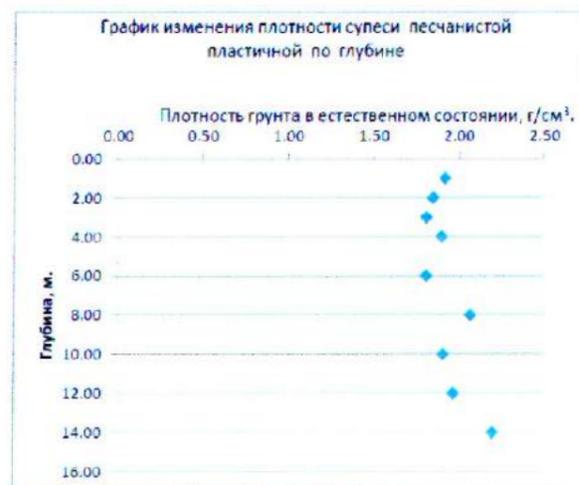
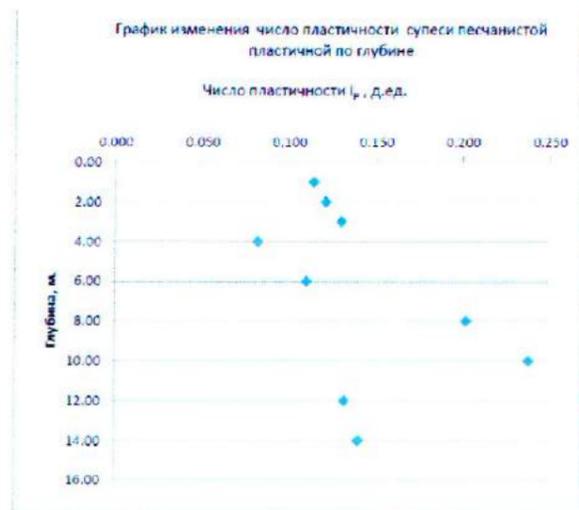
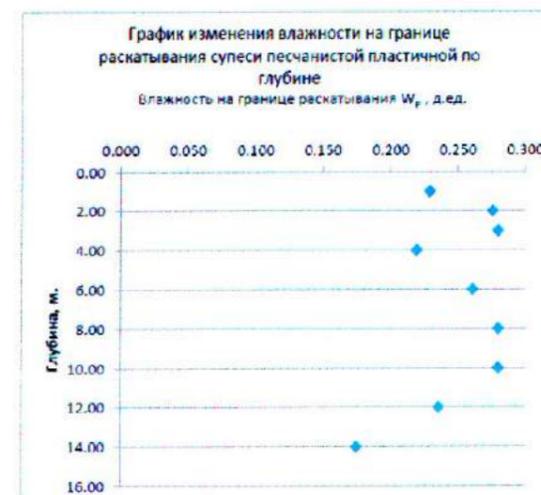
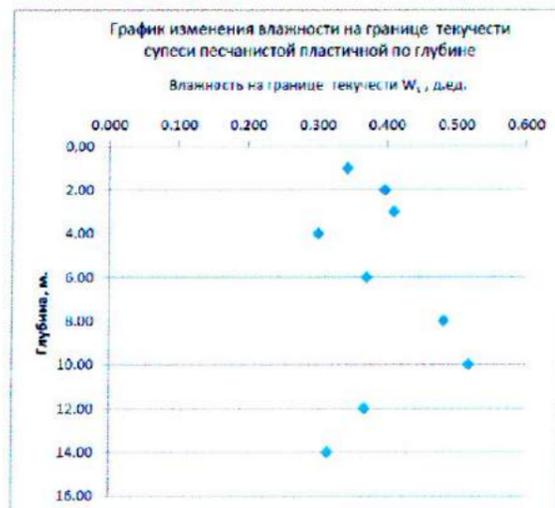
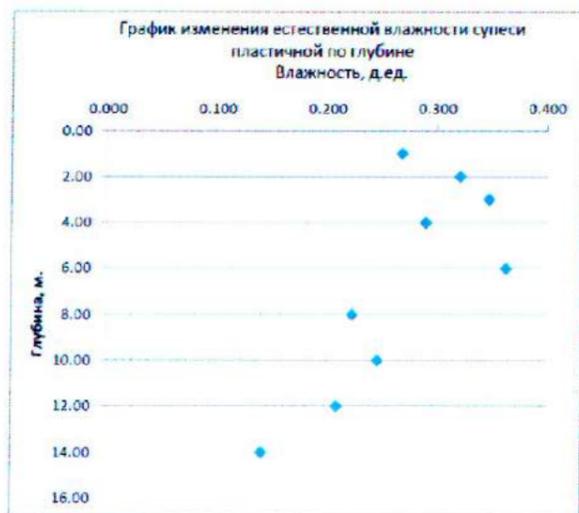
- мягкопластичная
- тугопластичная
- полутвердая
- твердая

### Показатели физико-механических свойств грунтов

- W — естественная влажность, д.ед.
- Jp — число пластичности, д.ед.
- Ip — показатель текучести, д.ед.
- ρ — плотность, г/см<sup>3</sup>
- e — коэффициент пористости, д.ед.
- Sr — коэффициент водонасыщения, д.ед.
- φ — угол внутреннего трения, градус
- c — сцепление, МПа
- \* — значение показателя β в водонасыщенном состоянии

МО и ИРФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2017г.
ИПР	Магистерская программа - Инженерно-геологические изыскания в области природообустройства	гр.2ВМ51
<b>Магистерская диссертация</b>		
ТЕМА	Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива по ул. Коростылева, в г.г. Ленинск - Кузнецкий	
СОДЕРЖ. ЛИСТА	Карта инженерно-геологических условий	Масштаб 1:500
СТУДЕНТ		Тарек С.С.Т.
РУКОВОДИТЕЛЬ		Строкова Л.А.
ЗАВ. КАФЕДРОЙ		Гусева Н.В.
КОНСУЛЬТАНТ		Строкова Л.А.

## Графики изменения показателей физико-механических свойств грунтов по глубине



### ТАБЛИЦА

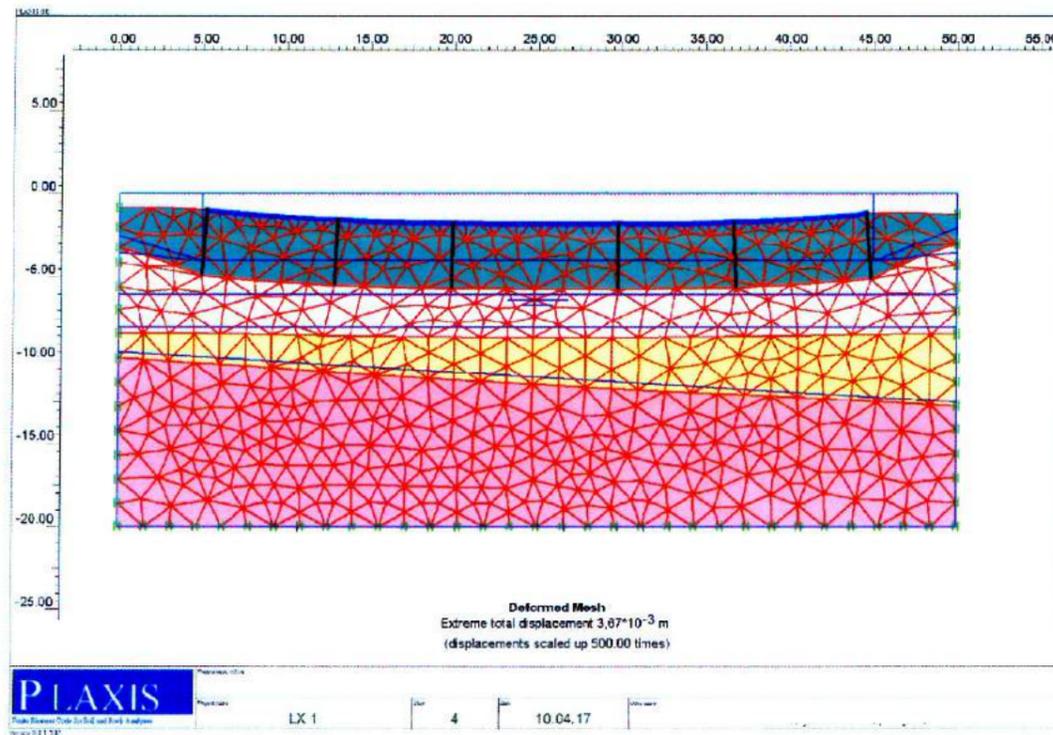
Нормативных и расчетных характеристик грунтов

№ ИЭ	При естественной влажности											
	Естественная Влажность, д.ед.	Число Пластичности, д.ед.	Показатель Текучести, д.ед.	Плотность Грунта, г/см³	Коэффициент Пористости	Коэффициент Водонасыщенности, д.ед.	Пористость, %	Плотность сухого грунта, г/см³	Плотность частиц грунта, г/см³	Угол внутреннего трения, градус	Степень МПа	Модуль деформации МПа
1	0,224	0,114	-0,04	1,81	0,73	0,83	42	1,40	2,71	30	0,1	10,0
2	а	0,273	0,129	0,11	1,86	0,86	46	1,47	2,71	20	0,019	7,0
	б	0,301	0,111	0,59	1,86	0,89	47	1,43	2,70	19	0,014	6,0
3	0,204	0,192	-0,28	2,02	0,63	0,88	39	1,68	2,73	19	0,070	23,0
4	0,137	0,184	-0,53	2,12	0,51	0,76	34	1,82	2,74	29	0,058	25,0

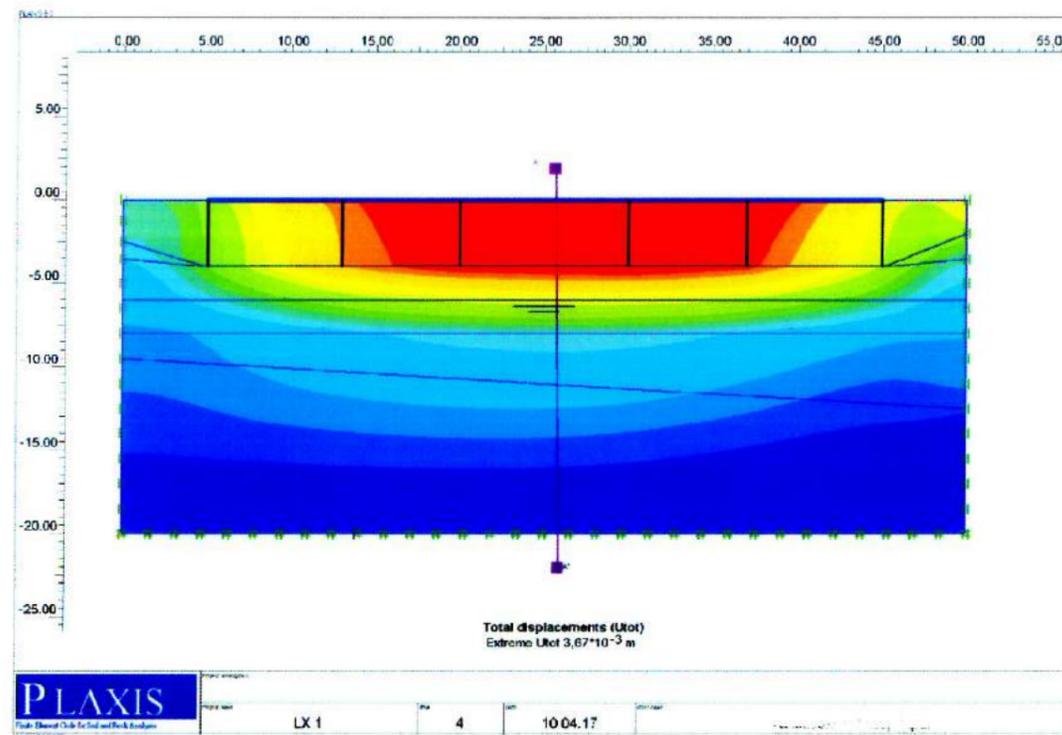
МО и ИРФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2017г.
ИПР	Магистерская программа - Инженерно-геологические изыскания в области природообустройства	гр.2ВМ51
<b>Магистерская диссертация</b>		
ТЕМА	Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива по ул. Коростылёва, 6 в г. Ленинск - Кузнецкий	
СОДЕРЖ. ЛИСТА	Изменчивость показателей физических свойств грунтов по глубине	Масштаб 1:500
СТУДЕНТ		Тарек С.С.Т.
РУКОВОДИТЕЛЬ		Строкова Л.А.
ЗАВ. КАФЕДРОЙ		Гусева Н.В.
КОНСУЛЬТАНТ		Строкова Л.А.

# Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния грунтового основания для здания проектной этажности

Деформированная сетка



Распределение вертикальных перемещений по расчетным сечениям модель (1)  
Здание одинаковой этажности, высота 3,25 м



Свойства материалов: Грунты

No.	Номер ИГЭ	g unsat [кН/м <sup>3</sup> ]	g sat [кН/м <sup>3</sup> ]	E <sub>50</sub> ref [кН/м <sup>2</sup> ]	E <sub>oed</sub> ref [кН/м <sup>2</sup> ]	E <sub>ur</sub> ref [кН/м <sup>2</sup> ]	c ref [кН/м <sup>2</sup> ]	φ phi [° град]	v <sub>ur</sub> [-]	Power [-]	K <sub>0</sub> <sup>NC</sup> [-]
1	1	19	19	50000	100000	300000	1	30	0,2	0,5	0,52
2	2a	18,4	19	7000	7000	21000	18	19	0,2	0,4	0,67
3	2б	18,4	18,9	6000	6000	18000	11	16	0,2	0,4	0,72
4	3	19,8	20,8	23000	23000	69000	6	71	0,2	0,4	0,7
5	4	20	21	2500000	25000	75000	58	29	0,2	0,5	0,5

Фундаменты (Анкеры)

No.	Идентификация	EA [кН]	Максимальное усилие компрессия [кН]	Максимальное усилие растяжение [кН]	Шаг расстановки [m]
I	ленты-колонны	2000000.00	1E15	1E15	1.00

Здания (Плиты) -одинаковая этажность , высота 3,25 М

No.	Имя	Типа	Нормальная жесткость, EA [кН/м]	Изгибная жесткость EI [кНм <sup>2</sup> /м]	Вес, w [кН/м <sup>2</sup> ]	Коэффициент Пуассона ν [-]	Mp [кН/м]	Np [кН/м]
1	Плита (fund)	Эластичный	20000.00	1000.00	3.40	0.33	1E15	1E15

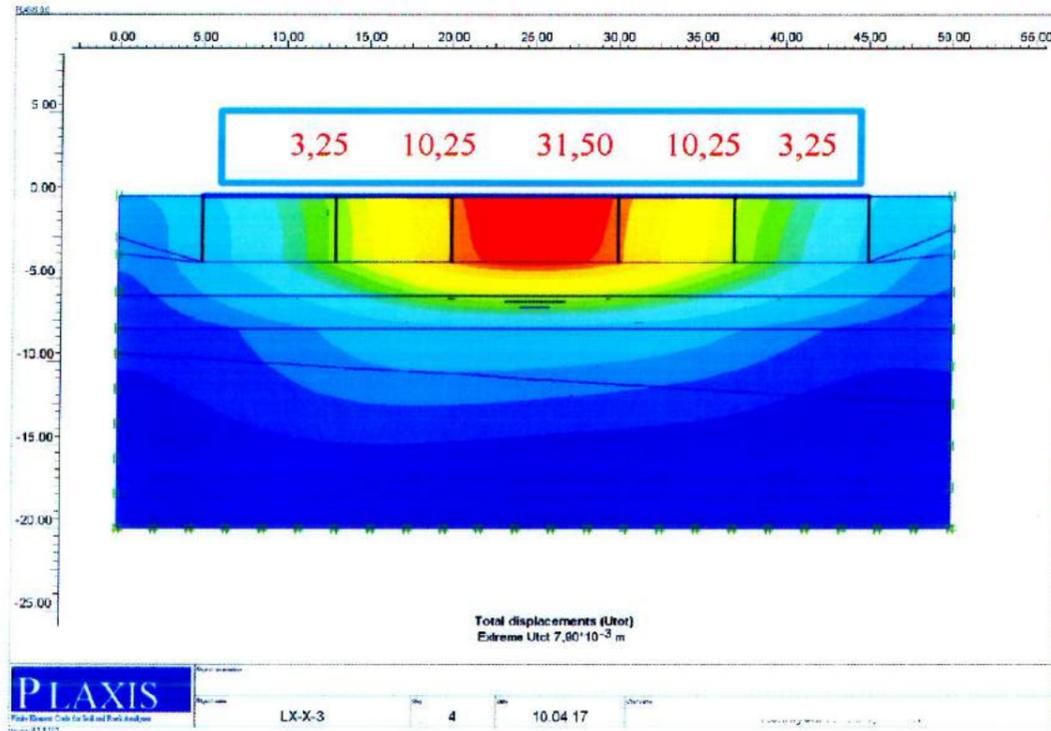
Перечень параметров грунта для модели

Символ	Название	Ед. изм.
g_unsat	γ <sub>dry</sub> (сух.) Удельный вес грунта	кН/м <sup>3</sup>
g_sat	γ <sub>wet</sub> (мок.) Удельный вес насыщенного грунта	кН/м <sup>3</sup>
E <sub>50</sub> <sup>ref</sup>	Модуль Юнга (константа) Секундный модуль упругости при 50% значения (σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> ) из трехосных испытаний	кН/м <sup>2</sup>
E <sub>oed</sub> <sup>ref</sup>	Тангенциальный модуль упругости из компрессионных испытаний	кН/м <sup>2</sup>
E <sub>ur</sub> <sup>ref</sup>	Модуль упругости при разгрузке-повторном нагружении из компрессионных испытаний	кН/м <sup>2</sup>
c_ref	Сцепление (константа)	кН/м <sup>2</sup>
φ phi	Угол внутреннего трения из трехосных испытаний	° град
v <sub>ur</sub>	Коэффициент Пуассона	-
m (power)	Показатель степени, для описывания влияния ограничивающего давления на модуль упругости, определяется из компрессионных испытаний	-
K <sub>0</sub> <sup>NC</sup>	Коэффициент бокового давления грунта	-
EA	Нормальная жесткость	кН/м
EI	Изгибная жесткость	кНм <sup>2</sup> /м
w	Вес	кН/м <sup>2</sup> /м

МО и ИРФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2017г.
ИПР	Магистерская программа - Инженерно-геологические изыскания в области природообустройства	гр.2ВМ51
<b>Магистерская диссертация</b>		
ТЕМА	Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива по ул. Коростылева, 6 в г. Ленинск - Кузнецкий	
СОДЕРЖ. ЛИСТА	Результаты моделирования напряженно-деформированного грунтового основания для здания проектной этажности	Масштаб 1:500
СТУДЕНТ	<i>Тарек С.С.Т.</i>	<b>4</b>
РУКОВОДИТЕЛЬ	Строкова Л.А.	
ЗАВ. КАФЕДРОЙ	Гусева Н.В.	
КОНСУЛЬТАНТ	Строкова Л.А.	

# Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния грунтового основания для здания с наращиванием этажности до и после армирования грунтов

Распределение вертикальных перемещений по расчетным сечениям Модель 2. Здание с изменяющейся высотой 3,25-10,25-31,50-10,25-3,25



Распределение вертикальных перемещений по расчетным сечениям Модель 3 – с упрочнением грунтового массива

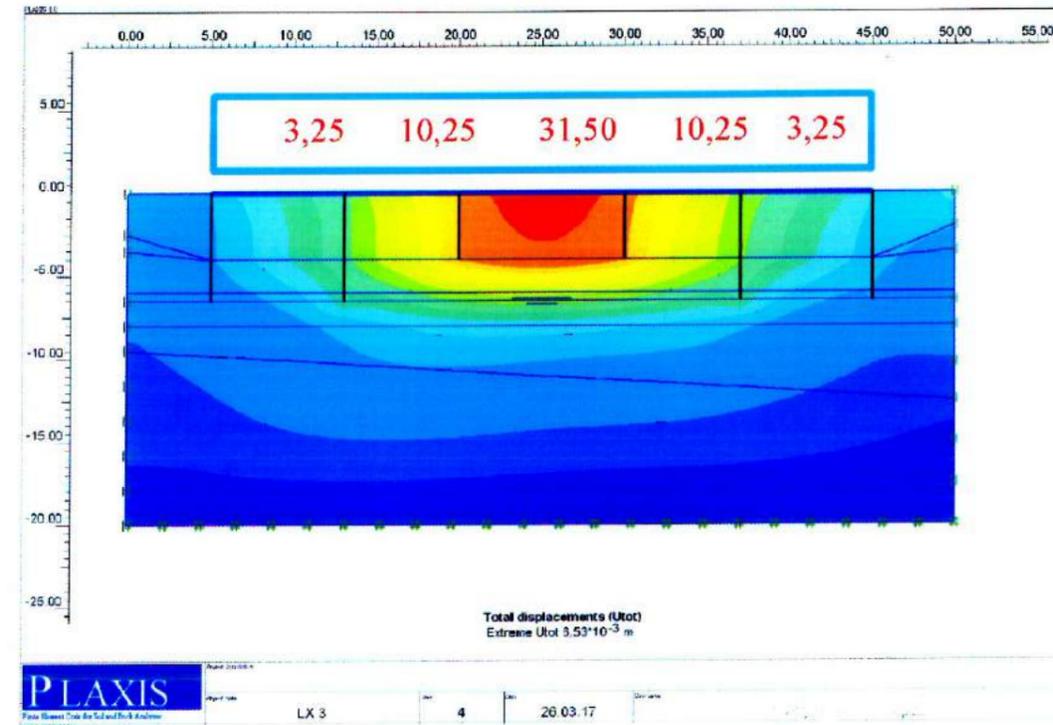


График изменения осадки при увеличении угла внутреннего трения

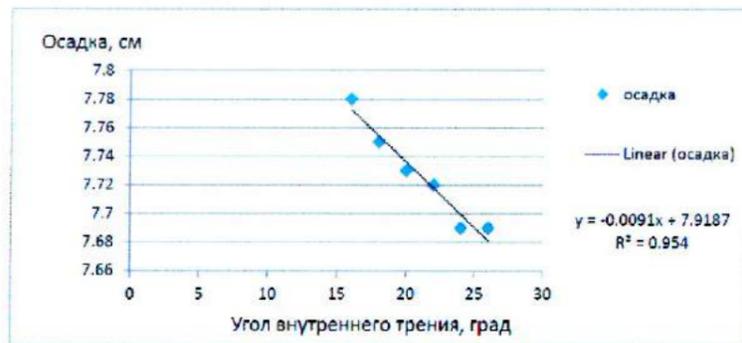


График изменения осадки при увеличении сцепления

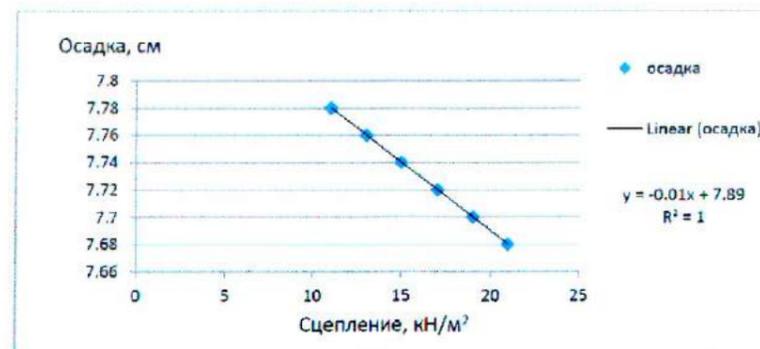
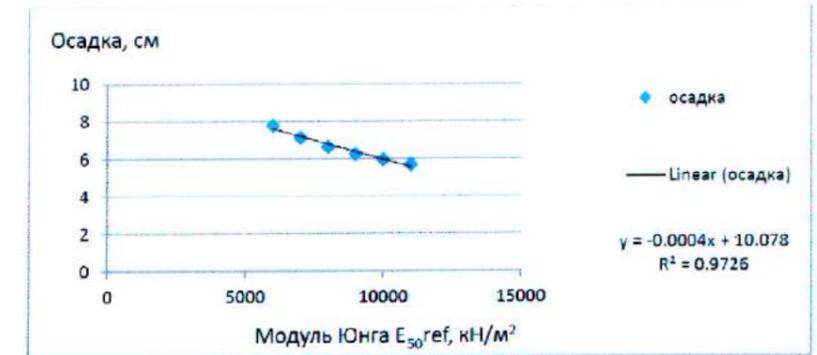


График изменения осадки при увеличении модуля деформации



Изменение свойств грунтов для третьей модели

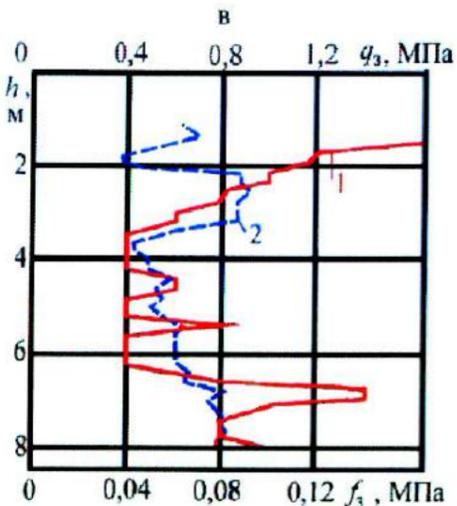
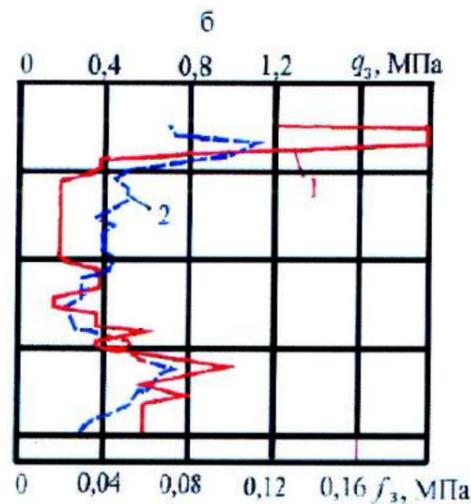
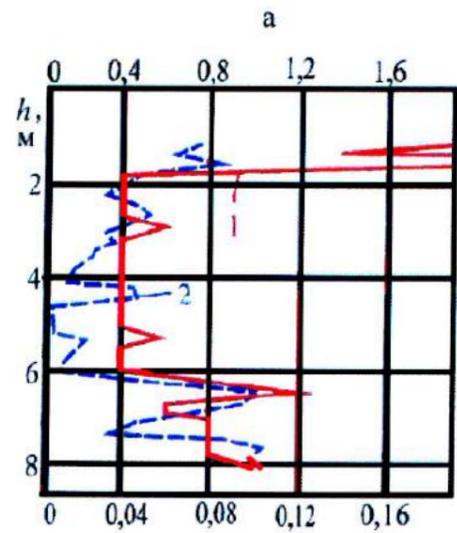
Модель LX 3	g_unsat [kN/m <sup>3</sup> ]	g_sat [kN/m <sup>3</sup> ]	E <sub>50</sub> ref [[kN/m <sup>2</sup> ]	Осадка мм	c_ref [kN/m <sup>2</sup> ]	Осадка мм	φ phi [°] град	Осадка мм
1	21	21	6000	7.78	11	7.78	16	7.78
2	21	21	7000	7.14	13	7.76	18	7.75
3	21	21	8000	6,65	15	7,74	20	7,73
4	21	21	9000	6,26	17	7,72	22	7,72
5	21	21	10000	5,95	19	7,7	24	7,69
6	21	21	11000	5,69	21	7,68	26	7,69

Здания (Plates) с изменяющейся высотой 3,25-10,25-31,50-10,25-3,25

No.	Идентификация	EA [kN/m]	EI [kNm <sup>2</sup> /m]	w [kN/m/m]	n [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	fund	20000.00	1000.00	3.40	0.33	1E15	1E15
2	fund-2	80000.00	6000.00	9.40	0.33	1E15	1E15
3	fund1	50000.00	3000.00	4.00	0.33	1E15	1E15

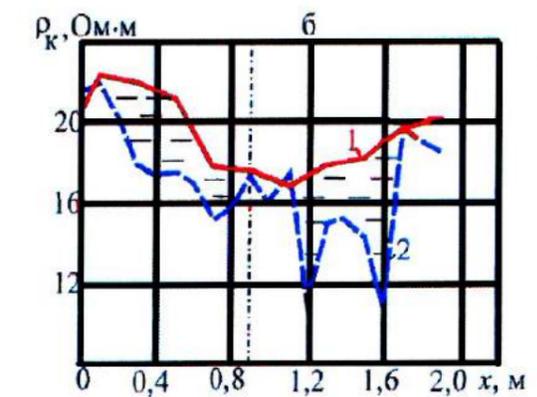
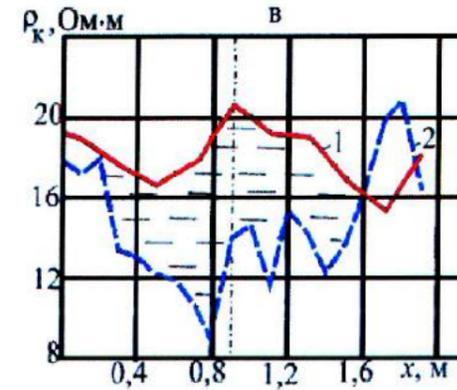
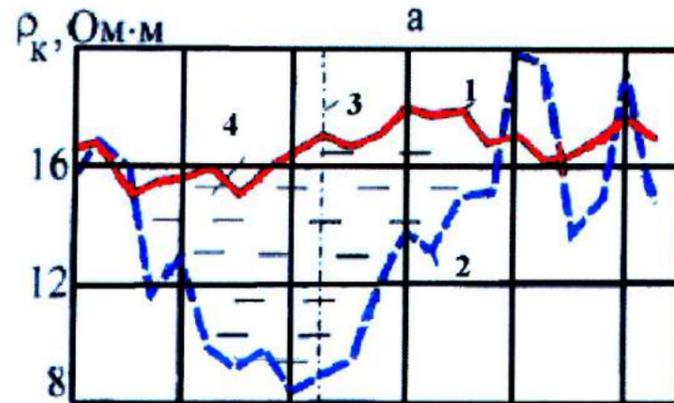
МО и НРФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2017г.
ИПР	Магистерская программа - Инженерно-геологические изыскания в области природообустройства	гр.2ВМ51
<b>Магистерская диссертация</b>		
ТЕМА	Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива по ул. Коростылева, 6 в г. Ленинск - Кузнецкий	
СОДЕРЖ. ЛИСТА	Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния грунтового основания для здания с наращиванием этажности	
СТУДЕНТ		Тарек С.С.Т.
РУКОВОДИТЕЛЬ		Строкова Л.А.
ЗАВ. КАФЕДРОЙ		Гусева Н.В.
КОНСУЛЬТАНТ		Строкова Л.А.

Результаты статического зондирования по глубине закрепленного участка (скв. № 13) через 4 сут (а), 10 сут (б), 46 сут (в) после нагнетания раствора: 1-q3; 2-f3

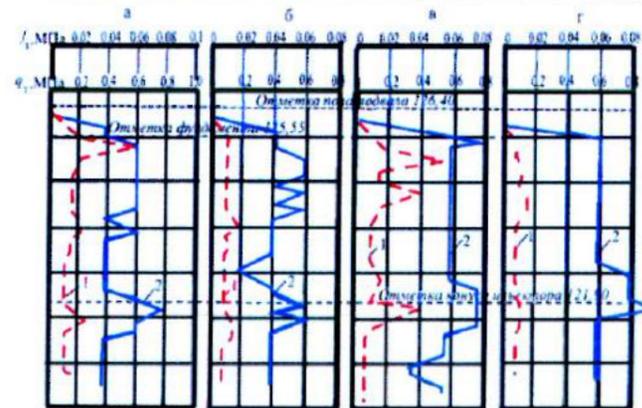


## Влияние армирования на деформативность и несущую способность грунтов

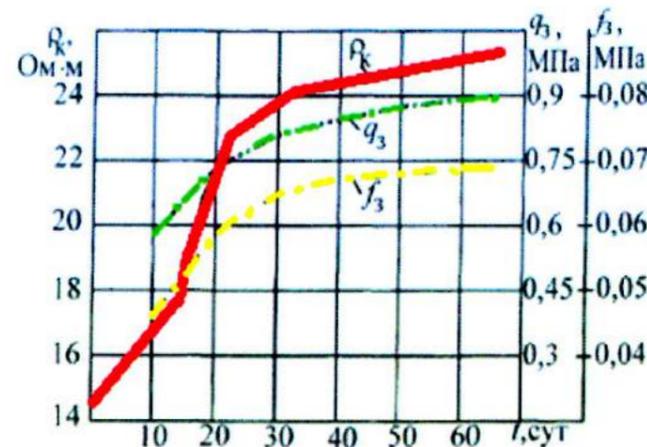
Результаты поперечного электропрофилеирования зон инъектирования скв. № 1(а), № 6 (б), № 13 (в), АВ = 6 м: 1-то; 2-через 10 суток; 3 -ось инъекционной скважины; 4 -зона проникновения раствора



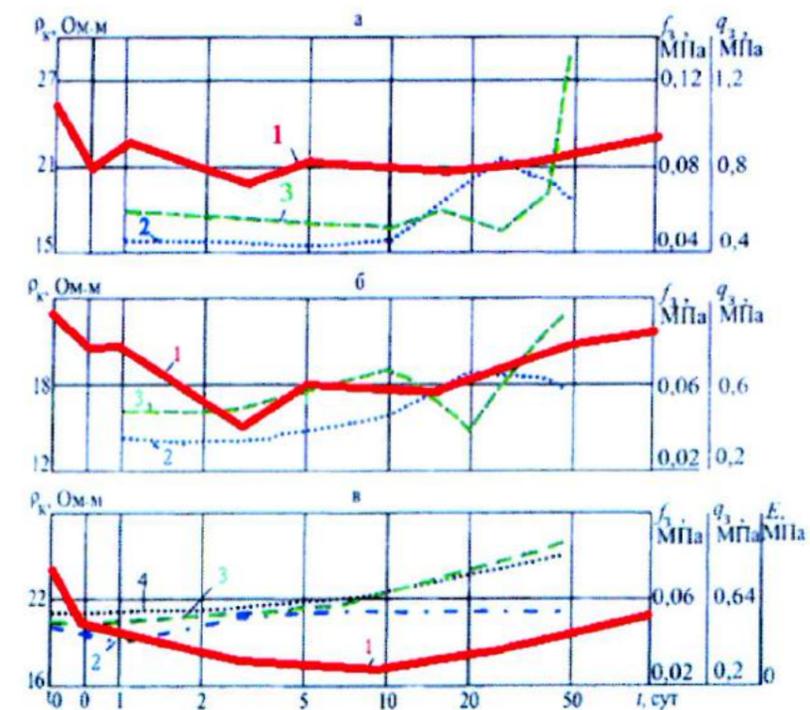
Результаты статического зондирования в точках зондирования СЗ-20 при естественном состоянии (а); СЗ-29 в день нагнетания (б); СЗ-23 через 2сут после нагнетания (в); СЗ-26 через 3сут (г): 1-удельное сопротивление грунта на муфте трения зонда f3; 2-удельное сопротивление грунта погружению конуса зонда q3



Результаты прогноза изменения прочности укрепляемого массива с течением времени



Изменение (УЭС) и механических параметров f3, q3 и E в зоне укрепления скв. №3 (а), №5 (б) и в среднем по всем скважинам участка: 1-рк; 2 - f3; 3 - q3; 4 - E



Где  $q_3$  = сопротивление грунта погружению конуса  
 Где  $f_3$  = сопротивление грунта по муфте трения  
 Где  $R_k$  = удельное электрическое сопротивление (УЭС)  
 Где  $E_n$  = модуль деформации укрепленного грунта  
 Где  $h$  = глубина

МО и ИРФ	НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ	2017г.
ИПР	Магистерская программа - Инженерно-геологические изыскания в области природобустройства	гр.2ВМ51
<b>Магистерская диссертация</b>		
ТЕМА	Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива по ул. Коростылева 6 в г. Ленинск - Кузнецкий	
СОДЕРЖ. ЛИСТА	Влияние армирования на деформативность и несущую способность грунтов.	Масштаб 1:500
СТУДЕНТ	<i>Тарек С.С.Т.</i>	<b>6</b>
РУКОВОДИТЕЛЬ	<i>Строкова Л.А.</i>	
ЗАВ. КАФЕДРОЙ	<i>Гусева Н.В.</i>	
КОНСУЛЬТАНТ	<i>Строкова Л.А.</i>	