

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
Направление подготовки Природообустройство и водопользование
Кафедра Гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Характеристика процессов морозного пучения грунтов на территории Угутского месторождения (Тюменская область)

УДК 624.131.414.3 (571.12)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ51	Шрамок Алина Владимировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крамаренко В.В.	К. Г.-М. Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шарф И.В.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Задорожная Т.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ГИГЭ	Гусева Н.В.	К. Г.-М. Н.		

Томск – 2017 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Использовать <i>фундаментальные</i> математические, естественно-научные, социально-экономические и профессиональные знания в области <i>специализации</i> при осуществлении изысканий и <i>инновационных</i> проектов сооружения и реконструкции объектов природообустройства и водопользования
P2	Ставить и решать научно-исследовательские и <i>инновационные</i> задачи инженерных изысканий для проектирования объектов природообустройства и водопользования <i>в условиях неопределенности</i> с использованием <i>глубоких фундаментальных и специальных</i> знаний
P3	Выполнять <i>инновационные</i> проекты, эксплуатировать объекты природообустройства и водопользования с применением <i>фундаментальных</i> знаний и <i>оригинальных</i> методов для достижения <i>новых</i> результатов, обеспечивающих <i>конкурентные преимущества</i> в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений
P4	<i>Разрабатывать</i> на основе <i>глубоких и принципиальных</i> знаний программы мониторинга объектов природообустройства и водопользования, мероприятия по снижению негативных последствий антропогенной деятельности в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	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</i> знаний и <i>оригинальных</i> методов
P6	Профессионально выбирать и использовать <i>инновационные</i> методы исследований, современное научное и техническое оборудование, программные средства для решения научно-исследовательских задач с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать <i>глубокие</i> знания в области проектного менеджмента, находить и принимать управленческие решения с соблюдением профессиональной этики и норм ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов в области природообустройства, водопользования и охраны природной среды
P8	<i>Активно владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, включая разработку документации и презентацию результатов проектной и <i>инновационной</i> деятельности.
P9	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
P10	Демонстрировать <i>глубокое знание</i> правовых, социальных, экологических и культурных аспектов <i>инновационной</i> инженерной деятельности, <i>осведомленность</i> в вопросах безопасности жизнедеятельности, быть <i>компетентным</i> в вопросах <i>устойчивого развития</i>
P11	<i>Самостоятельно</i> приобретать с помощью новых информационных технологий знания и умения и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Гусева Н.В. _____
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ51	Шрамок Алине Владимировне

Тема работы:

Характеристика процессов морозного пучения грунтов на территории Угутского месторождения (Тюменская область)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.04.2017, №2607/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	9.06.2017
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Фактический фондовый материал изысканий организации ОАО «ТомскНИПИнефть», опубликованная литература, нормативные документы, материалы производственной и научно-исследовательской работы автора.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<p>В общей части привести общие сведения о районе исследований, рассмотреть природные условия территории Угутского нефтяного месторождения, климат, геологические, гидрогеологические и инженерно-геологические условия.</p> <p>В специальной части рассмотреть факторы, определяющие процесс пучения грунтов, произвести обзор полевых и лабораторных методов определения степени пучинистости, дать характеристику применяемому лабораторному методу по определению относительной деформации пучения, провести лабораторные</p>

	<p>испытания грунтов по теме исследования и обработать данные экспериментов.</p> <p>В исследовательской части: провести статистическую обработку данных, описать результаты исследований степени пучинистости, выявить и описать взаимосвязи между физическими характеристиками грунта и относительной деформацией пучения, сделать прогноз пучения, а также привести рекомендации противопучинистых мероприятий. грунтов, исходя из выявленных взаимосвязей.</p>
Перечень графического материала	<p>1 - Фрагмент карты плиоцен-четвертичных образований Сургутского района</p> <p>2 - Инженерно-геологический разрез по объекту №9 Угутского месторождения</p> <p>3 - Лабораторное оборудование для определения степени пучинистости</p> <p>4 - Зависимости количественных характеристик степени пучинистости от состава и показателей физических свойств грунтов территории объектов Угутского месторождения</p> <p>5 - Кластерный анализ пучинистых грунтов территории объектов Угутского месторождения</p> <p>6 - Мероприятия инженерной защиты сооружений от морозного пучения грунтов</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шарф И.В.
Социальная ответственность	Задорожная Т.А.
Раздел на иностранном языке	Матвеев И.А.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Введение
Обзор литературы
Исследование степени пучинистости
Прогнозные методики определения степени пучинистости (частично)
Противопучинистые мероприятия
Заключение

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	31.03.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крамаренко В.В.	к. г-м. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ51	Шрамок Алина Владимировна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 191 с., 42 рис., 44 табл., 107 источников, 1 обязательное прил., 6 листов графического материала.

Ключевые слова: морозное пучение, пучинистые грунты, степень пучинистости, деформация пучения, Угутское месторождение, Тюменская область, ХМАО.

Объектом исследования являются грунты территории Угутского нефтяного месторождения и взаимосвязи, возникающие между степенью пучинистости и физическими характеристиками этих грунтов.

Цель работы - характеристика процесса пучения на основании выявленных взаимосвязей между степенью пучинистости (ее количественными характеристиками – вертикальной и относительной деформацией пучения), составом и физическими показателями свойств грунта.

В процессе исследования проводились обзор, анализ и обобщение литературных сведений, а также фактического материала инженерно-геологических изысканий, предоставленных ОАО «ТомскНИПИнефть». Также, для достижения поставленной цели, автором были проведены лабораторные испытания по определению относительной деформации пучения и определены основные физические характеристики для исследуемых грунтов.

В результате проведения лабораторных испытаний грунтов была получена информация о степени пучинистости грунтов и значения показателей, характеризующих свойства исследуемых грунтов. Полученные данные были проанализированы, вследствие чего выявились некоторые закономерности между степенью пучинистости и физическими показателями свойств грунтов.

Применение результатов исследований возможно при прогнозе поведения грунта по его характеристиками или предварительной оценке степени пучинистости. Экономическая значимость проведенных исследований состоит в корректном планировании противопучинистых мероприятий, что позволит предупредить последствия проявления пучинистых грунтов на территории планируемого строительства.

В рамках раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» в работе приведено обоснование лабораторных работ и исследований грунтов, проводимых в рамках научно-исследовательской деятельности автора, виды и объемы камеральных работ, а также составлена смета на их выполнение.

В рамках раздела «Социальная ответственность» рассмотрены вопросы производственной, экологической безопасности, безопасность в чрезвычайных ситуациях, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Текст дипломного проекта выполнен в текстовом редакторе Microsoft Word 2007, рисунки и графические приложения выполнены в программе CoralDraw, AutoCAD 2016, при построении таблиц использован офисный пакет Microsoft Excel 2007. Обработка данных лабораторных исследований с расчетом количественных показателей степени пучинистости проводилась в программе SOIL. Статистическая обработка результатов исследований проводилась в программе STATISTICA.

Оглавление

Введение	10
Обзор литературы	12
1 Общая часть	15
1.1 Физико-географические и природные условия района	15
1.2 Административно-экономические условия	18
1.3 Гидрометеорологические условия	19
1.3.1 Климатическая характеристика	21
1.3.2 Гидрологическая характеристика	30
1.4 Инженерно-геологические условия исследуемой территории	37
1.4.1 Геологическое строение	37
1.4.2 Специфические грунты	40
1.4.3 Современные геологические и инженерно-геологические процессы	41
1.5 Гидрогеологические условия	43
2 Специальная часть	45
2.1 Общие сведения	45
2.2 Факторы, определяющие пучинистость грунтов	48
2.3 Количественные характеристики степени пучинистости	55
2.4 Существующие приборы и методики исследований	58
2.4.1 Полевые методы	58
2.4.2 Лабораторные методы	63
2.5 Исследование степени пучинистости	77
2.6 Прогнозные методики определения степени пучинистости	90
2.7 Противопучинистые мероприятия	103
3 Социальная ответственность	110
3.1 Анализ вредных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария) при производстве лабораторных и камеральных работ	111
3.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении	111
3.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны	114
3.1.3 Превышение уровней шума на рабочем месте	116
3.1.4 Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	117
3.1.5 Монотонность труда и умственное перенапряжение	119
3.2 Анализ опасных факторов и обоснование мероприятий по их устранению при производстве лабораторных и камеральных работ	120
3.2.1 Электрический ток	120
3.2.2 Статическое электричество	123
3.2.3 Острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности инструментов	124
3.3 Экологическая безопасность	124
3.3.1 Охрана атмосферы	126
3.3.2 Охрана гидросферы	126

3.3.3	Охрана литосферы	127
3.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	128
3.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	132
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	137
4.1	Перечень видов, состава и объемов лабораторных исследований и работ	139
4.2	Расчет трудоемкости и сметной стоимости лабораторных исследований, лабораторных и камеральных работ	141
4.2.1	Трудоемкость	142
4.2.2	Сметная стоимость	144
4.3	Структура затрат	145
4.4	Расчет заработной платы	148
4.5	Оценка эффективности использования результатов исследований	149
	Заключение	150
	Список использованной литературы	152
	Приложение А (обязательное)	162

Введение

Криолитозона имеет широкое распространение в Российской Федерации, что зачастую осложняет строительство зданий, строений и сооружений на данной территории.

Наиболее характерным процессом, осложняющим строительство, для зоны распространения многолетней мерзлоты, в частности для сезонно-мерзлого и сезонно-талого слоев, является морозное пучение. Согласно [77], морозное (криогенное) пучение определяется как процесс, вызванный промерзанием грунта, миграцией влаги, образованием ледяных прослоев, деформацией скелета, приводящими к увеличению объема грунта, поднятию дневной поверхности. Пучинистость грунтов - широко распространенное явление в криолитозоне и даже вне ее, в пределах территорий сезонного промерзания, где она часто связана с сегрегационным льдовыделением в деятельном слое зимой [9].

В этой связи, можно говорить о почти повсеместном, в пределах России, проявлении процесса пучения, а, следовательно, и о повсеместном распространении пучинистых грунтов.

Сосредоточение месторождений нефти и газа в криолитозоне обуславливает необходимость строительства надежных линейных сооружений, в частности трубопроводов, в неблагоприятных грунтовых условиях. Большая протяженность этих линейных объектов ведет к тому, что они неизбежно пересекают участки с различными мерзлотно-грунтовыми условиями, в т.ч. и области развития бугров пучения. На севере Западной Сибири грунты с пучинистыми свойствами встречаются более чем на 60% площади, отводимой под строительство трубопроводов [9].

Строительство и эксплуатация магистральных трубопроводов в пределах криолитозоны приводит к трансформации геокриологических процессов, развивающихся как в зонах непосредственного взаимодействия с ними, так и на прилегающих к ним территориях. Возникает сложное механическое и тепловое взаимодействие собственно трубопроводов с геологической и гидрогеологической средой на многолетнемерзлых грунтах и заболоченных

территориях. Часто происходит нарушение динамического равновесия, сопровождающееся активизацией опасных природных процессов с их негативным влиянием на техническое состояние трубопроводов, нередко приводящим к аварийным ситуациям. Особенно подвержены процессам пучения газопроводы, которые относятся к теплым (со средней температурой газа $T_{cp} > 0$ °С) и холодным ($T_{cp} < 0$ °С) трубопроводам [9].

Целью данной работы является характеристика процесса пучения на основании выявленных взаимосвязей между степенью пучинистости (ее количественными характеристиками – вертикальной и относительной деформацией пучения), составом и физическими показателями грунта.

В задачи входило обоснование факторов, способствующих процессу пучения, обзор полевых и лабораторных методов определения степени пучинистости, характеристика применяемого лабораторного метода по определению вертикальной деформации пучения, проведение непосредственно самого лабораторного эксперимента и обработка данных, а также приведение перечня возможных противопучинистых мероприятий.

Обзор литературы

Впервые на развитие процесса пучения при промерзании грунта было обращено внимание еще в 19 веке при строительстве дорог России. По словам инженера Л. Любимова, в то время до 95% русских железных дорог было поражено пучением. И в настоящее время на территории РФ подвергаются пучению большинство таких линейных объектов, как автомобильные дороги, трубопроводы, ЛЭП, а также другие здания, строения и сооружения [22].

Проблема морозного пучения грунтов привлекла внимание как отечественных исследователей (И.А. Лопатина, В.И. Штукенберга позже И.И. Сумгина, Н.А. Цытовича и др.), так и зарубежных (С. Иоганесон, Ф. Нансен, С.Тэбер) [22].

В отечественной и зарубежной литературе нет единого общепринятого определений морозного пучения грунтов. Так, первые русские исследователи – инженеры, железнодорожники эффект морозного пучения грунтов называли пучинами, а инженеры-строители – выпучиванием или распучиванием [14].

П.Н. Любимов дал определение «пучинам на железных дорогах», которое сформулировал так: *«Пучиною называется... местное поднятие полотна, зависящее от присутствия под ним в пределах промерзания насыщенных водою грунтов и вызывающее зимой и в начале весны такого рода неправильности в положении верхнего строения железнодорожного пути, которое нарушает спокойствие и безопасность движения поездов»*. [14].

М.И. Сумгин дает свое определение следующего содержания: *«Пучением грунтов мы называем в обобщенном понимании деформации поверхности почвы, заключающиеся в поднятии, а затем опускании этой поверхности»*. [14].

Н.А. Цытович дал следующее определение пучения грунтов: *«Пучение грунтов при замерзании вызывается увеличением объема воды при переходе из жидкого состояния в твердое и образованием ледяных прослоек и линз»*.

Морозное пучение - явление, с которым в настоящее время также сталкиваются при освоении криолитозоны и территорий распространения сезонно-мерзлых грунтов. Поэтому, строительство на территории

распространения пучинистых грунтов является не менее актуальным и в настоящее время.

Так как природа процесса морозного пучения практически изучена, то современные исследования направлены, в основном, на разработку новых или усовершенствование старых методик по определению деформации пучения, или же связаны с изобретением приборов для лабораторных исследований процессов морозного пучения. Таким образом, современными исследователями решаются проблемы строительства на таких специфических грунтах, как пучинистые.

Автором работы был проведен обзор всевозможных научно-исследовательских работ, статей и патентов, касающихся, непосредственно процессов пучения.

Для изучения грунтов криолитозоны, а также при исследовании процесса пучения, факторов, определяющих пучение грунтов, были взяты во внимание труды Ершова Э.Д. - «Общая геокриология» и «Физикохимия и механика мерзлых пород», где приведены термины и определения, объяснен процесс пучения, причины его проявления, где особое внимание уделялось процессу миграции влаги при промерзании грунтов. Также в данных работах Ершова Э.Д. приведены лабораторные и полевые методики определения степени пучинистости.

Достаточно информативными явились работы Невзорова А.Л. (профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой Инженерной геологии, оснований и фундаментов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова), а именно учебное пособие «Фундаменты на сезонно-промерзающих грунтах», статья совместно с Коршуновым А.А., Чуркиным С.В. «Прибор для определения деформаций и сил морозного пучения грунта», а также патенты на изобретение прибор для определения деформаций и сил морозного пучения грунта и на прибор для измерения деформаций морозного пучения грунта [100].

Особенностями строительства на промерзающих пучинистых грунтах также занимается Р.Ш. Абжалимов. С проблемой пучинистых грунтов ученый

столкнулся еще в начале 1960-х годов, когда участвовал в строительстве объектов большой нефтехимии. На счету Р.Ш. Абжалимова 17 изобретений, защищенных патентами. Им опубликовано более 45 научных работ, среди которых статьи на тему «Лабораторные исследования зависимости морозного пучения грунта от давления в малогабаритной промышленной установке» и «Определение прочностных и деформационных характеристик сезонно промерзающих грунтов», а также учебное пособие «Лабораторные исследования морозного пучения» [94].

Автором также были рассмотрены труды Хархуты Н.Я., Шорина В.А., Оржеховского Ю.Р., Ганелеса Л.Б., Юрганова М.М., Шевченко Л.В., Лапшина В.Я., Болдарева Г.Г., Васильчука Ю.К.

Из зарубежных исследователей, проблемами строительства на пучинистых грунтах занимался Дж.М. Конрад, чьи труды были рассмотрены в данной работе. При исследовании пучинистых грунтов также проводился обзор зарубежных стандартов ASTM D 5918-96[103] и BS 812-124:1989 [104].

1 Общая часть

1.1 Физико-географические и природные условия района

Угутское нефтяное месторождение находится в 1400 км на северо-запад от г. Томска. В административном отношении район исследований расположен в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области Российской Федерации, на землях лесного фонда Территориального отдела – Юганское лесничество Угутское участковое лесничество [2].

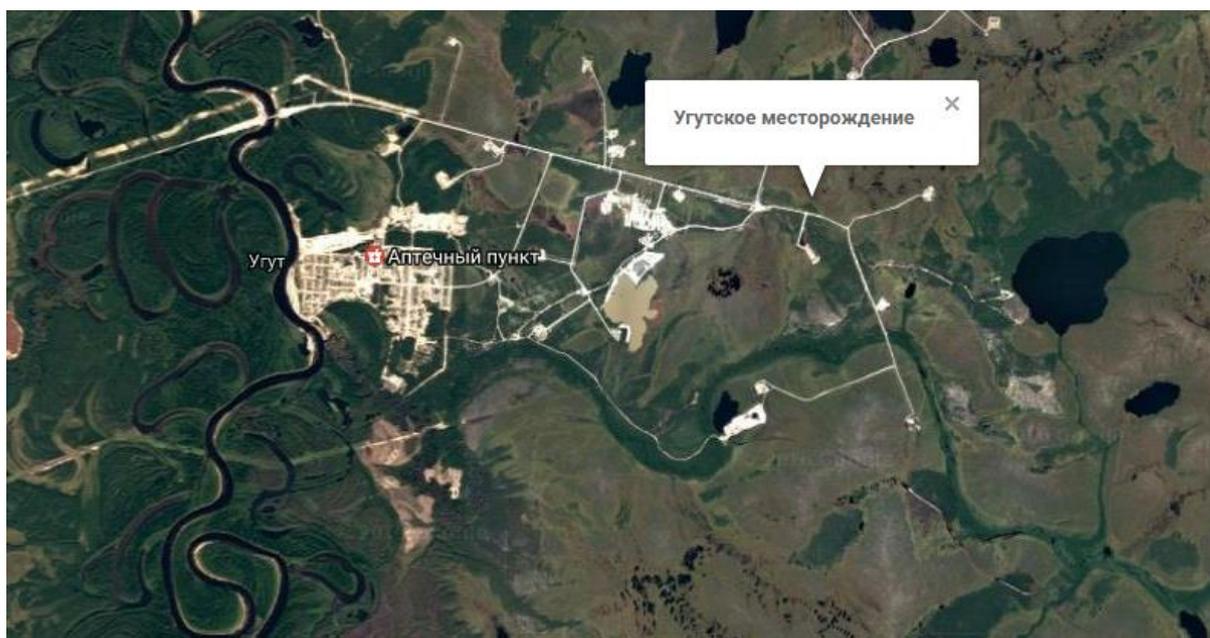


Рисунок 1.1 - Фрагмент карты с указанием местоположения Угутского месторождения [94].

В физико-географическом отношении изучаемая территория входит в Юганскую подпровинцию Тобольской провинции, Лесной равниной широтно-зональной области, Западно-Сибирской равнины [2].

С географической точки зрения территория исследований находится в пределах Среднеобской низменности Западно-Сибирской равнины в левобережной части бассейна р. Обь, в междуречье р.р. Большого и Малого Югана [2].

В геоморфологическом отношении участок исследований находится в междуречье рек Большого и Малого Югана, трассами пересекаются

аллювиальная вторая и третья надпойменные террасы (поздненеоплейстоценового возраста) реки Большой Юган [2].

Рельеф изучаемой территории, на большей своей части, значительно расчлененный, полого-увалистый, местами холмисто-увалистый, характеризуется грядами, морфологически разнообразными. Абсолютные отметки местности в районе исследований изменяются в пределах от 44,01 до 57,63 м [2].

Климат района резко континентальный с суровой и продолжительной зимой, теплым, но коротким летом, ранними осенними, поздними весенними заморозками, быстрой сменой погодных условий даже в течение суток. Самый продолжительный климатический сезон в районе – зима [1].

Гидрография района исследований представлена реками Бол. Юган, Мал. Юган, Угутка и другими, а также многочисленными ручьями и озерами. Руслу рек чрезвычайно извилисты, осложнены мелкими озерами и старицами [1].

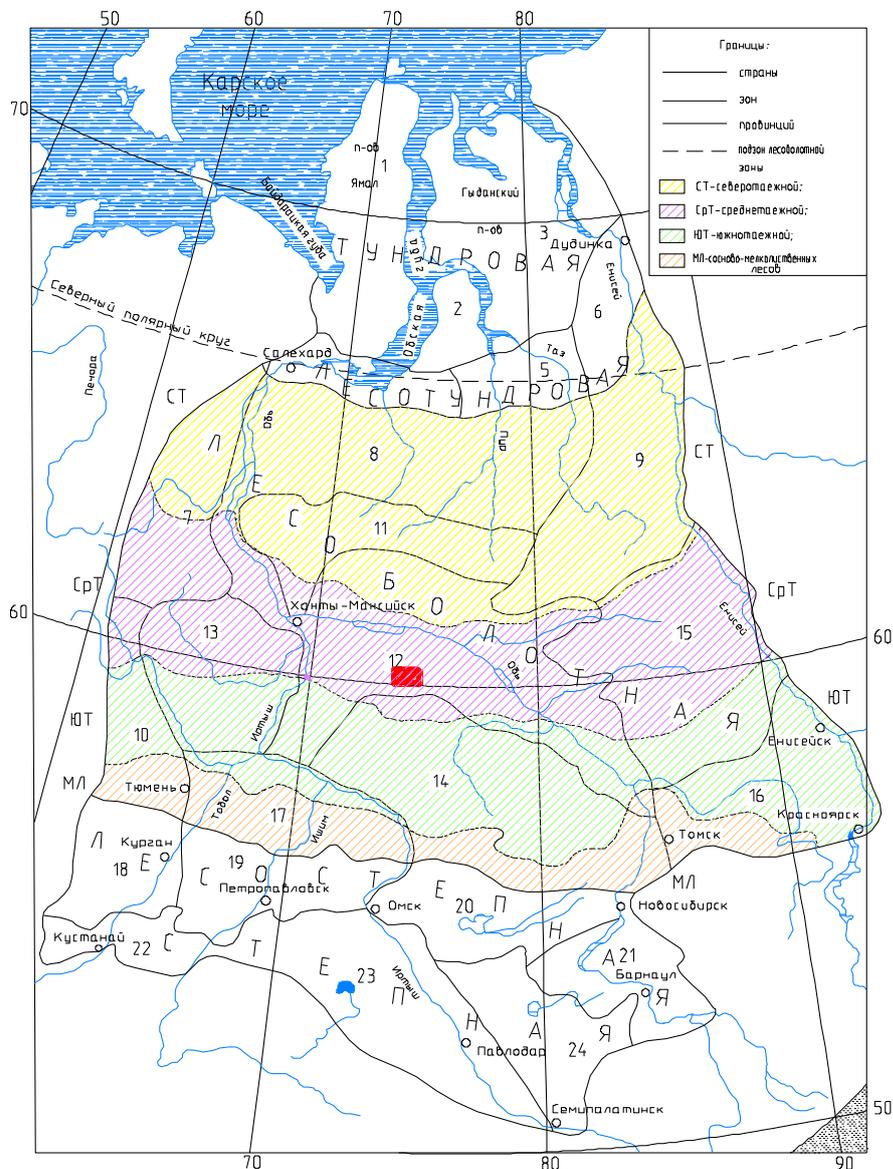
Для рассматриваемого района характерны подзолистые, подзолисто-глубинно-глееватые, глееземы оподзоленные, болотные торфяные и торфяно-глеевые, болотные перегнойно-торфянисто-глеевые, аллювиальные луговые и дерновые почвы. Различные виды аллювия и песчано-гравийной смеси развиты в речных долинах и пойменных террасах [2].

Район исследований относится к лесной таежной зоне. Местность в районе исследований залесенная (около 60 %.), заболоченная, местами заболоченные участки покрыты угнетенным лесом, моховой и влаголюбивой растительность. Преобладают хвойные породы деревьев (ель, сосна, кедр) с примесью березы и осины. Из кустарников преобладают кассандра, багульник, клюква, брусника. Растительный покров имеет: высоту 3 - 18 м, диаметр стволов 0,05 – 0,22 м и расстояние между деревьями 4 – 5 м [2].

К опасным природным процессам относятся заболачивание и морозное пучение [2].

Согласно ландшафтному районированию Западной Сибири, исследуемый район находится на территории лесоболотной зоны Среднеобской провинции, в

подзоне средней тайги. На природные ландшафты описываемой территории оказывает влияние хозяйственная деятельность человека, а именно строительство и обустройство месторождений, под влиянием которых создаются антропогенные ландшафты (рис. 1.2) [2].



Ландшафтные провинции: 1-Ямальская; 2-Тазовская; 3-Гыданская; 4-Нижнеобская; 5-Надым-Пурская; 6-Енисейско-Тазовская; 7-Северо-Сосьвинская; 8-Обско-Тазовская; 9-Верхнетазовская; 10-Подуральская; 11-Сибирских Увалов; 12-Среднеобская; 13-Кондинская; 14-Васяганская; 15-Приенисейская; 16-Чулым-Енисейская; 17-Нижнетаобольская; 18-Зауральская; 19-Ишимская; 20-Барабинская; 21-Верхнеобская; 22-Притургайская; 23-Среднеиртышская; 24-Кулундинская.
▨ участок работ

Рисунок 1.2 – Ландшафтные зоны и провинции Западной Сибири [2].

1.2 Административно-экономические условия

Наиболее крупный населенный пункт центр Ханты-Мансийского автономного округа – г. Ханты-Мансийск – с числом жителей более 82 тыс. человек, расположен на северо-западе в 400 км. В городе имеются речной порт и аэропорт, рыбоконсервный комбинат, административные органы управления округом, культурно-просветительские и медицинские учреждения [2].

Крупными населенными пунктами являются административный центр г. Нефтеюганск, расположенный на северо-западе в 140 км и г. Сургут, расположенный на севере в 200 км, от рассматриваемой территории. Вторым по величине населенным пунктом Сургутского района является поселок Угут [2].

Дорожная сеть развита хорошо. Проезд до месторождения осуществляется от г. Томска до г. Сургута воздушным транспортом. От г. Сургута до поселка Пыть-Ях по магистральной дороге с твердым капитальным покрытием, от поселка Пыть-Ях до поселка Угут и далее до базы полевой экспедиции (30 км) по местным автомобильным дорогам с твердым покрытием и непосредственно до исследуемого участка по автозимникам на вездеходной технике [2].

По месторождению передвижение возможно по улучшенным грунтовым дорогам и автозимникам. Разрабатываемые нефтяные месторождения соединены между собой автодорогами с твердым покрытием или улучшенными грунтовыми дорогами [2].

Сообщение с областным центром производится по автодороге с твердым капитальным покрытием, а также воздушным транспортом [2].

Западнее от района работ проходит железнодорожная линия Тюмень – Тобольск – Сургут – Коротчаево. Ближайшая железнодорожная станция, имеющая погрузочно-разгрузочные площадки – «Пыть-Ях». Железнодорожная станция находится в 90 км к северо - западу от поселка Угут. В 70 км от поселка Угут проходит федеральная автомобильная дорога г. Тюмень – г. Ханты-Мансийск. Доставка грузов в район намечаемого строительства может

осуществляться наземным транспортом, а также авиатранспортом, обеспечивающим доставку срочных грузов и вахтовых смен. Доставка грузов в зимний период осуществляется по автозимникам [2].

Сургутский район находится в стадии промышленного освоения и характеризуется значительным обустройством территории. На исследуемой территории расположены действующие нефтяные месторождения, проложены автомобильные дороги, трубопроводы, линии электропередачи, площадки кустов скважин и другие объекты, связанные с добычей, подготовкой и транспортировкой нефти и газа [2].

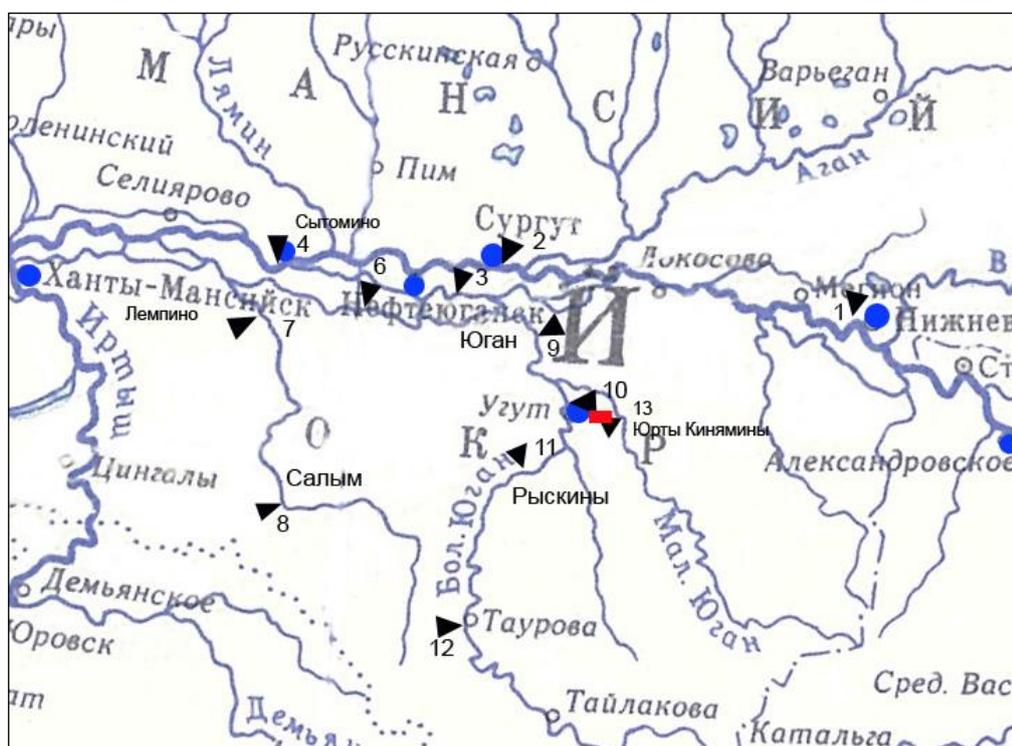
Нефтедобывающая отрасль является основной в районе намечаемого строительства. Кроме нефтедобывающей отрасли существенное развитие получили также газодобывающая, лесодобывающая, лесное хозяйство [2].

1.3 Гидрометеорологические условия

В гидрометеорологическом отношении район исследований является недостаточно изученным [1].

Климатическая характеристика района составлена по данным многолетних наблюдений за метеорологическими явлениями погоды Росгидромета на метеостанции в пос. Угут, расположенной в 45 км северо-восточнее участка изысканий [1].

Ближайшие действующие водомерные посты находятся на реках Большой Юган (пос. Угут) и Малый Юган (Юрты Кинямины) (табл. 1.1).



● - метеостанция; ■ - один из районов производства работ;
 ▼ - водомерный пост; 7 – номер по таблице 1.

Рисунок 1.3– Схема гидрометеорологической изученности [1].

Таблица 1.1 - Гидрологическая изученность территории [1]

№	Название водотока	Название (местоположение) поста (станции)	В чьем ведении находится или находится	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Период действия		Высота нуля графика поста	
						открыт	закрыт	высота, м	система высот
1	р. Обь	г. Нижневартовск	ОУГКС	1711	853000	01.09.71	действует	29,98	м БС
2	р. Обь	г. Surgut	ОУГКС	1502	928000	01.10.1893 (1940)	действует	26,02	м БС
3	р. Обь (Юганская Обь)	г. Нефтеюганск	ОУГКС	1423	971000	28.08.68	действует	22,56	м БС
4	р. Обь (пр. Сытоминка)	с. Сытомино	ОУГКС	1337	1000000	22.09.47	действует	22,52	м БС
5	р. Обь	с. Белогорье	ОУГКС	1152	2160000 2690000	01.08.19 (1931)	действует	16,07	м БС
6	р. Бол. Балык, пр. Бол. Юганская	пос. Пойковский	ОУГКС	-	-	21.02.79	действует	23,00	м БС
8	Вандарас	пос. Салым	ОУГКС	13	1740	14.08.82	1998	38,48	м БС
9	р. Бол. Юган	пос. Юган, ЛЗУ	ОУГКС	118	33000	16.09.63	действует	42,00	Усл.
10	р. Бол. Юган	пос. Угут	ОУГКС	485	22100	20.09.43	действует	47,00	м БС
11	р. Бол. Юган	с. Рыскины	ОУГКС	236	18300	5.09.65	действует	35,77	м БС

№	Название водотока	Название (местоположение) поста (станции)	В чем ведении находится или находится	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Период действия		Высота нуля графика поста №	
						открыт	закрыт	высота, м	система высот
12	р. Бол. Юган	с.Таурово	ОУГКС	166	13000	16.08.65	действует	31,38	м БС
13	Р. Мал. Юган	с.Юрты Кинямины	ОУГКС	112	8130	13.10.58	действует	33,26	м БС

1.3.1 Климатическая характеристика

Метеостанция Угут является опорной для данной территории, репрезентативной, комплекс наблюдений на ней полный и данные по ней приводятся в СП 131.13330.2012 [1, 86].

По климатическому районированию для строительства согласно [86] территория изысканий относится к климатическому подрайону ИД [1].

Радиационный баланс на исследуем территории своеобразен - летом он положительный благодаря довольно большой высоте Солнца и значительной продолжительности дня, зимой отрицательный из-за малой высоты Солнца, короткого светового дня, большой отражательной способности снега [97].

Температура воздуха и почвы

Средняя годовая температура воздуха по данным метеостанции Угут равна минус 2,2 °С. Средняя месячная температура самого холодного месяца – января - равна минус 21 °С; самого жаркого - июля – (+17,4 °С). Абсолютный минимум температуры приходится на декабрь-февраль и составляет минус 54 °С. Абсолютный максимум - на июнь-июль +36 °С [1].

Первый месяц в году со средней суточной температурой воздуха выше нуля - апрель. Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ≤ 0 °С составляет 191 день, средняя температура этого периода равна минус 13,3 °С. Средняя дата последнего заморозка 2 июня. Для весны характерно относительно быстрое повышение среднесуточных температур. От апреля к маю среднемесячная температура воздуха повышается в среднем на 7,1 °С, а от мая к июню на 7,4 °С [1].

Таблица 1.2 - Характеристика температурного режима воздуха по данным метеостанции Угут, °С [99].

Наименование характеристики	Температура воздуха, °С												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Среднемесячная и годовая температура воздуха	-21,0	-19,4	-10,9	-1,1	6,0	13,4	17,4	13,6	7,9	-1,4	-12,6	-18,8	-2,2
Абсолютный минимум	-52	-54,5	-47	-35	-21	-7	-2	-4	-12	-30	-48	-54	-54,5
Абсолютный максимум	3	7	16	25	33	36	35	30	29	20	8	3	36

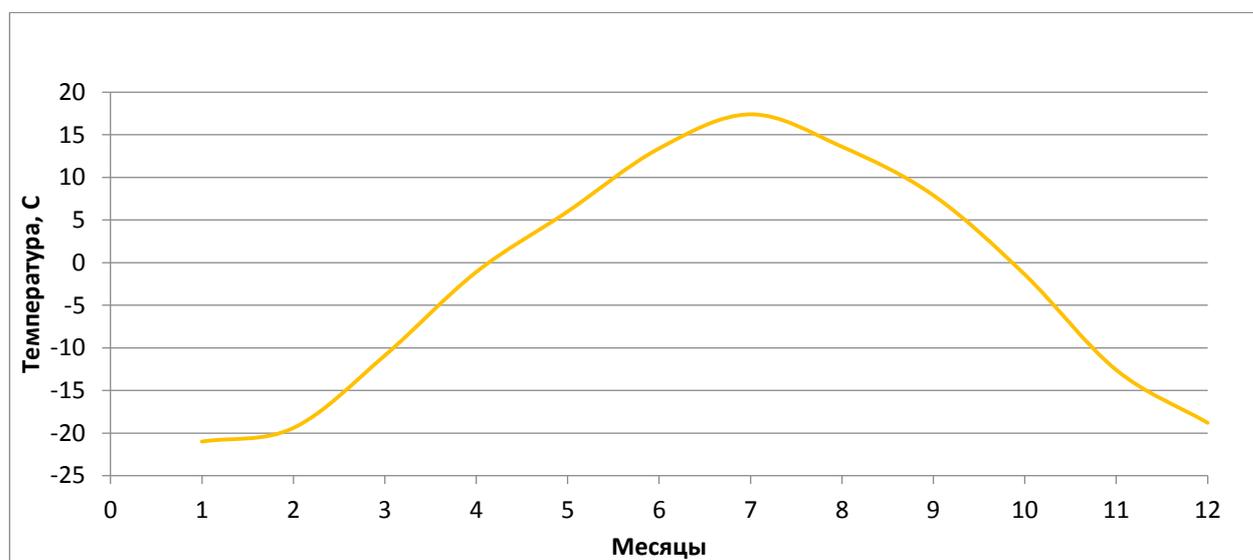


Рисунок 1.4 - Годовой ход температуры ст. Угут

Наряду с быстрым повышением средних месячных температур воздуха летнего периода возможен возврат отрицательных температур, обусловленный вторжением арктического воздуха. Даже в июле, самом теплом месяце года, возможно похолодание до минус 2 °С. В летний период почти ежегодно температура воздуха повышается выше 30 °С [1].

Продолжительность устойчивых морозов 152 дня, а безморозного периода 92 дня [1].

Таблица 1.3 - Средняя месячная и максимальная температура поверхности почвы по данным метеостанции Угут, °С [99].

Характеристика температуры	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя	-23	-20	-14	-4	6	16	20	15	8	-1	-13	-21	-3
Абс. минимум	-55	-57	-47	-42	-24	-9	-3	-5	-12	-30	-49	-58	-58
Абс. максимум	2	6	13	26	42	54	56	45	36	22	6	1	56

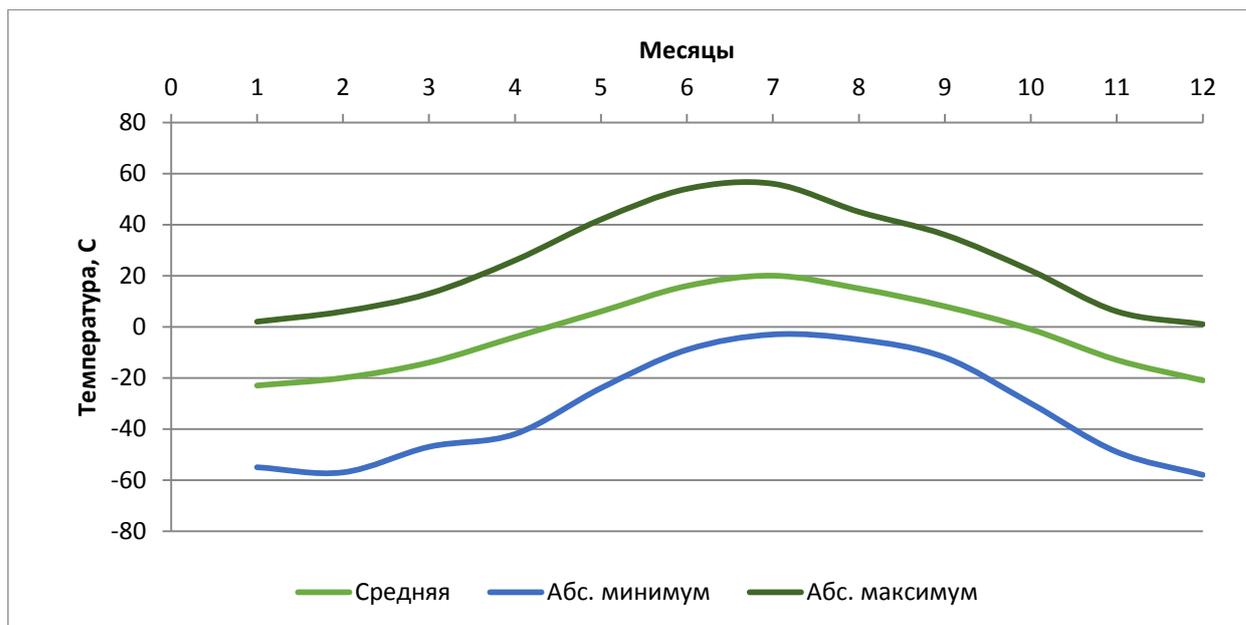


Рисунок 1.5 - Годовой ход температуры почвы ст. Угут

Продолжительность безморозного периода на почве 76 дней [1].

Максимальная глубина промерзания почвы по данным наблюдений метеостанции Угут (1992-2015 гг.) составляет 110 см (3 декада марта) [1].

В табл. 1.4 приведена температура почвы на глубине 0,2 м в летние месяцы (данные приведены по метеостанции Сытомино, в связи с отсутствием данных наблюдений по другим метеостанциям) [1].

Таблица 1.4 - Средняя месячная температура почвы (°С) на глубине 0,2 м (почва песчаная) [99].

Метеостанция	Месяцы			
	VI	VII	VIII	IX
Сытомино	11,4	16,3	14,6	8,7

Влажность воздуха. Осадки

Средняя относительная влажность воздуха за год изменяется в пределах от 66 (май) до 85 % (октябрь-ноябрь). Средняя месячная упругость водяного пара за год 6 мбар. Средние месячные значения влажности и упругости водяного пара приведены в табл. 1.5 [1].

Для данной территории отмечается значительная межгодовая изменчивость суммы осадков, отклонения по данным наблюдений составляют 100-120 мм, но это отмечается не каждое десятилетие. По данным приведенным в [75] для метеостанции Угут средняя годовая сумма осадков составляет 583 мм, из которых за апрель-октябрь выпадает 460 мм, за ноябрь-март — 123 мм [1].

Таблица 1.5 - Средняя месячная упругость водяного пара (мбар) и относительная влажность воздуха (%) [99].

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Ср. месячная упругость водяного пара (мбар)	1,3	1,4	2,1	4,2	6,5	10,8	13,9	13,0	9,0	5,2	2,5	1,6	6
Средняя относительная влажность воздуха, %	82	80	74	68	66	68	72	81	84	85	85	82	77

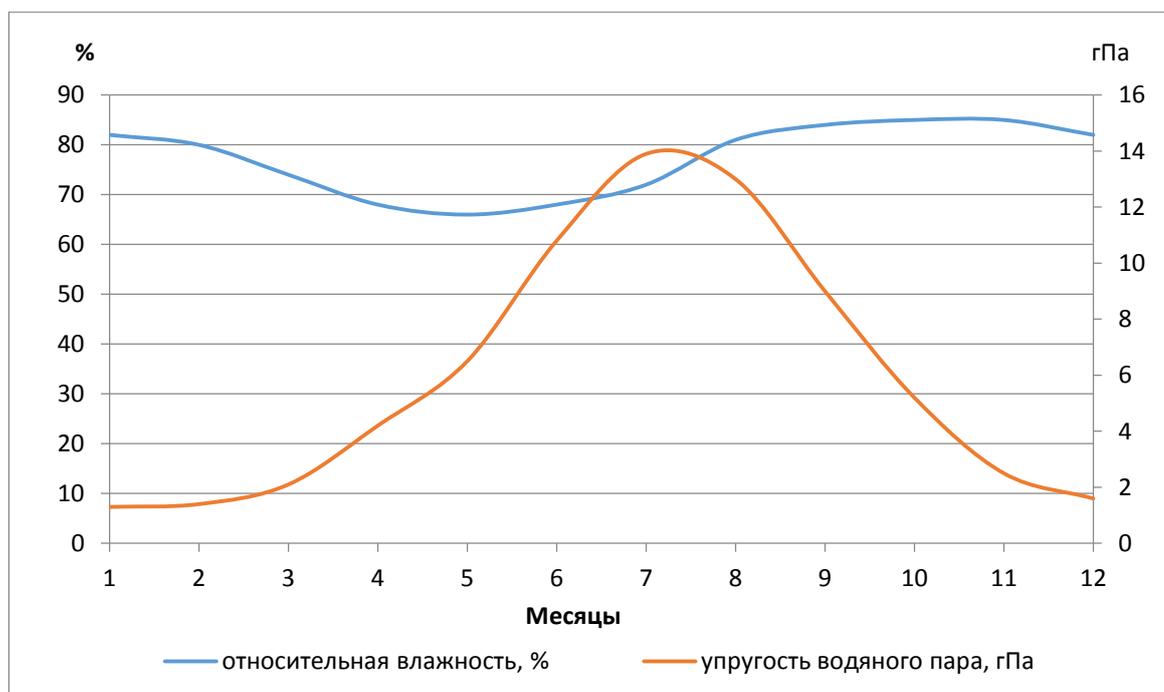


Рисунок 1.6 - Годовой ход относительной влажности воздуха и упругости водяного пара ст. Угут

Таблица 1.6 - Среднемесячное количество осадков с поправками к показаниям осадкомера по данным метеостанции Угут, мм [99].

Месяцы														Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	IX-III	IV-X	
29	22	25	32	48	81	88	89	63	59	50	35	161	460	621

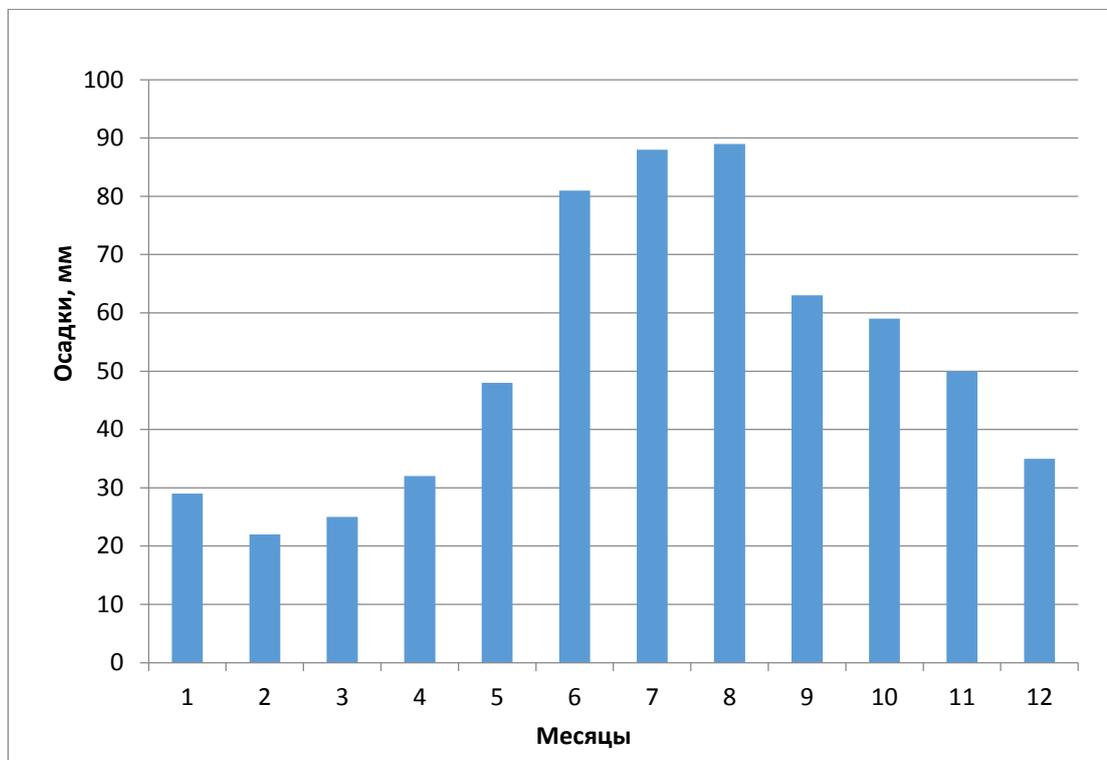


Рисунок 1.7 - Годовой ход осадков ст. Угут

Количество и распространение осадков определяется особенностями общей циркуляции атмосферы. Увлажненность почти целиком зависит от количества влаги, приносимой с запада. Большая часть осадков выпадает с мая по октябрь, зимний сезон отмечается относительной сухостью. В годовом ходе минимум отмечается в феврале – 22 мм, а максимум в августе – 89 мм [1].

Наибольшее количество осадков приходится на летнее время. Максимальный суточный слой осадков 1 % обеспеченности составляет 85 мм. Зимой увеличивается число дней с осадками, но уменьшается их суточное количество [1].

Твердые осадки (снег, снежные зерна, снежная крупа) составляют 26,4 % от общего количества осадков. Жидкие осадки выпадают в теплый период года

и составляют 62,1 %. В переходные периоды года увеличивается число дней со смешанными осадками, в среднегодовом ходе они составляют 11,5 % [1].

В среднем наблюдается 180 дней с осадками [1].

Годовое число пасмурных дней по общей облачности изменяется от 130 до 160. Годовое число ясных дней по общей облачности составляет 25-40 [1].

Продолжительность солнечного сияния на территории увеличивается с севера на юг от 1600 до 1900 ч. Наибольшее число часов солнечного сияния отмечается в июле (275-309), наименьшее в декабре (0-27). Годовой приход суммарной солнечной радиации составляет 3100-3600 МДж/м² [1].

Снежный покров

Средняя дата появления снежного покрова 7.X. Устойчивый снежный покров образуется 22.X, дата разрушения 26.IV, дата схода 9.V. Число дней со снежным покровом —195 [1].

Наиболее интенсивный рост снежного покрова отмечается со второй половины ноября до начала января, когда количество выпадающих осадков увеличивается за счет наибольшей повторяемости циклональной погоды. В январе и феврале происходит активизация антициклонических процессов в атмосфере, снега выпадает меньше и его высота в эти месяцы увеличивается незначительно. Максимальной высоты снежный покров достигает во второй декаде марта [1].

Распределение высоты снежного покрова по месяцам приведено в табл.

1.7.

Таблица 1.7 - Средняя и наибольшая декадная высота снежного покрова (см) по данным метеостанции Угут (защищенный участок) [99].

Месяцы	X			XI			XII			I			II			III			IV			V
Декады	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Высота, см	3	8	13	20	28	34	38	44	47	50	53	55	58	60	61	62	61	54	35	15	-	
Наибольшая, см	15	21	30	37	43	55	57	59	66	76	72	75	80	82	80	83	80	77	78	56	36	

По снегосъёмкам в поле максимальная наблюдаемая высота снежного покрова на последний день декады — 82 см [1].

Максимальная наблюденная высота снежного покрова по снегосъёмкам на последний день декады в лесу составляет 92 см. Средняя плотность снега при наибольшей декадной высоте (в лесу) — 180 г/м³ [1].

Максимальный объем снегопереноса за зиму составляет 400 м³/м [1].

Район изысканий относится к IV снеговому району по [79]. Расчетное значение веса снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли в районе изысканий составляет 2,4 кПа. Нормативное значение снеговой нагрузки 1,68 кПа. [1].

Ветер

Средняя годовая скорость ветра 3,0 м/с, средняя за январь – 3,0 м/с и средняя в июле 2,5 м/с [1].

В течение года преобладают ветры южного и юго-западного направлений. В январе – южного, юго-западного, а в июле северного направлений [1].

Таблица 1.8 - Среднемесячная и средняя годовая скорость ветра, м/с [99].

Метеостанция	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Угут	3,0	2,8	3,3	3,4	3,7	3,2	2,5	2,3	2,6	3,4	2,9	2,6	3,0

Повторяемость направления ветра представлена в табл. 1.9 и на рис. 1.8.

Таблица 1.9 - Повторяемость направления ветра штилей, % [99].

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
II	5	3	4	13	30	32	6	7	17
III	11	4	8	11	24	26	6	10	19
IV	10	6	4	11	21	26	7	15	18
V	15	9	5	9	18	22	7	15	15
VI	21	8	6	8	13	17	10	17	11
VII	24	8	4	6	12	16	10	20	11
VIII	26	8	8	9	11	11	10	17	17
IX	23	11	8	9	11	10	10	18	19
X	2	3	4	5	6	7	8	9	10
XI	11	7	6	13	20	19	12	12	15
XII	8	4	3	9	22	30	13	11	7
XIII	11	3	4	8	17	31	13	13	15
XIV	8	5	5	13	24	28	9	8	19
Год	14	6	5	10	19	23	9	14	15

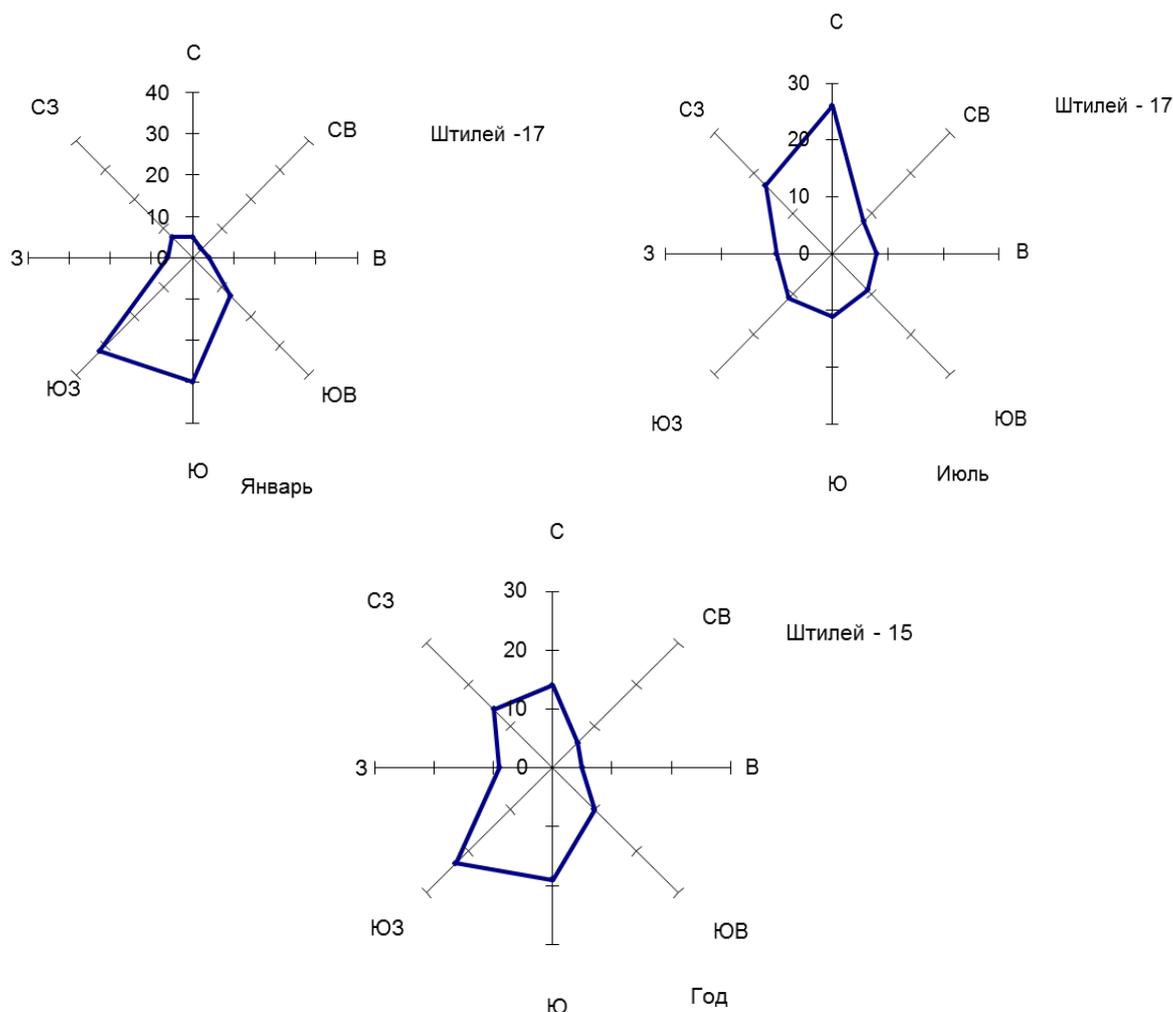


Рисунок 1.8 - Повторяемость направлений ветра и штилей за многолетний период по данным метеостанции Угут [1].

Таблица 1.10 - Число дней с сильным ветром >15 м/с [99].

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Среднее (высота флюгера 14 м)	0.7	0.4	0.9	0.8	2.2	0.9	0.3	0.0	0.4	0.3	0.5	0.4	8
Наибольшее (высота флюгера 12 м)	5	9	8	7	11	8	4	5	5	8	8	6	31

Таблица 1.11 - Максимальные скорости ветра (без порывов) по направлениям за год, м/с [99].

Станция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Сургут	20	20	20	20	24	24	34	24

Согласно [79] — I ветровой район, ветровые нагрузки 0,23 кПа.

Гололедно-изморозевые и опасные явления

К опасным атмосферным явлениям, наблюдаемым на территории Тюменской области Западной Сибири, относятся метель, гололед, изморозь,

туманы, грозы. В табл. 1.12 приведено среднее число дней с гололедно-изморозевыми и опасными явлениями погоды [1].

Таблица 1.12 - Среднее число дней с явлениями по метеостанции Угут [99].

Явления	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Туман	0.4	0.6	0.2	0.8	1	1	2	3	3	2	0.6	0.5	15
Метель	5	4	5	2	0.4	-	-	-	-	0.9	3	4	24
Гололёд	-	-	0.1	0.1	0.2	-	-	-	-	0.4	0.6	0.1	2
Изморозь	4	2	0.2	0.2	-	-	-	-	-	0.7	3	6	16
Гроза	-	-	-	0.1	2	6	9	7	2	-	-	-	26

Большое распространение на территории Западной Сибири получили изморозевые явления. Изморозь образуется с октября по май, с максимумом в декабре-январе. Образование происходит во второй половине ночи, разрушение в дневные часы. Максимальный диаметр отложений изморози по району не превышает 18 – 19 мм/ Наиболее часто изморозь наблюдается одновременно с туманом или снегом. Повторяемость их совместного возникновения составляет 80 – 90 % [1].

На рассматриваемой территории в целом неблагоприятные условия для гололедообразования. Среднее количество дней с гололедом за год — 3 дня. Образование *гололеда* связано с потеплением погоды в холодное время года и выпадением жидких и смешанных осадков. Гололед наблюдается чаще в октябре – ноябре [1].

Туманы непрерывно сохраняются от нескольких минут до нескольких суток. В холодное полугодие туманы наиболее продолжительны. За год среднее количество дней с туманами составляет 15. Максимальная частота их появления в августе-сентябре. Средняя продолжительность тумана в день наблюдения 3,2-3,8 ч [1].

Грозы чаще всего наблюдаются в теплое время года и сопровождаются чаще всего сильным ветром, ливнем и градом. Среднее годовое количество гроз составляет по данным метеостанции Угут – 26, наибольшее — 36 [1].

Град наблюдается преимущественно в теплую половину года, на местности он выпадает пятнами. Выпадение града связано с прохождением через исследуемую территорию холодных фронтов с волнами, неустойчивостью

воздушных масс, резкими контрастами температуры. Среднее число дней с градом для территории 1,4. Средняя продолжительность града 10-20 мин [1].

1.3.2 Гидрологическая характеристика

По гидрологическому районированию территория изысканий относится к равнинному району, лесной зоне [1].

Гидрографическая сеть территории представлена реками Большой и Малый Юган, а также их притоками [1].

Река Большой Юган является левобережным притоком р. Обь. Река берет свое начало из Васюганского болотного массива и впадает слева в протоку Юганская Обь на 118 км от устья. Общая площадь водосбора реки 34700 км², общая длина реки 1063 км. Основным притоком является р. Малый Юган (521 км, 10200 км²), впадающая в р. Большой Юган с правого берега на 121 км от устья. В бассейне около 8000 озёр общей площадью 545 км² и с площадью водного зеркала до 1,4 км². Заозеренность водосбора 1,5 %. Река судоходна на 457 км от устья. Сплавная [1].

На участке исследований гидрографическая сеть представлена ручьем без названия, правобережным притоком р. Угутки. Река Угутка – правобережный приток р. Большой Юган, впадающий в неё выше водомерного поста в пос. Угут (южная часть поселка). Общая площадь водосбора реки 184,4 км². Общая длина реки 45,6 км. На водосборе значительное количество болот (38 %) и озер (5 %).

Реки рассматриваемого района по водному режиму и характеру питания относятся к рекам с весенне-летним половодьем и паводками в теплое время года. Основным источником питания являются зимние осадки. Весенне-летнее половодье значительно растянуто во времени, зимняя межень устойчивая [1].

Большое количество осадков, равнинность рельефа, затрудненный сток, близкое залегание к поверхности многолетнемерзлых пород способствует значительному заболачиванию территории. Заболоченность территории составляет более 50 %. В междуречье Большого и Малого Югана (на территории Угутского месторождения) верховые болотные массивы занимают более 70 %

междуречного пространства. Преобладающими являются грядово-мочажинные комплексы, чередующиеся с мохово-лесными болотными микроландшафтами. В пойменных низинах рек располагаются низинные болота, они имеют незначительные размеры и менее распространены на территории [1].

Болота, расположенные на водоразделах, в основном верховые (70 %), выпуклой формы. Глубина верховых болот на окраинах составляет 0,5 – 1,0 м, в центральной части на непроходимых участках — глубже 2 м. Мощность торфяной залежи колеблется в пределах от 0,5 до 6 м [1].

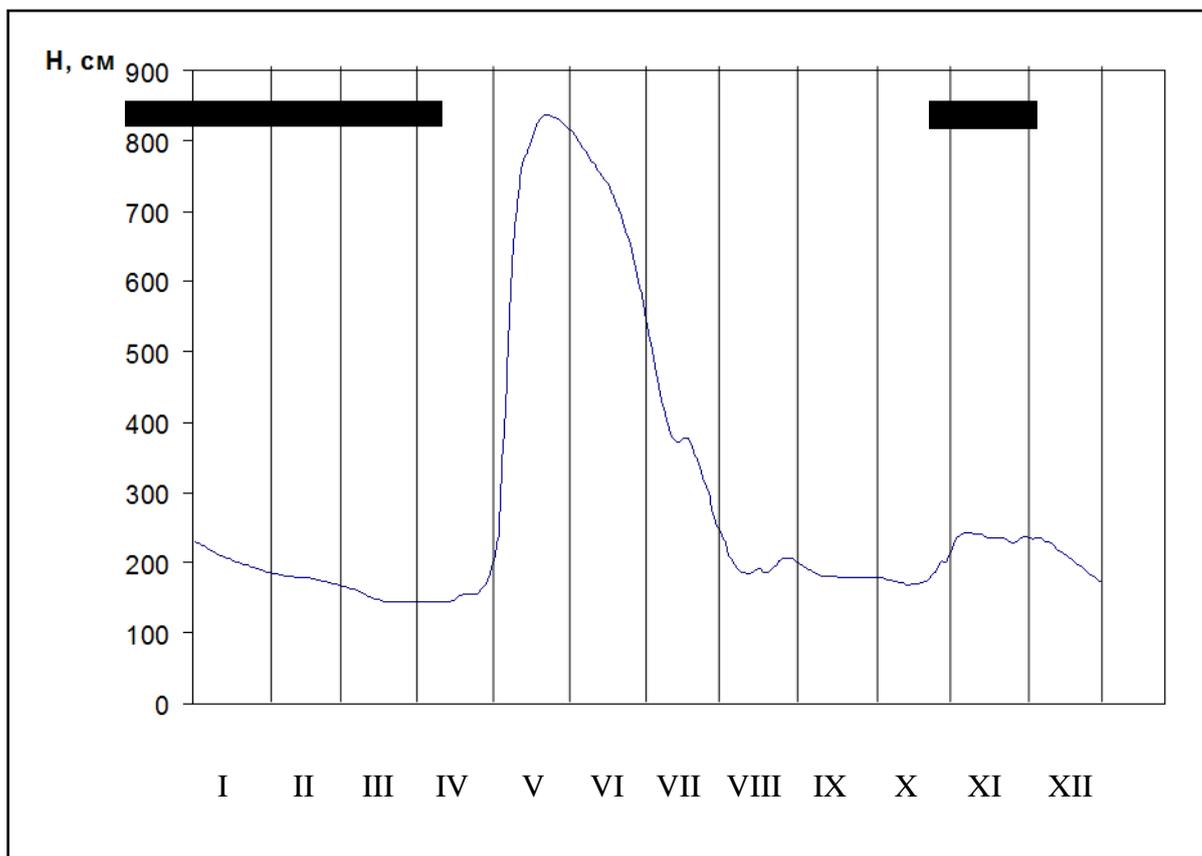
Водный режим

Водный режим исследуемого района характеризуется весенне-летним половодьем и паводками в теплое время года. Формирование основного стока идет за счет накопления осадков в зимнее время, который составляет 50 – 60 % годового стока. Дождевой сток составляет до 20 %. Максимум стока и высокие уровни воды проходятся на период снеготаяния [1].

Весенний подъем уровня воды на реках начинается с наступлением интенсивного снеготаяния, обычно в середине - конце апреля. Средняя дата начала половодья на р. Большой Юган 26 апреля (табл. 1.13). Весенне-летнее половодье характеризуется быстрым подъемом уровня воды и сравнительно медленным спадом [1].

Таблица 1.13 -Характерные даты начала, окончания половодья и продолжительность явления (по данным водомерного поста р. Большой Юган - пос. Угут) [1].

Характеристика	Ранняя /наибольшая	Средняя	Поздняя /наименьшая
Дата начала половодья	10.04	26.04	09.05
Дата окончания половодья	1.06	16.07	07.08
Продолжительность	140	89	66



■ - ледостав

Рисунок 1.7 - График колебания уровней воды р. Большой Юган (пос. Угут) за 1971 год

Гидрограф половодья имеет одновершинное, плавное очертание. Внутригодовое распределение стока (по данным поста р. Большой Юган - пос. Угут) следующее: 70 % - весна –лето; 19 % - лето-осень, 11 % - зима [1].

Сроки прохождения максимальных уровней и расходов воды изменяются в зависимости от водности года. Максимальные уровни на р. Большой Юган отмечаются в среднем 24 мая (ранняя - 4 мая, поздняя - 19 июня). Продолжительность половодья 89 суток. Заканчивается половодье, в среднем, 23 июля [1].

На более мелких притоках максимальный уровень отмечается через 10-15 дней после начала подъема уровня, т.е. в первой половине мая [1].

Летне-осенняя межень устанавливается с середины июля – начала августа и длится по первую декаду октября, прерываемая только дождевыми паводками. Подъем уровня в период дождей на р. Большой Юган ниже подъема уровня в половодье. На небольших речках и ручьях, находящихся вне подпора летне-

осенняя межень продолжается с середины июня по конец октября. Минимальные уровни наблюдаются в августе-сентябре [1].

Зимняя межень устанавливается во второй декаде ноября и продолжается до начала подъема половодья. Продолжительность зимней межени составляет 158 дней. Минимальные зимние уровни отмечаются обычно в феврале-марте, они же являются и самыми низкими в году [1].

Режим уровней небольших водотоков района (рек и ручьев) в целом повторяет общий ход уровней рек Большой и Малый Юган. Режим уровней рек и ручьев, вытекающих из внутриболотных озер, в большой степени зависит от режима озера и окружающего болотного комплекса [1].

Весенний подъем уровней на малых водотоках начинается обычно в конце марта - начале апреля, с момента начала интенсивного снеготаяния. Спад уровней очень медленный в связи с очень большой заболоченностью территории. Озера и болотные комплексы аккумулируют часть талой воды и затем постепенно отдают её водотокам, врезанным в торфяную залежь. Данные особенности режима характерны для верховьев реки Угутки [1].

Минимальные летне-осенние уровни чаще всего приходятся на сентябрь.

На режим расходов внутриболотных рек и ручьев в летний период влияет бурно развивающаяся в их руслах водная растительность. Скорость течения воды в болотных водотоках незначительная [1].

Годовая амплитуда колебания уровня воды на малых водотоках с не зарегулированными озерами стоком составляет 0,6-1,0 м. На участках рек и ручьев, расположенных вблизи озер, из которых они вытекают, изменение уровня за год на 30-40 см меньше, чем на участках, далеко отстоящих от таких водоемов, что в значительной степени свидетельствует о регулировании внутриболотными озерами стока малых водотоков [1].

Уровенный режим малых внутриболотных озер полностью гидравлически связан с окружающим болотным комплексом [1].

Весенний подъем уровней на озерах начинается обычно с начала-середины апреля, в зависимости от условий весны. Первый максимум уровней

приходится на период весеннего половодья, второй – на период летне-осенних дождевых паводков. Весенний максимум наступает обычно после 15-20 дней от начала подъема [1].

Спад уровней очень медленный в связи с очень большой заболоченностью территории, растянут до июля-августа. Озера и болотные комплексы аккумулируют часть талой воды и затем постепенно отдают её водотокам, врезанным в торфяную залежь. Минимальные летне-осенние уровни чаще всего приходятся на сентябрь. Для озер они часто ниже зимних [1].

Амплитуда колебания уровня на малых озерах (с площадью <math><0,1 \text{ км}^2</math>) невелика и составляет 20-25 см. На крупных озерах (с площадью водосбора более

Величина подъема уровня в период весеннего половодья в различных болотных микроландшафтах неодинакова: наибольшая – в мохово-лесных и моховых (облесенных сосной) микроландшафтах (80 см), наименьшая - в топях и на мочажинах грядово-мочажинных комплексов (10-15 см) [1].

Ледовый режим

Первые ледовые образования на реке Большой Юган в виде заберегов и сала появляются во второй половине октября. Забереги наблюдаются ежегодно, ледяной покров образуется путем смерзания берегов. Средняя продолжительность осеннего ледохода составляет 4 дня. Характерные даты ледового режима р. Большой Юган приведены в табл. 1.15 [1].

Таблица 1.15 - Характерные даты ледовых явлений в районе проектирования (р. Большой Юган – пос. Угут) [1].

Характеристика	Средняя дата
Появление ледовых явлений	24.10
Начало осеннего ледохода	26.10
Начало ледостава	30.10
Начало весеннего ледохода	5.05
Окончание весеннего ледохода	8.05

Продолжительность ледостава на р. Большой Юган - 187 суток, продолжительность периода с ледовыми явлениями -196 дней [1].

Небольшие реки и ручьи замерзают раньше, примерно через 10 - 15 дней после устойчивого перехода среднесуточной температуры через 0 °С [1].

Реки рассматриваемой территории характеризуются устойчивым ледоставом. После наступления ледостава толщина льда начинает увеличиваться. Нарастание льда идет неравномерно; интенсивность этого процесса зависит от хода температуры воздуха, мощности снежного покрова, образовавшегося на поверхности льда и т.д. Интенсивное нарастание толщины льда отмечается до конца марта, когда наблюдаются максимальные её величины (0,7-0,8 м), с конца марта до вскрытия лед начинает истончаться, толщина льда уменьшается. Средняя из максимальных толщина льда на реке Большой Юган составляет 60 см [1].

Весенние ледовые явления начинаются с появлением воды на льду и закраин. По мере поступления воды лед на середине реки поднимается и вспучивается, на перекатах появляются промоины. На участках рек, находящихся в подпоре (устье р. Угутка), по мере подъема уровня воды, лед также на середине реки поднимается и вспучивается [1].

Вскрытие рек происходит в конце апреля - начале мая. Вскрытию обычно предшествует подвижка, которая продолжается 1-2 дня. Разрушение ледяного покрова сопровождается весенним ледоходом продолжительностью, в среднем, от 1 до 4 суток. Больших заторных явлений не наблюдается, по наблюдениям водомерного поста Угут на р. Большой Юган отмечены зажоры с подъемом воды до 1 м, но уровни их меньше максимальных уровней в половодье [1].

Ледовый режим внутриболотных озер имеющих ограниченный диапазон измерений глубин (до 2 м) определяется в основном температурой воздуха, высотой снежного покрова на льду и размерами водоемов. Продолжительность устойчивого ледостава на озерах колеблется от 204 до 235 дней. Замерзание озер в среднем начинается в начале октября. На малых озерах толщина льда не превышает 90 см, на более крупных в северной части территории может достигать 170 см. Мелководные озера промерзают даже в средние по суровости зимы [1].

Гидрохимическая характеристика

Химический состав воды рек зависит от геологического строения, климата, почв и других физико-географических условий формирования речного стока и особенностей его питания [1].

Основная доля питания речных вод приходится на атмосферные осадки, выпадающие на водосборной площади рассматриваемых водотоков. Минерализация дождевых вод редко превышает 10 – 20 мг/л [1].

По территории лесных массивов, часто заболоченных, оказывает существенное влияние на формирование химического состава поверхностных вод. Болота обогащают поверхностные воды большим количеством органических соединений, вследствие чего на заболоченных водосборах формируются воды с пониженной и малой минерализацией, высокой окисляемостью и цветностью [1].

Многолетние и сезонные изменения минерализации и ионного состава поверхностных вод определяются главным образом сменой фаз водного режима. Значительное изменение минерализации по годам связано также с изменением водности рек, во время высоких половодий отмечается низкая минерализация и наоборот [1].

Для поверхностных вод лесной зоны Среднего Приобья характерно преобладание гидрокарбонатных ионов HCO_3 . По средним многолетним данным р. Большой Юган – пос. Угут в период половодья величина минерализации составляет 100 мг/л, в период летне-осенней и зимней межени, когда реки питаются преимущественно грунтовыми водами, величина минерализации увеличивается за счет увеличения абсолютного содержания ионов HCO_3 и Ca до 200 мг/л, в период зимней межени возрастает до 300 мг/л и более. Жесткость воды изменяется от 0,5 мг-экв/л в период половодья до 1-2 мг-экв/л в период летне-осенней межени и до 3-4 мг-экв/л в период низкой зимней межени [1].

По химическому составу вода р. Угутки относится к гидрокарбонатно-кальциевому типу. По данным химического анализа воды, вода в р. Угутка характеризуется очень малой минерализацией (50,1 мг/л), и высоким

содержанием гидрокарбонатов - 100 % мг-экв и кальция – 73 % мг-экв. Содержание катионов магния - 25 % мг-экв, калия и натрия - 2 % мг-экв. Водородный показатель (pH) – 5,9. Вода очень мягкая, общая жесткость 0,62 мг-экв/л [1].

1.4 Инженерно-геологические условия исследуемой территории

1.4.1 Геологическое строение

Исследуемый район расположен на площади крупнейшей геоструктуры – Западно-Сибирской плиты с мощной толщей слабодислоцированных осадочных отложений, залегающих на глубоко погруженном палеозойском фундаменте. В геоморфологическом отношении изучаемая территория расположена на заболоченной правобережной третьей надпойменной террасе р. Бол. Юган [2].

Четвертичная система Q

Образование четвертичного возраста перекрывают сплошным чехлом все более древние образования. Четвертичные образования Сургутского района представлены континентальными фациями. Отдельные литологические разновидности не выдержаны как по мощности, так и по площади. Залегают отложения линзообразно, часто выклиниваются, фациально замещая друг друга (рис. 1.9).

Они залегают на размытой поверхности палеогеновых отложений и выполняют все неровности дочетвертичного рельефа. Мощность их варьирует от 8 м до 60 м.

Четвертичные образования представлены континентальными фациями. Отдельные литологические разновидности не выдержаны как по мощности, так и по площади. Залегают отложения линзообразно, часто выклиниваются, фациально замещая друг друга.

В геологическом строении принимают участие следующие четвертичные отложения.

Аллювий пойменных террас (Q_{IV}) представлен песками супесями, суглинками, торфами, галькой, гравий в основании (до 32 м).

Сартанский горизонт (Q_{IIIsr}). Аллювий первой надпойменной террасы. Отложения представлены песками, супесями и суглинками, а также песком, с гравием и торфом (до 15 м).

Сартанский - Каргинский горизонты ($Q_{IIIkr-sr}$). Озерно-аллювиальные отложения второй надпойменной террасы. Отложения представлены суглинками, супесями, алевритами, глинами и песками (до 25 м).

Сартанский - Каргинский горизонты ($Q_{IIIkr-sr}$). Аллювий второй надпойменной террасы. Пески с гравием и галькой, супеси, суглинки (до 15 м).

Ермаковский горизонт (Q_{IIIer}). Озерно-аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы. Сложены супесями, суглинками, глинами, песками (до 30 м).

Ермаковский горизонт (Q_{IIIer}). Аллювий третьей надпойменной террасы. Пески с прослоями алевритов, супеси, суглинки (до 15 м).

Тазовский – Казанцевский горизонты ($Q_{IIz-IIIkz}$). Озерно-аллювиальные отложения четвертой надпойменной террасы. Суглинки, супеси, алевриты, линзы торфа, пески с гравием и галькой (до 30 м).

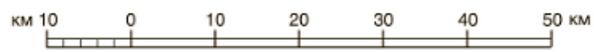
В геологическом строении территории на исследованную глубину до 17,0 – 24,0 м принимают участие [2]:

- (tQ_{IV}) - современные техногенные отложения, представленные песком мелким.
- (bQ_{IV}) - современные болотные отложения, представленные торфами от светло-коричневого до темно-коричневого цвета сильноразложившимися, среднеразложившимися и слабо-разложившимися; торфа средней влажности, очень влажные, избыточно влажные и жидкие.
- ($la^4 Q_{II-III}$) - средне-верхнечетвертичные озерно-аллювиальные отложения четвертой надпойменной террасы р. Обь
- ($a^3 Q_{III}$) - верхнечетвертичные аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы р. Большой. Юган., представленные суглинком легким песчанистым мягкопластичной и текучепластичной консистенции с примесью

органического вещества, супесью песчанистой пластичной и текучей консистенции и песком мелким водонасыщенным.

- ($a^{2-3}Q_{III}$) - верхнечетвертичные аллювиальные отложения второй и третьей надпойменной террасы р. Бол. Юган, представленные супесью песчанистой пластичной, песком мелким водонасыщенным, песком пылеватым водонасыщенным.

Схематическая геологическая карта с указанием территории исследуемых объектов приведена на рис. 1.10 [2].



Условные обозначения

	Аллювий пойменных террас. Пески, супеси, суглинки, торф, гальки, гравий в основании (до 32 м)		Покровные супеси и суглинки (до 10,5 м)		Месторождения торфа
	Сарганский горизонт - голоцен. Аллювий первой надпойменной террасы. Суглинки, супеси, пески с гравием и галькой, торф (до 15 м)		Покровные торфяники (до 8 м)		Месторождения строительного песка
	Сарганский - Каргинский горизонты. Северо-аллювиальные отложения второй надпойменной террасы. Суглинки, супеси, алевроиты, глины, пески (до 25 м)		Гальки		Средние месторождения кирпичной глины
	Сарганский - Каргинский горизонты. Аллювий второй надпойменной террасы. Пески с гравием и галькой, супеси, суглинки (до 15 м)		Гравий		Малые месторождения кирпичной глины
	Ермаковский горизонт. Северо-аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы. Суглинки, супеси, глины, пески (до 30 м)		Пески		Эксплуатируемые месторождения
	Ермаковский горизонт. Аллювий третьей надпойменной террасы. Пески с прослоями алевроитов, супеси, суглинки (до 15 м)		Суглинки		Законсервированные месторождения
	Тюзовский - Козанцевский горизонты. Северо-аллювиальные отложения четвертой и надпойменной террасы. Суглинки, супеси, алевроиты, линзы торфа, пески с гравием и галькой (до 30 м)		Эрозивные уступы		Границы стратиграфо-генетических подразделений достоверные
	Тобольский - Самаровский горизонты. Чебачинская и чурымская свиты. Суглинки, супеси, алевроиты, диамиктоны, пески (до 40 м)		Структурные линии в азимутально-градусовом решете		Границы стратиграфо-генетических подразделений предположительные
	Самаровский горизонт. Чурымская свита. Озерные отложения. Суглинки, супеси с гравием и галькой, алевроглины (до 25 м)		Места находок палеонтологических остатков растений		Крупные отторженные доломитовых пород в виде интрузивных отложений в выходы на поверхность. В возраст пород покажи соответствующим индексом
	Шайтанский горизонт. Бутская толща. Озерные отложения. Глины, алевроиты, диамиктоны, пески (до 50 м)				Участок работ
	Шайтанский горизонт. Семейкинская свита. Озерные отложения. Глины, суглинки, алевроиты, пески (до 32 м)				
	Талайзинский горизонт. Талайзинская свита. Аллювий. Пески, алевроиты, супеси, скопления растительной трухи (до 48 м)				
	Кулудинский горизонт. Карымская толща. Озерные, морские и аллювиальные отложения. Диамиктоны, супеси, суглинки, пески с гравием и галькой (до 90 м)				
	Дополнительные образования				

Рисунок 1.9 – Карта плиоцен-четвертичных образований (Сургутского района), Авторы: Э.А. Клинова, Я.Э. Файбусович, Л.А. Абакумова, 2012 г., [98]

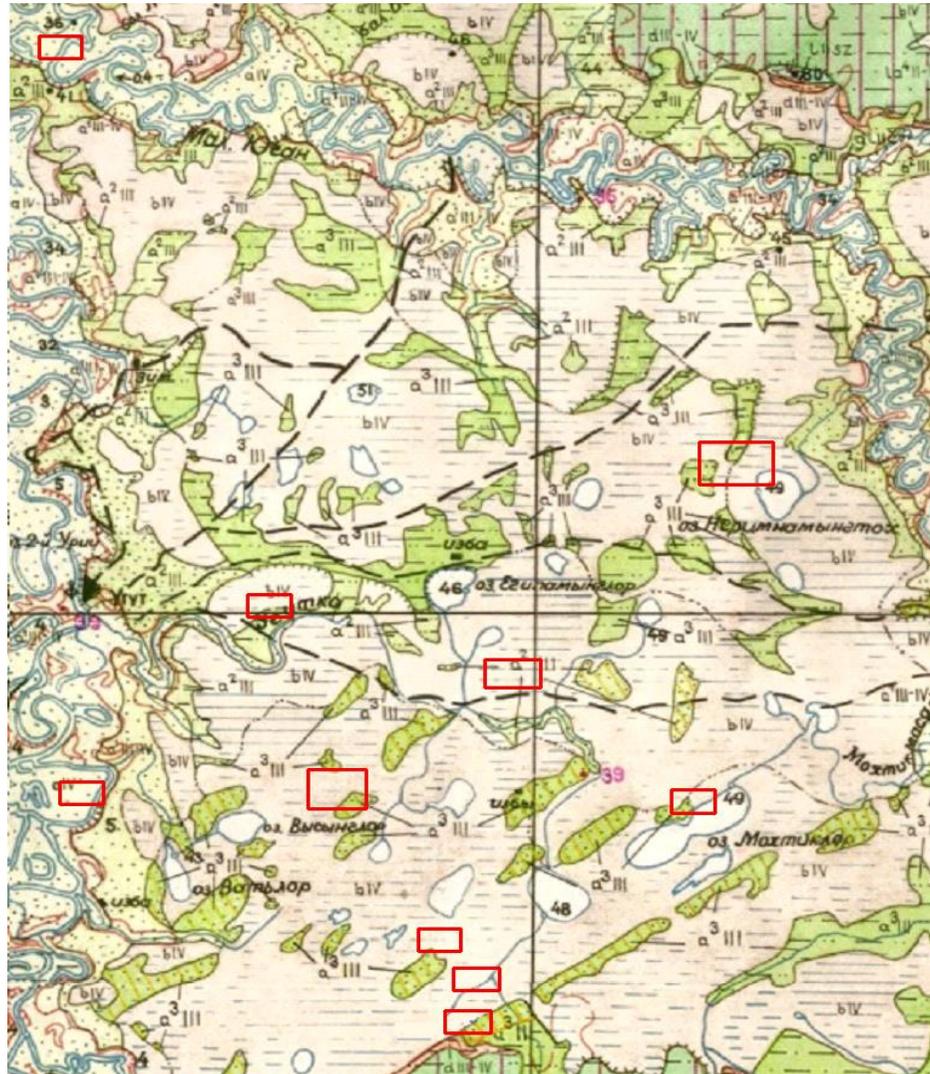


Рисунок 1.10 – Схематическая геологическая карта [15]

Условные обозначения:

ГОЛОЦЕН	dIV	Делювиальные отложения. Суглинки, пески (до 2 м)		
	aIV	Аллювиальные отложения пойменной террасы. Супеси, пески, галька, гравий, линзы торфа (до 20 м)		
	bIV	Болотные (биогенные) отложения. Торф (до 6 м)		
НЕОПЛЕЙСТОЦЕН	НЕОПЛЕЙСТОЦЕН. ВЕРХНЕЕ ЗВЕНЬЕ	dIII-IV	Делювиальные отложения. Суглинки (до 2 м)	
		aIII-IV	Аллювиальные отложения первой надпойменной террасы. Супеси, пески с прослоями и линзами суглинков, торфа (до 11 м)	
	ВЕРХНЕЕ ЗВЕНЬЕ	a ² III	Каргинский горизонт. Аллювиальные отложения второй надпойменной террасы. Пески, суглинки, супеси (до 17 м)	
		a ³ III	Аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы. Пески, суглинки, супеси (до 16 м)	
		la ³ III	Озерно-аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы. Суглинки (до 17 м)	
	СРЕДНЕЕ ВЕРХНЕЕ ЗВЕНЬЕ	Ермаковский горизонт	la ⁴ II-III	Газовский-казанцевский горизонты. Озерно-аллювиальные отложения четвертой надпойменной террасы. Суглинки, в основании редко пески (до 15 м)
			IIIsz	Ширтинский-тазовский горизонты. Сузунская толща. Озерные отложения. Суглинки, погребенные гидроморфные почвы (до 11 м).
		СРЕДНЕЕ ЗВЕНЬЕ	gIIIcr	Самаровский горизонт. Чурымская свита. Ледово-озерные отложения. Суглинки оскольчатые, диамиктоны (до 23 м) (Только на разрезе и схеме соотношений)
			aIIIcm	Тобольский горизонт. Чембакчинская свита. Аллювиально-озерные отложения. Пески, суглинки (до 31 м)
			*	Галька
			Гравий	
			Песок	
			Супесь	
			Суглинок	
			Глина	
			Участки районов работ	

В вышеприведенных отложениях в результате обработки данных лабораторных исследований грунтов были выделены следующие инженерно-геологические элементы [2]:

ИГЭ-110 - Торф сильноразложившийся маловлажный I типа А;

ИГЭ-120 - Торф сильноразложившийся средней влажности I типа Б;

ИГЭ-130 - Торф среднеразложившийся очень влажный II типа;

ИГЭ-130а - Торф среднеразложившийся избыточно влажный II и III типа;

ИГЭ-130б - Торф среднеразложившийся жидкий II типа;

ИГЭ-140а - Торф слабообразованный избыточно влажный III типа А;

ИГЭ-140б - Торф слабообразованный жидкий III типа Б;

ИГЭ-340 – Суглинок легкий песчанистый мягко пластичный, суглинок тяжелый пылеватый мягкопластичный;

ИГЭ-341 – Суглинок тяжелый пылеватый мягкопластичный с примесью органического вещества;

ИГЭ-350 – Суглинок легкий песчанистый текучепластичный и текучий;

ИГЭ-351 - Суглинок тяжелый пылеватый текучепластичный с примесью органического вещества;

ИГЭ-420 – Супесь песчанистая пластичная;

ИГЭ-430 - Супесь песчанистая текучая, супесь песчанистая пластичная;

ИГЭ-540 – Песок мелкий средней плотности средней степени водонасыщения и насыщенный водой;

ИГЭ-543 – Песок мелкий средней плотности водонасыщенный;

ИГЭ-550 – Песок пылеватый средней плотности средней водонасыщенный.

1.4.2 Специфические грунты

На рассматриваемой площади из специфических грунтов распространены техногенные, органические и органоминеральные грунты [2].

На изучаемой территории из специфических грунтов выделены техногенные грунты, которые распространены на участках техногенного рельефа и имеют ограниченное распространение. Техногенный грунт представлен

насыпным песком мелким, однородным по своему строению, который залегает с поверхности мощностью 1,3 - 1,7 м., иногда до 5,7 м [2].

Органическими грунтами сложены болота. Максимальная глубина болот достигает 4,5 м. Болотные торфами I типа Б (ИГЭ-120), торфами II типа (ИГЭ-130) и III типа А и Б (ИГЭ-140а, ИГЭ-140б) [2].

Органоминеральные грунты представлены суглинками с примесью органического вещества (ИГЭ-341, ИГЭ-351) [2].

1.4.3 Современные геологические и инженерно-геологические процессы

На исследуемой территории выявлены такие неблагоприятные факторы, определяющие сложность предполагаемого строительства, как заболачивание территории, морозное пучение и подтопление [2].

- Заболачивание территории и развитие торфов.

Поверхность исследуемой территории практически повсеместно заболочена, иногда встречаются лишь несколько небольших по протяженности грив. Максимальная глубина болот достигает 7,7 м, на некоторых участках до 10,5 м [2].

Тип торфа верховой Болота сложены торфами светло-коричневого и темно-коричневого цвета сильноразложившимися, среднеразложившимися и слабо-разложившимися, которые по своим свойствам, согласно [28], относятся к I типу Б, II типу и III типу А [2].

- Морозное пучение.

Согласно [74], по степени опасности морозного пучения, территория относится к «опасным». Нормативная глубина сезонного промерзания торфа составляет 0,8 м, суглинка -2,40 м, супеси, песка – 2,75 м. - морозное пучение. Нормативная глубина сезонного промерзания минеральных грунтов определена в соответствии с [80], и составляет для песков и супеси – 2,60 м. Глубина промерзания органических грунтов составляет 0,8 м.

По относительной деформации морозного пучения минеральные грунты в зоне сезонного промерзания обладают как непучинистыми, слабопучинистыми и среднепучинистыми свойствами, так и сильнопучинистыми, и чрезмернопучинистыми [2].

Исследуемая территория сложена грунтами, которые представлены песком мелким и пылеватым (ИГЭ-540, ИГЭ-550) и относятся преимущественно к непучинистым грунтам, частично встречаются и пески мелкие водонасыщенные, обладающие среднепучинистыми свойствами. К сильнопучинистым и чрезмернопучинистым грунтам исследуемой территории следует отнести супесь текучую (ИГЭ-430) Супесь пластичная (ИГЭ-420) характеризуется среднепучинистыми и слабопучинистыми свойствами, а суглинок мягкопластичный (ИГЭ-340), проявил себя как сильнопучинистый. Суглинок текучепластичный (ИГЭ-350) и супесь текучая (ИГЭ-430), по степени пучинистости характеризуются как чрезмернопучинистые [2].

Торф по данным [16], является непучинистым грунтом (ИГЭ-110, ИГЭ-120, ИГЭ-130, ИГЭ-130а, ИГЭ-130б, ИГЭ-140а, ИГЭ-140б).

Согласно [73] по степени опасности морозного пучения, территория относится к «умеренно опасным» [2].

- Подтопление.

Согласно [77] по подтопляемости территории, заболоченные участки, а также суходольные участки с глубиной залегания подземных вод менее 3,0 м относятся к участкам I-A-1 – постоянно подтопленные в естественных условиях. Участки, с глубиной залегания подземных вод более 3,0 м относятся к I-A-2 – сезонно (ежегодно) подтапливаемые в естественных условиях. Согласно [73] по степени опасности подтопления территория относится к «весьма опасным» [2].

Месторождение расположено на территории, где интенсивность сейсмических воздействий составляет 5 баллов. Согласно [77] по степени опасности землетрясения территория относится к «умеренно опасным» [2].

Другие процессы, согласно [73], на исследуемой территории не выявлены [2].

Таким образом, перед принятием проектных решений, касательно оснований и фундаментов, на данной территории должны предусматриваться мероприятия, предохраняющие грунты от ухудшения свойств, как в период строительства какого-либо здания строения или сооружения, так и при их эксплуатации [2].

1.5 Гидрогеологические условия

По гидрогеологическому районированию исследуемая территория относится к Западно-Сибирскому артезианскому бассейну, сложенному мощной толщей мезо-кайнозойских отложений [2].

Для оценки гидрогеологических условий строительства большое значение имеют особенности подземных вод приповерхностной части разреза, в частности первых от поверхности водоносных горизонтов, находящихся в зоне взаимодействия проектируемых сооружений [2].

Гидрогеологические условия исследуемой территории характеризуются наличием грунтовых вод. На заболоченных участках грунтовые воды гидравлически связаны с болотными водами и имеют общий уровень установления у дневной поверхности. Водовмещающими грунтами являются пески мелкие и пески пылеватые [2].

На суходольных участках, грунтовые воды встречаются на глубинах 0,2-0,8 м, 1,7-2,0 м, 0,1-5,0 м. Водовмещающими грунтами преимущественно являются пески мелкие и пески пылеватые [2].

Грунтовые воды, в большинстве своем, приурочены к песку мелкому и супеси текучей, на отдельных участках к песку пылеватому, с уровнем установления, если не у дневной поверхности, то на глубинах 0,0-1,6 м, 8,6-13,7 м. 1,7м от 1,4 до 1,8 м [2].

Режим подземных вод определяется климатическими факторами. По типам режима подземные воды относятся к междуречному типу, который формируется под действием атмосферных осадков, испарения и подземного

стока. Максимальное стояние подземных вод приходится на период массового снеготаяния и полного оттаивания грунтов [2].

Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, речных, озерных и талых вод [2].

В паводковый период отмечается замедленный спад половодья за счет задержки воды в болотных массивах; обводненные болотные массивы являются окнами дополнительного инфильтрационного питания. Возможное повышение уровня подземных вод составляет 1,0-1,5 м. Разгрузка подземных вод происходит в поверхностные водотоки и водоемы [2].

Химический состав подземных вод гидрокарбонатный кальциево-магниевый, гидрокарбонатный калиевый-натриевый, гидрокарбонатно-хлоридный кальциевый-магниевый [2].

Минерализация вод изменяется от 20,9 до 45,9 мг/л. По водородному показателю подземные воды от сильноокислых до слабоокислых (рН – от 3,8 до 5,6) [2].

2 Специальная часть

2.1 Общие сведения

Под *морозным пучением грунтов* подразумевается их свойство при определенном сочетании гидротермических условий в пределах сезонного промерзания увеличиваться в объеме под действием сил кристаллизации льда при фазовых превращениях, содержащейся в грунте дополнительно воды к кристаллам льда. Внешнее проявление этого свойства грунтов заключается в неравномерном поднятии дневной поверхности за счет образования ледяных включений [14].

Физическая сущность природы сил морозного пучения грунтов ни теоретически, ни экспериментально еще не раскрыта. О величине нормальных сил морозного пучения грунтов судят только по величине сопротивления среды при работе сил морозного пучения грунтов за счет видоизменений содержащейся в грунте тепловой энергии [14].

Пучинистыми грунтами называются такие грунты, которые при промерзании обладают свойством увеличивать свой объем при переходе их в мерзлое состояние. Изменение объема грунта обнаруживается в природных условиях в поднятии дневной поверхности в процессе промерзания и опускании ее при оттаивании. В результате этих объемных изменений происходят объемные деформации, что и наносит повреждения основаниям, фундаментам и надфундаментному строению зданий и сооружений» [14].

Впервые, на широкое развитие процесса пучения при промерзании грунта было обращено внимание еще в 19 веке при строительстве дорог России. По словам инженера Л. Любимова в то время до 95% русских железных дорог было поражено пучением. И в настоящее время на территории РФ подвергаются пучению большинство автомобильных дорог, опоры мостов.

Проблемами морозного пучения грунтов занимались и отечественные исследователи (И.А. Лопатин, В.И. Штукенберг позже И.И. Сумгин, Н.А. Цытович и др.), и зарубежные (С. Иогансон, Ф. Нансен, С.Тэбер) [22].

В отечественной и зарубежной литературе нет единого определения процессу морозного пучения грунтов. Так, первые русские исследователи – инженеры, железнодорожники, впервые обратившие внимание на широкое развитие процесса пучения при промерзании грунта в 19 веке, эффект морозного пучения грунтов называли пучинами, а инженеры-строители – выпучиванием или распучиванием [14].

Из определения, которое дал инженер П.Н. Любимов «пучинам на железных дорогах», следует, что могут вспучиваться только насыщенные водой грунты, но, как известно, пучение водонасыщенных грунтов есть частный случай пучения. Наблюдаются случаи, когда пучение грунтов и образование пучин на дорогах происходят в значительных размерах на слабовлажных грунтах при стоянии уровня подземной воды на глубине 5-6 м от дневной поверхности, и, наоборот, иногда грунты, полностью насыщенные водой, не считаются пучинистыми потому, что при замерзании грунтовой воды в порах не происходит изменения объема скелета грунта по ряду причин [14].

Следовательно, одно водонасыщение грунта не может во всех случаях промерзания грунта обусловить пучинистость всех без исключения грунтов в одинаковой степени и вызвать пучинообразование [14].

Наибольший эффект морозного пучения дает сочетание вида грунта с водным и термическим режимами и другими факторами. Положительное в определении П.Н. Любимова заключается в том, что главным моментом считается внешний признак (местное поднятие), привязанный ко времени года и пределам сезонного промерзания грунтов [14].

М.И. Сумгин дает свое определение, где доминирующим моментом в определении служит внешний эффект, т.е. М.И. Сумгин делит процесс морозного пучения на два сменяющих друг друга самостоятельных цикла - пучение и оседание [14].

В определении Н. А. Цытовича главным образом указывается на причину возникновения пучения грунта за счет изменения объема грунта при замерзании.

Н.И. Быков дал определение морозного пучения грунтов в следующей формулировке: *«Будем впредь называть пучением всякое вертикальное перемещение вверх как самого грунта, так и заключенных в него предметов, происходящее вследствие замерзания и расширения грунта; противоположное явление - перемещение вниз при оттаивании - будем называть оседанием»* [14].

В.О. Орлов дает несколько отличающееся определение следующего содержания: *«Под морозным (криогенным) пучением понимается внутриобъемное деформирование промерзающих влажных почв, скальных горных пород и грунтов, приводящее к увеличению их объема вследствие кристаллизации в них воды и образования ледяных включений в виде прослоек, линз, поликристаллов и т. п. Внешним проявлением морозного пучения служат местные, как правило, неравномерные поднятия поверхности слоя промерзающего грунта, сменяющиеся осадкой последнего при оттаивании»* [14].

В данном определении уточняются пределы геологических образований, в которых наблюдается морозного пучения. Кроме того, Орловым дано более широкое понятие («объемное деформирование»), охватывающее структурные изменения в грунте в результате пучения [14].

Более краткое определение дано Б. И. Далматовым: *«Морозным пучением называется увеличение объема грунта при промерзании в результате перехода воды в лед и миграции влаги к фронту промерзания. Пучинистыми обычно называют грунты, которые при промерзании в условиях естественного залегания способны увеличиваться в объеме»*. Таким образом, Б.И. Далматов дает дополнение к определению пучинистых, но применительно к практике строительства [14].

Многообразие подходов к объяснению и интерпретации процесса пучения объясняется широкой распространенностью данного явления в криолитозоне, а также и на территории с глубоким сезонным промерзанием пород. Так, в природных условиях пучение пород может быть связано с сезонным промерзанием пород сезонноталого или сезонномерзлого слоя и с

многолетним промерзанием пород. Отсюда выделяются такие виды морозного пучения как многолетнее и сезонное.

Помимо сезонного и многолетнего пучения, различают площадное и локальное пучение. Первое чаще всего характеризуется пространственной неоднородностью, при которой величина пучения в пределах одного ландшафтного типа может более чем в два раза превышать средние значения деформации пучения. Локальное пучение (бугры, полосы пучения) может возникать вследствие неоднородности условий промерзания, обводненности, состава пород и других факторов геолого-географической среды [12].

Анализируя виды морозного пучения и их характеристики, можно констатировать, что исследуемая территория Угутского месторождения относится к территории с преобладанием сезонного площадного пучения.

Сезонное площадное пучение пород характеризуется большой неравномерностью развития по площади и во времени. Средняя величина площадного пучения сезонноталого слоя обычно в 1,5-2 раза меньше пучения слоя сезонного промерзания. Это связано с тем, что сезоннопромерзающий слой чаще всего является открытой системой и его промерзание сопровождается активной миграцией влаги. Промерзающий сезонноталый слой приближается к системе закрытого типа, когда миграция влаги из подстилающих мерзлых пород не происходит, а возможно только вертикальное миграционное перераспределение ее внутри слоя и боковое – за счет неравномерного промерзания [12].

2.2 Факторы, определяющие пучинистость грунтов

Морозное пучение грунтов зависит от комплекса многочисленных факторов, происхождение и формирование которых связано с климатическими, гидрогеологическими, литологическими, а в районах распространения многолетнемерзлых грунтов. Ранее проведенные исследования выделяют ряд факторов, влияющих на пучинистость грунтов, приуроченных к зоне распространения многолетнемерзлых пород, в частности к сезонно-мерзлому и

сезонно-талому слоям криолитозоны.

К основным природным факторам, количественно характеризующим пучение грунтов, относятся: гранулометрический, минералогический и химический состав грунта, его водно-физические свойства и глубина залегания грунтовых вод в период промерзания, плотность грунта и степень его охлаждения, зависящая от температуры воздуха и теплоизоляции на поверхности грунта в зимний период [65].

Большое влияние на склонность грунтов к пучению оказывает химико-минеральный состав. Увеличение в грунтах содержания минералов группы монтмориллонита приводит к существенному уменьшению общей деформации пучения. Напротив, при переходе от монтмориллонитовых к каолинитовым породам сегрегационное льдонакопление и общая деформация пучения возрастают [11].

В иллите основным обменным катионом является калий, высокая степень гидратации которого понижает пучинистые свойства грунтов с иллитовой основой. Весьма высокий ионный обмен свойствен минералам группы монтмориллонита, обладающим высокой степенью набухаемости и малой водопроницаемостью. Морозоопасность глинистых грунтов с монтмориллонитовой основой в 2 - 3 раза меньше, чем грунтов с каолинитовой основой (при одинаковом процентном соотношении фракций грунта) [65].

Минералы группы каолинита практически не содержат обменных ионов и обладают достаточно жесткой кристаллической структурой, характерной для ненабухающих грунтов. Эти обстоятельства обуславливают высокую влагопроницаемость и повышенную морозоопасность грунтов с каолинитовой основой [65].

Весьма сильно способствуют набуханию хорошо гидратируемые одновалентные ионы Li^+ , Na^+ , K^+ , чем объясняется пониженная морозоопасность грунтов, насыщенных ионами этих металлов. С увеличением валентности обменных катионов степень набухания понижается, а морозоопасность грунта возрастает. Пучение грунтов за счет миграционного влагонакопления

понижается в случае насыщения катионами, составляющими следующий ряд: $Al^{3+} > Fe^{3+} > Ca^{2+} > Na^+ > K^+$ [65].

Введение в обменный комплекс многовалентных катионов повышает интенсивность пучения слабопучинистых (монтмориллонитовых) грунтов. У морозоопасных (каолинитовых) грунтов способность к пучению утрачивается в случае их насыщения одновалентными катионами [65].

Водно-физические свойства грунта, определяющие процесс пучения, проявляются при контакте грунта с водной средой. Так, на степень пучинистости оказывают влияние поземные воды, в частности водонасыщенность и уровень капиллярного поднятия вод [14].

Подземные воды не всегда имеют стабильный уровень стояния, что отражается на степени водонасыщения грунтов. Если грунты перед промерзанием оказываются водонасыщенными, это может привести к значительному пучению. Находясь близко к слою промерзающего грунта, верховодка и подземная вода по капиллярам увлажняют промерзающий грунт, создавая при этом наиболее благоприятные условия для миграции влаги к фронту промерзания и образования в грунте избыточного накопления льда в виде прослоек и линз [14].

Толщину слоя капиллярного поднятия называют морозоопасной «каймай» над уровнем подземной воды. Эта кайма зависит от состава и сложения грунта в природных условиях, и толщина ее колеблется в пределах от 0,3 до 3,5 м в зависимости от степени дисперсности грунта.

Э.Д. Ершов и Дж.М. Конрад установили, что линзы льда, препятствующие миграции влаги в мерзлую зону, образуются сразу за фронтом промерзания, в пределах каймы промерзания высотой несколько миллиметров [6,7].

Капиллярное поднятие воды в грунтах происходит под действием поверхностной энергии минеральных частиц грунта и, следовательно, зависит от их удельной поверхности. За толщину слоя капиллярного поднятия воды принимается расстояние от уровня подземной воды до горизонта, где влажность глинистого грунта не превышает влажности на границе раскатывания.

Характеризуя грунты по видам и разновидностям, можно отметить, что в песках крупных и средней крупности удельная поверхность частиц сравнительно небольшая, поэтому в этих песках почти не наблюдается капиллярного поднятия воды. Пески мелкие и пылеватые имеют большую дисперсность по сравнению с песком крупным, и вследствие взаимодействия удельной поверхности минеральных частиц с водой капиллярное поднятие в природных условиях наблюдается на высоту от 0,3 до 0,5 м. В супесях высота капиллярного поднятия достигает от 0,5 до 1 м, в суглинах – до 1,5 и глинах – до 3 м [14].

Так или иначе, степень пучинистости, зависит от уровня подземных вод, водонасыщенности грунта и толщины слоя капиллярного поднятия, что непосредственно, связано с миграцией влаги в грунтах.

Основным условием пучения любого грунта служит превышение общего объема замерзшей и незамерзшей (при данной отрицательной температуре) воды, аккумулированной в массиве промерзшего грунта, над объемом свободных от воды пор немерзлого грунта того же массива. Количество замерзшей воды, вызывающей пучение грунта, определяет так называемое избыточное льдовыделение. Пучения грунта не будет, если объем свободных от воды пор равен или больше приращения объема замерзшей воды. Поэтому миграция воды в грунтах сезоннопромерзающих грунтах определяет характер и интенсивность процесса пучения [65].

В разные годы было предложено несколько теорий посвященных миграции воды в промерзающих грунтах и обусловленного ею морозного пучения грунтов. От капиллярной теории пор замерзания (Штукенберга, 1885), согласно которой причиной морозного пучения грунтов является миграция влаги в сторону промерзания вследствие подъема воды по капиллярам, до «теории осмотических давлений» и «теории сил всасывания». В настоящее время наиболее распространенной является адсорбционно-пленочная теория, основанная на совокупном действии нескольких процессов [25].

Миграция воды в грунтах — явление очень сложное. На процесс миграции оказывают влияние многие факторы, среди которых:

гранулометрический и химико-минералогический состав грунтов; гидрофильность грунта; начальная влажность и наличие подтока воды извне к промерзающему грунту; плотность грунта; скорость и время промерзания; температура среды, при которой замерзает вода в грунте; величина приложенной нагрузки (давление); повторность циклов замерзания и оттаивания и др. [92].

Миграция наблюдается только в гидрофильных (смачивающихся водой) замерзающих системах.

Отмечено, что наиболее интенсивная миграция происходит в грунтах с малой скоростью промерзания и с высоким содержанием пылеватых фракций (размер частиц 0,05...0,005). В природных условиях грунты, имеющие в своем составе преобладающую (более 50%) пылеватую фракцию, характеризуются высоким капиллярным поднятием и, следовательно, легкой отдачей воды и быстрым ее поглощением. Структурная связность этих грунтов очень слабая. Именно такие физические свойства грунтов создают наиболее благоприятные условия для льдовыделения в промерзающем грунте (пучение) [23].

Что касается глинистых грунтов, то наличие в их составе большого количества коллоидных частиц сильно затрудняет передвижение воды по капиллярам, что возможность большого накопления льда, образующегося за счет резко ограничивает подтягивания воды по капиллярам из нижних слоев грунта к фронту промерзания. Кроме того, мелкодисперсные глинистые грунты обладают большой удельной поверхностью частиц и за счет поверхностной энергии притягивают к себе воду. Таким образом, эти грунты затрудняют передвижение воды по тонким капиллярам к слою промерзания и, следовательно, уменьшают возможность накопления линз и прослоек льда [23].

В связных (глинистых) грунтах механизм пучинообразования обусловлен сложным комплексом процессов тепловлагообмена, основная роль в которых принадлежит их кинетике и характеру перераспределения связанной (пленочной) влаги в промерзающем грунте.

Наличие в глинистых и пылевато-песчаных грунтах связанной воды обуславливает процесс миграции жидкой фазы, выражающийся в

перераспределении влаги начального содержания и накоплении ее в промерзающем грунте вследствие поступления из смежных немерзлых зон. Криогенная миграция воды оказывает доминирующее влияние как на льдовыделение, так и на пучение грунтов [65].

В крупносkeletalных промерзающих грунтах (крупнообломочные грунты с песчаным заполнением, пески крупные и средние) миграция практически отсутствует, что объясняется малой величиной удельной поверхности, наличием фильтрационных и других свойств (при любом положении уровня подземных вод). При промерзании таких грунтов происходит, так называемый «поршневой эффект» - перемещение воды из промерзающего слоя за счет гидростатических сил, которые развиваются вследствие увеличения объема воды при замерзании, и не замерзшая еще вода перемещается от фронта промерзания, т.е. отжимается. В несвязных крупнозернистых грунтах (пески, крупнообломочные породы с песчаным заполнителем) механизм морозного пучения может быть представлен моделью увеличения объема гетерогенной системы за счет расширения воды (при фазовом переходе) [23].

Также определяет характер пучения глубина и скорость промерзания грунтов, которые определяются климатическими факторами и зависят от значений отрицательной температуры наружного воздуха, от величины снегового покрова, теплоизоляции грунта, наличия покрытий, солнечной радиации, от смен холодной погоды на оттепели. Глубина и скорость промерзания грунтов являются важными факторами в процессе их морозного пучения и зависят также от вида грунтов и их природной влажности.

Существенное влияние скорости перемещения фронта промерзания на деформации пучения экспериментально подтверждено опытами Л.Б. Ганелеса, Ю.Р. Оржеховского, М.М. Юрганова, Л.В. Шевченко, В.Я. Лапшина и др. (рис. 2.1) [14].

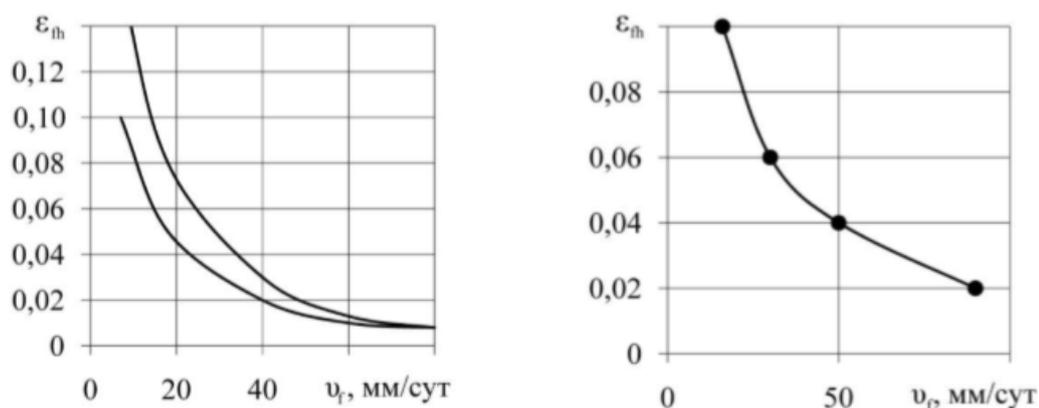


Рисунок 2.1 - Зависимость относительных деформаций пучения ε_f от скорости промерзания образцов v_f по данным: а -- Л.Б. Ганелеса и др. [10], б -- Л.В. Шевченко и В.Я. Лапшина [26].

Глубина промерзания зависит также от снегового покрова, теплоизоляции грунта, наличия покрытий. Величина глубины промерзания грунтов оказывает большое влияние на вспучивание дневной поверхности грунта. Значения количественных характеристик морозного пучения грунтов зависят от скорости промерзания, а скорость, в свою очередь, зависит от значений отрицательной температуры наружного воздуха [14].

Наблюдениями за глубиной промерзания грунтов установлено, что влажные глины и суглинки промерзают примерно на 20 % меньше, чем супеси, пески мелкие и пылеватые, а пески крупные и крупнообломочные грунты промерзают еще больше, чем супеси и пылеватые пески. Экспериментально установлено, что чем меньше скорость промерзания, тем больше величина пучения и, наоборот, при больших скоростях промерзания величина вспучивания грунта меньше [14].

На величину вспучивания оказывает влияние коэффициент фильтрации глинистого грунта, который обуславливает подток количества влаги к фронту промерзания. В образцах, замерзающих при большой скорости промерзания, визуально не наблюдается образования ледяных включений в виде прослоек и линз, следовательно, грунт незначительно ухудшает свои физические свойства при оттаивании. При малой скорости промерзания грунта происходит формирование льдистой текстуры, сопровождающееся повышенным

накоплением ледяных включений в нем за счет миграции воды из нижележащих слоев талого грунта. Такие грунты при оттаивании резко ухудшают свои физические свойства [14].

Помимо природных факторов интенсивность пучения зависит также от геотехнических факторов, связанных с обустройством осваиваемой территории и возводимых на ней сооружений, нагрузкой на грунты от сооружений и др. [14].

Вышерассмотренные факторы обуславливают проявление свойств пучинистых грунтов, выражающееся в увеличении объема при замерзании и уменьшении при оттаивании. Этот процесс причиняет серьезные повреждения фундаментам строящихся зданий и сооружений вообще и в особенности малонагруженным фундаментам в период эксплуатации [14].

2.3 Количественные характеристики степени пучинистости

При выявлении на площадке строительства пучинистых грунтов необходимо оценить степень воздействия этих грунтов на проектируемое здание, строение, сооружение. Расчет сил морозного пучения представляет собой сложную инженерную задачу, при которой необходимо проводить лабораторные или полевые исследования грунтов по определению степени пучинистости [65].

К основным характеристикам деформируемости промерзающего грунта относятся величина морозного пучения и ее производная – интенсивность [65].

Под величиной пучения h_{fi} некоторой точки поверхности грунта, промерзшего на глубину d_i , принято понимать высоту перемещения этой точки относительно ее исходного положения в предзимний период. Величина пучения d_{if} элементарного слоя $d(d_f)$ характеризует интенсивность пучения f (доли единицы), под которой понимается способность грунта в условиях льдообразования деформироваться в отдельной "точке" массива [65].

Значение f представляет собой дифференцированную по глубине пучающегося слоя алгебраическую сумму деформаций грунта за счет перемещения его вверх по нормали к фронту промерзания (деформация пучения

h_{f0}) и одновременной усадки его вниз ($-s_f$) вследствие консолидации подстилающего немерзлого слоя грунта [65]:

$$f = dh_{f0}/d(d_f) - ds_f/d(d_f) \quad (2.1)$$

Из уравнения (2.1) следует, что

$$h_f = h_{f0} - s_f \quad (2.2)$$

В практических целях нередко используют значение средней интенсивности пучения:

$$f = h_{fi}/d_i \quad (2.3)$$

которая графически представляет прямоугольную эпюру $0\ abc/$

Отметим, что значение f является аналогом часто встречающихся в литературе терминов "относительное пучение" или "коэффициент пучения".

В данной работе степень пучинистости характеризуется относительной деформацией пучения и, согласно действующему нормативному документу ГОСТ 28622-2012 [36], степень пучинистости грунта следует определять по значению относительной деформации морозного пучения.

Характеризовать степень пучинистости возможно также по значению модуля морозного пучения. Под модулем морозного пучения m_f понимается величина пучения, отнесенная к слою морозоопасного талого грунта мощностью 1 м. Значение m_f определяется на основании экспериментальных данных о пучении по формуле [65]:

$$m_f = 100h_{fi}/d_{0i}, \quad (2.4)$$

где d_{0i} - мощность слоя немерзлого грунта, м, вызывающего деформацию пучения величиной h_{fi} , м.

Численно модуль пучения равен:

$$m_f = 100\bar{f}/(1-\bar{f}), \quad (2.5)$$

Силы, действующие на фундамент при морозном пучении грунта, бывают значительными, и пренебрегать этим явлением нельзя. Силами морозного пучения называют силы воздействия пучащегося грунта на фундамент. Эти силы по направлению их к поверхности фундамента делят на касательные и нормальные [65].

Неравномерное промерзание и пучение грунта может вызвать одностороннее боковое давление на фундамент, которое в отдельных случаях способно подвергнуть сооружение горизонтальным смещениям. Промерзание пучинистых грунтов под фундаментом (сооружением) обуславливает развитие нормальных сил пучения у его подошвы [65].

Под нормальными силами понимают силы, действующие перпендикулярно к подошве и боковым поверхностям фундаментов или перпендикулярно поверхности фундамента, заложенного в грунт сооружения (трубопровод, стенки канала и пр.) [65].

В основном эти силы определяются среднеинтегральным значением собственно сил пучения на площади промерзающего массива, значительно превышающей площадь подошвы фундамента. Величина сил пучения, нормальных к подошве фундамента, может достигать 0,5 - 1 МПа (5 - 10 кгс/см², а в отдельных случаях и до нескольких десятков кгс/см²). Нормальные силы пучения могут быть вертикальными, горизонтальными и наклонными [65].

Главными факторами, обуславливающими величину нормальных сил морозного пучения, являются: состав грунта и физико-механические его свойства; условия промерзания грунта; форма подошвы фундамента; действующее давление по подошве фундамента [23].

Сопrotивление смещению слоя мерзлого грунта относительно боковой поверхности фундамента обуславливает касательные силы пучения. Под касательными силами понимают силы, направленные вдоль поверхности фундамента. Величина этих сил возрастает по мере увеличения площади контактных связей мерзлого грунта с фундаментом [65].

В случае касательных сил грунт примерзает к боковым стенкам фундамента, поднимая их за счет сил бокового трения, образовавшихся при смерзании. Примерзнув к стенкам фундамента, вспучивающийся грунт тоже старается поднимать фундамент, расслаивая его на части. Нужно отметить, что эти силы бывают очень большими и достигают 5 — 7 т на квадратный метр

боковой поверхности фундамента, хотя, зачастую, величина касательных сил не превышает 0,1 - 0,2 МПа (1 - 2 кгс/см²) [65].

Нормативную величину касательных сил пучения характеризует среднеинтегральное тангенциальное усилие, при котором наступает предельное равновесие сил, действующих на фундамент перед его выпучиванием [65].

Удельные касательные и нормальные силы пучения определяют по ГОСТ 27217 [35] и СП 25.13330.2012 [83].

2.4 Существующие приборы и методики исследований

В ходе исследования степени пучинистости автором был выполнен обзор существующих полевых и лабораторных методов определения степени пучинистости, а также обзор не только отечественных, но и зарубежных приборов и методик исследования степени пучинистости грунтов.

2.4.1 Полевые методы

Очевидно, что наиболее достоверные данные о степени пучинистости грунтов могут быть получены на основе полевых испытаний на площадке строительства. Здесь грунты находятся в естественном состоянии, где не нарушается их сложение, не изменяются физические характеристики и воздействие внешних факторов.

Полевые исследования пучинистых свойств промерзающих грунтов проводятся в соответствии с рекомендациями [10].

При этом деформации морозного пучения грунтов определяются посредством инструментальных наблюдений за положением поверхностных и глубинных реперов(марок), а также пучиномеров согласно инструкциям, разрабатываемым ведомственными организациями, или в соответствии с техническим заданием и детальностью обследования территории застройки [65].

В настоящее время разработано несколько методов и установок оценки сил пучения в полевых условиях. Все установки содержат общие конструктивные элементы: опытный фундамент, воспринимающий силы пучения, анкерные опоры, обеспечивающие противодействие силам пучения, и

силоизмерительное устройство с упругим элементом, по деформациям которого определяется сила пучения [11].

Известны конструкции опытных установок: Игарской мерзлотной станции (авторы Вялов С.С., С.Г. Цветкова и др.), установки НИИ оснований (автор А.В. Садовский) и (А. М. Пцелинцев) и другие. Наиболее удачной, по результатам испытаний, оказалась полевая установка для определения касательных сил морозного выпучивания фундаментов разработанная В.О. Орловым и И.В. Шейкиным [11].

Также, среди полевых методов, выделяются два принципиальных подхода к фиксации сил пучения: непосредственным замером сил пучения с помощью динамометра или протарированной балки (схема В.Ф. Жукова, рис. 2.2, а) и уравнивающей нагрузкой, которой догружается опытный фундамент по мере увеличения глубины промерзания грунта и возрастания сил пучения таким образом, чтобы предотвратить его перемещение. Величина этой нагрузки равна суммарному значению сил пучения на каждом этапе наблюдений (схема Н.И. Быкова, рис. 2.2, б) [11].

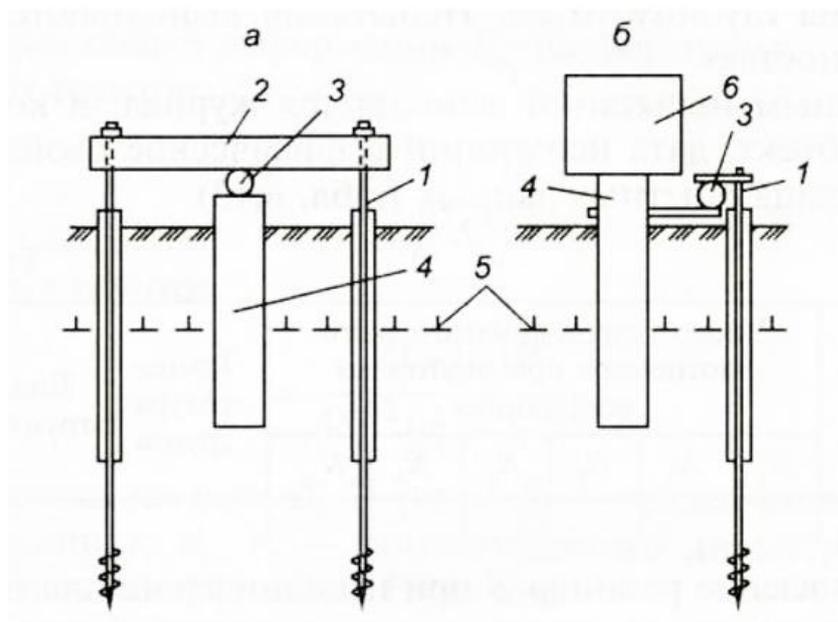


Рисунок 2.2 - Схемы установок для определения сил морозного пучения грунтов: а — по В.Ф. Жукову, б — по Н.И. Быкову; 1 — анкеры; 2 — балка; 3 — индикатор; 4 — опытный фундамент; 5 — граница промерзания на момент времени в процессе испытания; 6 — груз [11].

Величину деформаций, возникающих в результате пучения грунтов, используются различные датчики и приборы, основным назначением которых является определение линейных размеров деформирующейся породы. Все приборы можно разделить на две группы [11].

В первую входят те измерители, позволяющие оценивать деформации непосредственно, т.е. прямым методом (линейка, штангенциркуль, мессура и др.) [11].

Во вторую группу объединяются все измерительные устройства и приборы, регистрирующие деформации косвенными методами. К наиболее распространенным из них относятся тензометрические датчики деформации, представляющие собой проводники тока, уложенные спиралью и приклеенные на гибкую основу. При растяжении или сжатии этой основы деформируется и спираль, что вызывает изменение ее электрического сопротивления. Тензометрический датчик крепится на деформирующуюся породу. По такому же принципу определяют деформации с помощью пьезокристаллов, в которых при деформировании возникает ЭДС. Однако тензометрические датчики и пьезокристаллы, имея высокую точность измерения, применимы лишь при небольших по абсолютной величине деформациях и в промерзающих грунтах используются только в специальных терморезисторных динамометрах для измерения механических напряжений [11].

Существуют методы измерения деформаций без нарушения сплошности пород (т.е. без введения в грунт или контакта с ним датчиков деформаций). К ним относятся: ультразвуковое просвечивание пород, лазерный метод, гаммаскопия и др. Эти методы могут фиксировать малейшие изменения структуры породы при деформировании. Однако полученные с их помощью данные очень сложны в интерпретации.

Для определения сил пучения в полевых условиях, согласно одной из методик, подразумевается оборудование площадки для комплексного определения деформаций и сил пучения (рис. 2.3) [11].

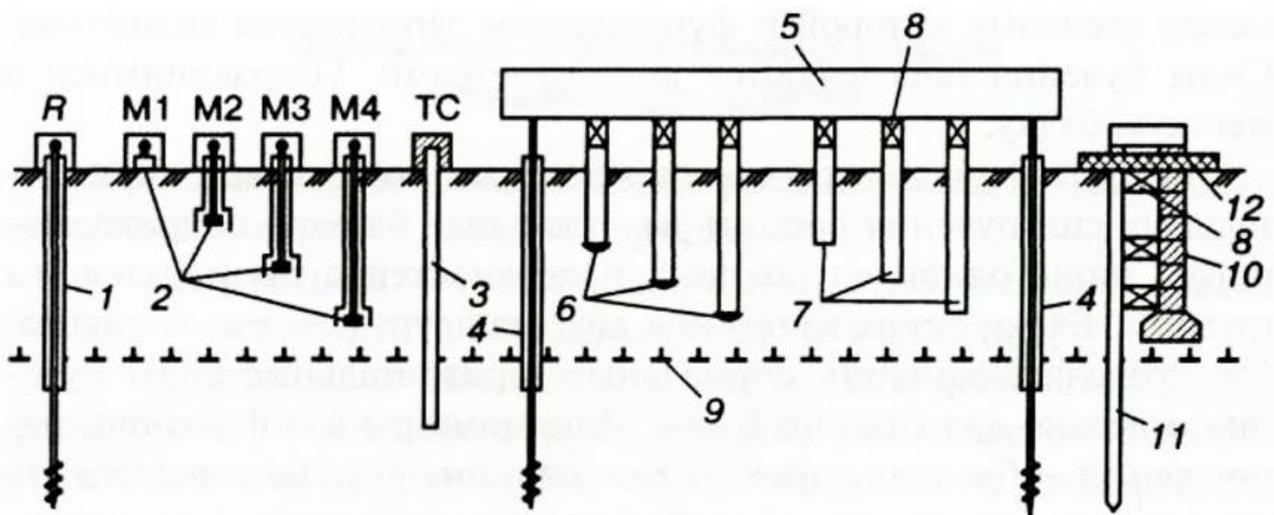


Рисунок 2.3 - Схема оборудования опытной площадки для определения деформаций и сил пучения: 1 — репер; 2 — марки; 3 — термометрическая скважина; 4 — анкер; 5 — балка; 6 — опытные фундаменты с изолированным торцом для определения касательных сил пучения; 7 — опытные фундаменты с изолированной боковой поверхностью для определения нормальных сил пучения; 8 — динамометры; 9 — граница промерзания; 10 — опытный фундамент для определения горизонтальных сил пучения; 11 — опора для динамометров; 12 — крышка шурфа [11].

Размер площадки должен быть не менее $20 \times 20 \text{ м}^2$. Площадка удаляется от строений и насаждений не менее чем на 10 м. Она оборудуется тремя однотипными установками и реперами. Деформации пучения удобно измерять нивелированием марок, которые представляют собой металлический диск диаметром 100 мм и толщиной 8—10 мм, приваренный к стержню, длина которого на 100 мм превышает глубину заложения марки. Стержень пропускается через обсадную трубу, заполненную солидолом. В нижней части обсадной трубы предусматривается зазор, обеспечивающий свободное перемещение марки в условиях проявления максимального выпучивания. Конец стержня должен выступать над поверхностью грунта примерно на 100 мм и иметь наконечник, оборудованный для возможности установки нивелировочной рейки (например, жестко закрепленный металлический шарик). Каждый наконечник защищается от атмосферных воздействий и механических повреждений металлическим коробом с крышкой. Комплект марок обеспечивает послойное определение деформаций пучения в пределах всего слоя сезонного

промерзания с интервалом не более 300 мм. В пределах опытной площадки устанавливается несколько термометрических скважин. Фрагменты фундаментов для определения касательных и нормальных сил пучения выполняют в виде одиночных опор, чаще всего бетонных и железобетонных свай квадратного сечения. При определении касательных сил пучения шероховатость боковой поверхности моделей соответствует шероховатости фундаментов проектируемых сооружений. Торцы моделей изолируются от соприкосновения с грунтом, для чего под торец закладывают резиновые шары, из которых после установки модели удаляется воздух. В моделях, предназначенных для определения нормальных сил пучения, боковая поверхность изолируется от соприкосновения с промерзающим грунтом. Наиболее удобным способом такой изоляции является установка обсадной трубы, пространство между стенками которой и фундаментом заполняется солидолом. Силы пучения определяются динамометрами, упирающимися в жесткую балку. Модель фундамента для определения нормальных горизонтальных сил пучения состоит из отдельных блоков, соприкасающихся лишь одной из боковых поверхностей с промерзающим грунтом. Блоки устанавливаются друг на друга по слою солидола, что позволяет замерять нормальные горизонтальные силы пучения отдельно для каждого блока. Динамометры для фиксации напряжений, обусловленных этими силами, устанавливаются по высоте модели в специально оборудованной траншее. Они упираются в анкерную сваю. При проектировании конструктивных элементов установки необходимо рассчитывать их на действие ожидаемых сил пучения с учетом возможного превышения в 1,5—2 раза. Упорные элементы опытной установки проектируются с таким расчетом, чтобы деформация, а, следовательно, и максимальное перемещение опытного фундамента были минимальными и не превышали 5—6 мм. Установка монтируется за 2—3 месяца до начала сезонного промерзания грунтов [11].

При данных испытаниях фиксируют: глубину промерзания, температуру грунта, температуру воздуха, уровень грунтовых вод, определяют основные физические свойства грунта (плотность, влажность, гранулометрический

состав). Регулярно контролируют устойчивость анкерных опор и опытного фундамента. Наблюдения за силами пучения начинаются с наступлением морозного периода и продолжаются с частотой 4—5 раз в декаду. Наблюдения за перемещением марок проводят 2—3 раза в месяц. В такие же сроки фиксируют глубину промерзания грунта. Для этого помимо замеров температуры в скважинах используются мерзлотомеры (например, Данилина, Ротомского). Глубина промерзания может определяться также бурением. Температура грунта замеряется в термометрических скважинах вытяжными ртутными термометрами, термопарами или электротермометрами сопротивления. Температуру грунта необходимо замерять на глубинах 20, 50, 100, 150 см и далее через 1 м, а также на уровне подошвы каждой модели фундамента. Влажность и плотность грунтов определяются в образцах, отобранных через 0,5 м до и после промерзания грунта. На таких площадках целесообразно выполнять многолетние наблюдения [11].

2.4.2 Лабораторные методы

Анализируя полевые методы испытаний грунтов на пучинистость, можно заметить, что такие испытания длительны и трудозатратны, в то время, когда при проведении инженерно-геологических изысканий, зачастую необходимо быстро получить информацию о степени пучинистости. В таких случаях лабораторные методы являются своего рода экспресс-методом, в котором моделируются условия, максимально приближенные к естественным.

В отечественных нормативных документах в качестве классификационного показателя пучинистых грунтов используется величина относительных деформаций морозного пучения ε_f [34,36].

Общеизвестно, что деформации пучения зависят от действующего на образец давления. Кроме того, ε_f является функцией двух скоростей - миграции влаги из намёрзлой зоны в зону промерзания и перемещения фронта промерзания. Первая из них определяется главным образом свойствами грунта (дисперсностью, влажностью, плотностью и др.), вторая - градиентом

температуры. Чем медленнее промерзает слой грунта, тем больший объем влаги мигрирует к фронту промерзания, вызывая большее пучение [12,13].

Лабораторные исследования пучинистых свойств грунтов проводятся в соответствии с рекомендациями [10], а также с использованием методики, приведенной в [36].

Для испытаний пучинистых грунтов в лабораторной практике чаще всего используют конструкцию, показанную на рис. 2.4.

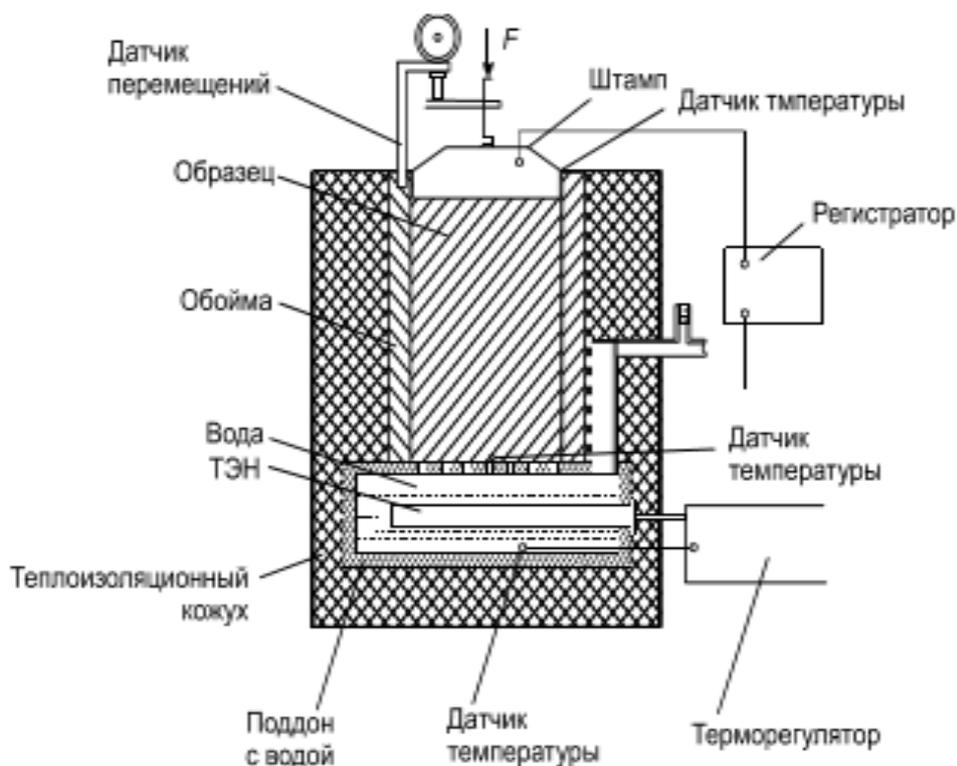


Рисунок 2.4 - Схема наиболее распространенной конструкции приборов для определения морозного пучения грунтов [8].

Образец помещают в обойму, составленную для снижения сил трения из отдельных колец. Снизу образец подпитывают водой через слой капиллярно-пористого материала. Прибор покрывают теплоизолирующим слоем и помещают в морозильную камеру. В ходе опыта на верхнем торце образца поддерживают отрицательную температуру, а на нижнем -- положительную, то есть промораживание образца происходит, как и в природных условиях, сверху вниз. Нагрузка на образец передается через поршень, за подъемом которого

следят с помощью датчика перемещений. Прибор снабжают несколькими датчиками температуры, позволяющими наблюдать за ходом промерзания образца [8]. Существует множество доработок данной конструкции. Интересное решение использовано в приборе К. Куялы [107], в котором с целью снижения сил трения днище сделано подвижным относительно гильзы (рис. 2.5.).

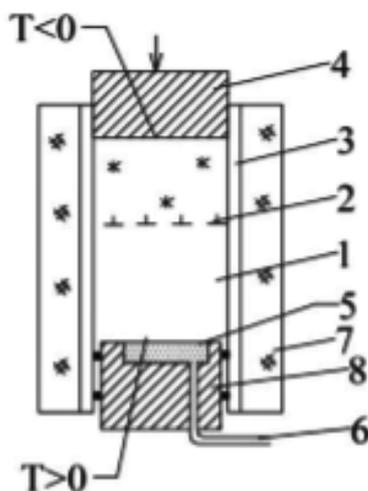


Рисунок 2.5 - Схемы приборов для определения морозного пучения грунтов: б - прибор с подвижным [106]. Условные обозначения: 1 - образец; 2 - фронт промерзания; 3 - гильза; 4 - поршень; 5 -- пористое вещество; 6 - трубка для подачи воды; 7 - теплоизоляция; 8 - подвижное днище

Для изучения пучинистых свойств грунтов ранее применялся специальный лабораторный прибор ИПГ-4 (измеритель пучинистости грунтов четвертой модели) (Лапшин и др., 1979), который представляет собой компактное устройство из термокамеры и электронного терморегулятора ЭТР-2 (рис. 2.6) [11].

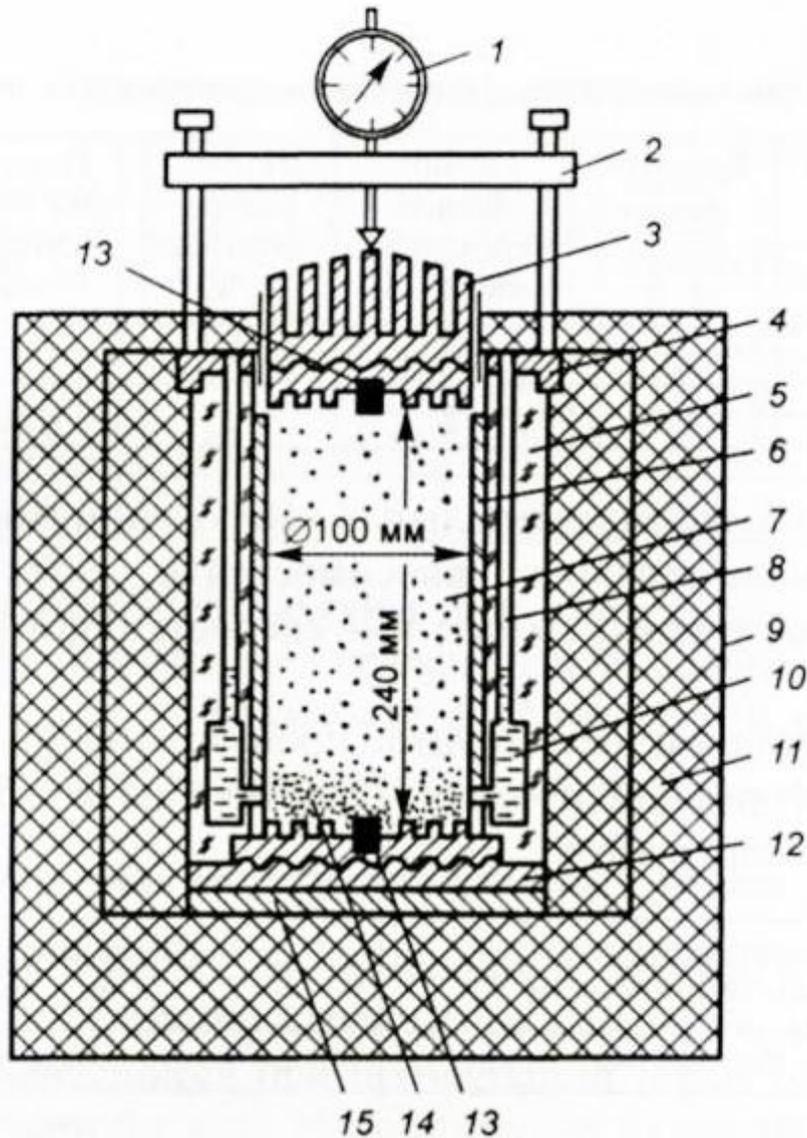


Рисунок 2.6 - Измеритель пучинистости грунтов (ИПГ-4): 1 — индикатор деформаций грунта; 2 — штатив; 3 — верхний радиатор игольчатого типа; 4 — съемное кольцо; 5 — разборная обойма для образца грунта; 6 — слой технического вазелина; 7 — образец грунта; 8 — капиллярные трубки для подачи воды в образец; 9 — кожух термокамеры; 10 — внешний источник воды; 11 — термоизоляция; 12 — нижний радиатор игольчатого типа; 13 — термоэлемент; 14 — влагонасыщенный песок; 15 — днище обоймы [11].

Данный прибор позволяет создавать условия для одномерного промораживания грунтов в широком спектре температур с возможностью визуального наблюдения за процессом деформирования через прозрачную боковую стенку прибора. Деформации поверхности грунта измеряются индикатором деформаций. Термостатирование верхнего и нижнего торцов

грунта производится с помощью нагревательных элементов. Температурный режим в промораживаемых образцах задается и поддерживается электронным терморегулятором. Датчиком для измерения температуры служит терморезистор. Здесь исследования пучинистости грунтов проводятся при влажности, оптимальной для развития пучения, соответствующей капиллярному водонасыщению для глинистых грунтов при влажности верхнего предела пластичности. В течение опыта определяется глубина промерзания визуально через прозрачную стенку обоймы и по показаниям температурных датчиков. Одновременно фиксируется величина пучения поверхности образца по показаниям индикаторов[11].

А.Л. Невзоровым (Заведующий кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов (ИГОиФ) Северного (Арктического) федерального университета (САФУ) им. М.В. Ломоносова, д.т.н., профессор, г. Архангельск) был создан прибор, позволяющий промораживать образцы с любой заданной скоростью, а также останавливать фронт промерзания для наблюдения за ростом линз льда [19]. Его принципиальная схема показана на рис. 2.7. Образец диаметром 100 мм и высотой 150 мм помещается в пластмассовую обойму, собранную из отдельных колец. Нагрузка на него создается с помощью компактного редуктора конструкции ПНИИИС. Нижняя часть прибора (на всю высоту образца) размещается в утепленной емкости. Все устройство устанавливается в холодильную камеру. В ходе опыта прибор поднимается с заданной скоростью из утепленной емкости. Как показали испытания, если температуру в холодильной камере поддерживать в интервале от минус 5 до минус 7 °С, а в утепленной емкости -- от плюс 3 до плюс 5 °С, то температура верхнего торца будет близка к минус 4 °С, фронт промерзания будет удерживаться на уровне верха утепленной емкости, а скорость промерзания определится темпом подъема образца [19].

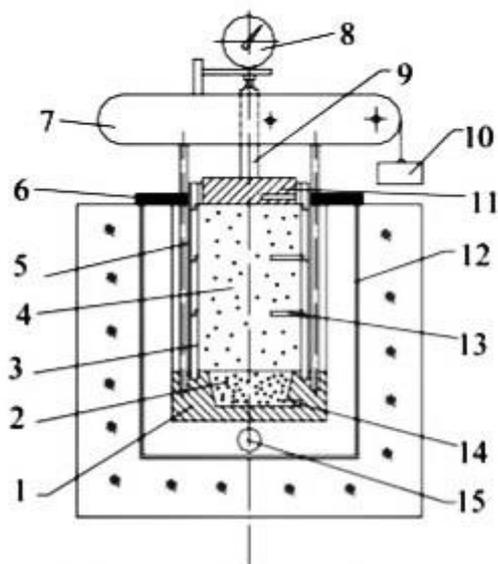
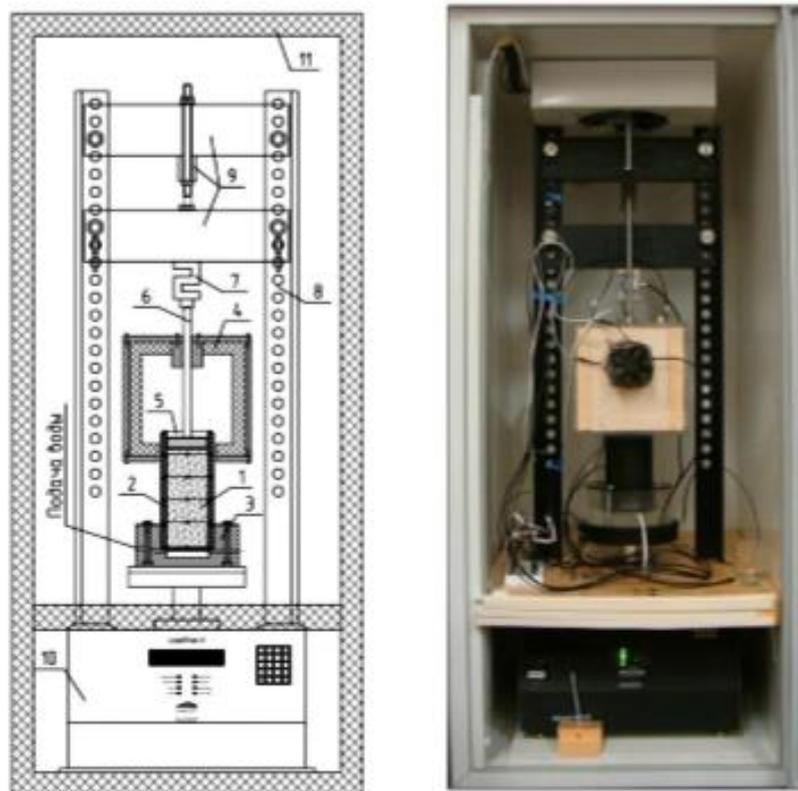


Рисунок 2.7 - Схема прибора А.Л. Невзорова [19], 1 -- поддон; 2 -- песок; 3 -- обойма; 4 -- образец; 5 -- стойка; 6 -- зажим; 7 -- редуктор; 8 -- индикатор перемещений; 9 -- шток; 10 -- груз; 11 -- поршень; 12 -- емкость с теплоизоляцией; 13 -- датчик температуры; 14 -- трубка для подачи воды; 15 -- нагревательный элемент

В результате тестовых экспериментов в 2012 году, В.А. Шорин, Г.Л. Каган, и А.Ю. Вельсовский, получили два патента на совместно разработанную конструкцию лабораторной установки для исследования морозного пучения грунтов. Суть первого изобретения заключается в том, что прибор располагается в холодильнике при температуре от 0 до плюс 2 °С, а промораживание образца достигается за счет перемещения небольшой морозильной камеры сверху вниз вдоль образца с заданной скоростью. Второе изобретение направлено на имитацию подпитки образца водой в природных условиях, когда уровень грунтовых вод расположен существенно ниже фронта промерзания. Для этого в камере с водой у нижнего торца образца с помощью вакуум-насоса поддерживается давление ниже атмосферного. Изложенные идеи реализованы авторами в лабораторной установке, показанной на рис. 2.8 [21].



а

б

Рисунок 2.8 - Автоматизированная лабораторная установка для определения морозного пучения: а - схема установки; б - фотография установки. Условные обозначения: 1 - образец грунта; 2 - обойма из колец; 3 - поддон; 4 - морозильная камера; 5 - поршень; 6 - шток; 7 - датчик усилия; 8 - стойки; 9 - балки; 10 - нагрузочная рама LoadTrac II; 11 - холодильная камера [21].

Среди особенностей, усовершенствованной сотрудниками ВоГУ технологии, при проведении испытаний на морозное пучение отмечается изготовление образцов грунта вне формы, в которой проводят испытание. Это позволяет в процессе исследований исключить влияние сил трения по боковой поверхности образцов на величину морозного пучения. Также, согласно предложенной технологии, испытания проводятся с образцами при полном их водонасыщении и в процессе испытаний горизонт воды практически совпадает с границей промерзания [27].

Среди последних отечественных запатентованных изобретений приборов для определения степени морозного пучения грунта широко известна

конструкция ООО НИПСФ "АБИК", а также конструкция прибора, патентообладателем которого является ООО «НПП "Геотек"».

НИПСФ "АБИК" получен патент на «Способ определения степени морозного пучения от давления фундамента на грунт» №2281995, опубл.20.08.2006г., Бюл. №23. На основании патента на полезную модель №25518 и патента на изобретение №2281995 фирмой разработан стандарт организации по «Определению степени пучинистости грунта от давления в лабораторных условиях» и рабочие чертежи на промышленную установку для определения величины пучения от давления с автоматическим контролем за процессом промораживания образцов с грунтом и давлением морозного пучения в образцах с грунтом при неизменяемом их объеме через персональный компьютер, а так же за величиной пучения образцов с грунтом при давлениях 20 и 50 кПа. Согласно данному стандарту осуществляется эксплуатация данного прибора. Схема устройства ООО НИПСФ "АБИК" устройство состоит из узлов, приспособлений и инструментов, приведена на рис 2.9 [92].

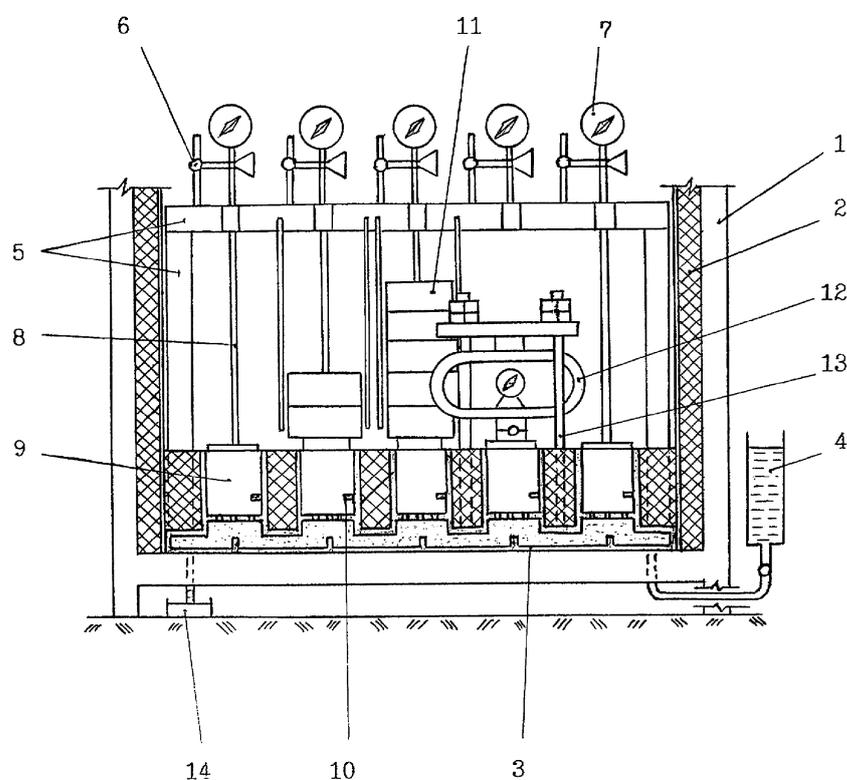


Рисунок 2.9 - Конструкция прибора состоящая из следующих узлов, приспособлений и инструментов: 1 - холодильный шкаф; 2 – теплоизоляция; 3 - поддон с песком; 4 – сосуд с

водой; 5 – каркас; 6 - штативы; 7- мессуры; 8 - штоки; 9 - образцы грунта; 10 - термодары; 11 – грузы, обеспечивающие давление 20 кПа; 12 – динамометры; 13 – болты [92].

Учитывая опыт предыдущих исследований, в ООО «НПП «Геотек»» с целью повышения точности контроля положения фронта промерзания и автоматического регулирования температуры на верхнем и нижнем торцах образца грунта разработана новая конструкция прибора для испытаний на морозное пучение (рис. 2.10) [8]:

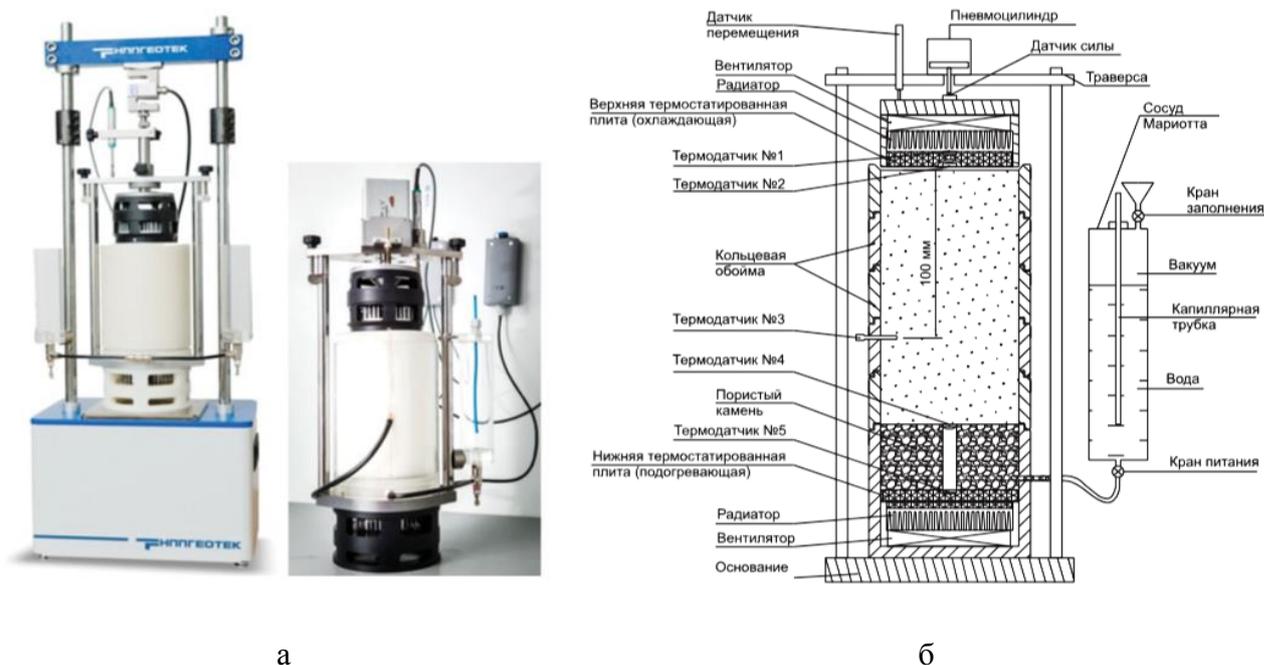


Рис. 2.10 - Конструкция нового прибора для испытаний грунтов на морозное пучение: а — общий вид двух вариантов установки; б — схема установки [8].

Новый прибор для испытаний грунтов на морозное пучение разработан в двух вариантах. Первый предполагает использование стандартного устройства силового нагружения, в которое устанавливается рабочая камера. Во втором варианте силовое нагружение внешней нагрузкой выполняется с использованием пневмоцилиндра, что привело к минимизации размеров установки [8].

Новая установка позволяет проводить испытания в полностью автоматическом режиме, не требуя участия оператора. Рассматриваемый прибор позволяет автоматически определять температуру начала кристаллизации

поровой воды без выполнения предварительных испытаний, что существенным образом упрощает его практическое использование. Введение в конструкцию прибора двух термоэлектрических модулей на основе элементов Пельтье дает возможность управлять температурой в диапазоне от плюс 1 до минус 4 °С с точностью $\pm 0,1$ °С при заданной температуре плюс 1 °С в холодильной камере. Следует отметить, что первые конструкции установок с управлением поля отрицательной температуры при помощи элементов Пельтье были предложены ранее рядом исследователей [102, 105].

Разработанная ООО «НПП «Геотек»» конструкция прибора для испытаний грунтов на морозное пучение соответствует требованиям не только ГОСТ 28622, но и стандартов США (ASTM D 5918) и Великобритании (BS 812-124), что позволяет испытывать образцы как на промерзание, так и на оттаивание[8].

Существующие зарубежные методики, в отличие от отечественных методик, где в качестве классификационного показателя пучинистых грунтов используется величина относительной деформации пучения, используют скорость пучения грунта (Американская методика), являющаяся более надежным показателем, что в российской практике изысканий не применяется [8].

Также в стандартах США (ASTM D 5918 [103]) и Великобритании (BS 812-124 [104]) предусматриваются испытания не только на морозное пучение, но и на оттаивание [8].

Следует отметить, что в ГОСТ 28622 нет указаний области применения этого документа. Косвенно можно судить, что его основное назначение заключается в классификации грунтов по степени пучинистости для заглубленных в грунт зданий и сооружений. Это следует из температуры испытаний: в ГОСТ 28622 — до минус 4 °С, в ASTM D5918 и BS 812-124 — до минус 18 °С при промерзании и до плюс 15 °С при оттаивании.

В указанных иностранных стандартах рекомендуется проводить испытания одновременно нескольких образцов: в ASTM D 5918 — четырех, в BS

812-124 — девяти, так же, как и в работах [3, 4, 5]. Схема установки для испытаний по стандарту Великобритании показана на рис. 2.11. Измерение температуры внутри образцов грунта в BS 812-124 [104], как и в ГОСТ 28622 [36], не предусмотрено.

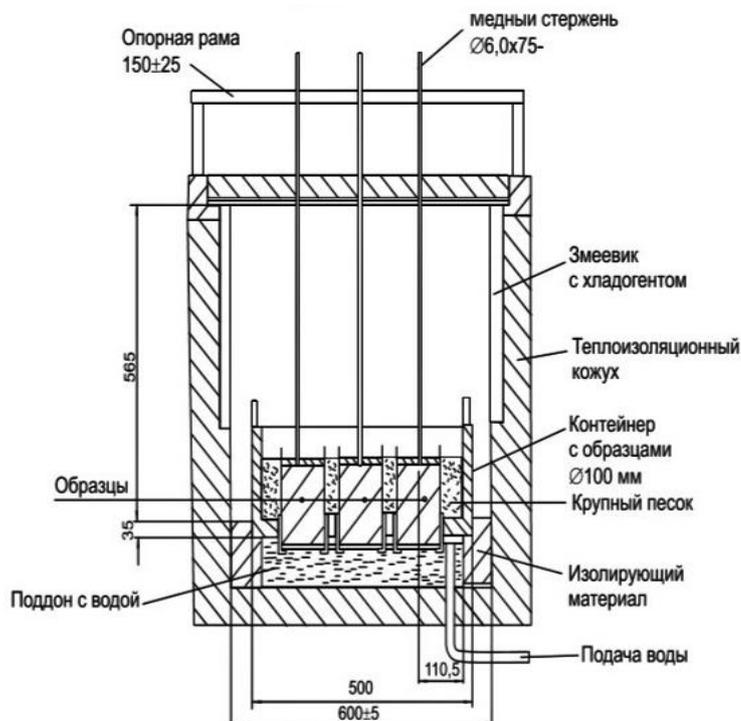


Рисунок 2.11 - Схема испытаний грунтов на промерзание-оттаивание по BS 812-124 [103].

На рис. 2.12 приведена схема установки для испытаний грунтов в соответствии с требованиями ASTM D 5918 [104]. В этом стандарте процесс промерзания грунта контролируется датчиками температуры на нескольких уровнях по высоте образца.

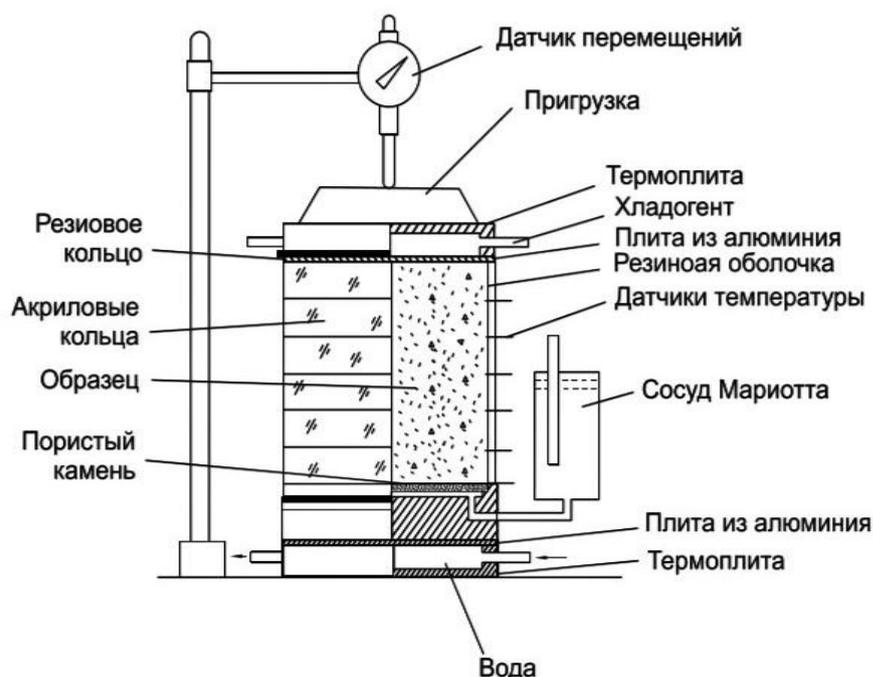


Рис. 2.12 - Схема установки для испытаний грунтов на промерзание-оттаивание по ASTM D 5918 [103].

Еще одной из отличительных особенностей стандарта США является наличие методики определения температуры начала замерзания поровой воды. Согласно методике, приведенной в ASTM D 5918 [103], температура начала замерзания поровой воды может быть определена путем размещения датчика температуры в навеске грунта и наблюдений за изменениями температуры при его замерзании [8].

Классификация грунтов по степени пучинистости, согласно ASTM D 5918 [103] приведена в табл. 2.1.

Таблица 2.1 - Классификация грунтов по степени пучинистости ASTM D 5918 [103].

Грунт по степени пучинистости	Скорость деформации, мм/сут	Коэффициент несущей способности*, %
Непучинистый	<1	>20
Очень слабопучинистый	1–2	20–15
Слабопучинистый	2–4	15–10
Среднепучинистый	4–8	10–5
Сильнопучинистый	8–18	5–2
Чрезмерно пучинистый	>16	<2

* Коэффициент несущей способности определяется как отношение прочности по CBR (Калифорнийскому показателю плотности — California Bearing Ratio) мерзлого грунта к прочности грунта в оттаявшем состоянии.

Испытания на пучинистость в рамках данной исследовательской работы, проводились на базе Лаборатории исследований грунтов ОАО «ТомскНИПИнефть». Испытания проводились на приборах УПГ-МГ4.01/Н

«Грунт», являющимся разработкой ООО «СКБ Стройприбор». При определении степени пучинистости автор руководствовался методикой, изложенной в ГОСТ 28622-2012, а также проводил испытания согласно руководству по эксплуатации УПГ-МГ4.01/Н.

Приборы УПГ-МГ4.01/Н «Грунт» предназначены для определения степени пучинистости грунта в лабораторных условиях по ГОСТ 28622-90 и по ГОСТ 28622-2012 [36].

Приборы УПГ-МГ4.01/Н «Грунт» состоят из блока управления с дисплеем, термоконтейнеров (от 1 до 6 шт.), включающих силовую рамку, теплоизолирующий кожух, верхнюю и нижнюю термостатируемые плиты, устройства для автоматического измерения температур, силы и перемещения и терморегулятор для управления морозильной камерой [96].



Рисунок 2.13 - Измеритель степени пучинистости грунта УПГ-МГ4.01/Н «Грунт» [95].

Промораживание образцов грунта, помещенных в термоконтейнеры, осуществляется в морозильной камере (приобретается отдельно) при температуре от минус 4 °С до минус 9,5 °С с поддержанием температуры от +1

°С до +2 °С на нижней термостатируемой плите. Температура на верхней и нижней термоплитах задается пользователем [96].

В процессе испытаний обеспечивается автоматическое поддержание температуры верхней и нижней термостатируемых плит с погрешностью 0,2 °С, измерение температуры образца грунта, измерение силы нагружения и вертикальной деформации образца грунта. Поддержание постоянной температуры на верхней термоплите осуществляется с помощью регулятора холодильной камеры (входит в комплектацию прибора), а поддержание постоянной температуры на нижней термоплите с помощью встроенного нагревателя. Прибор имеет режим непрерывной регистрации процесса испытаний всех образцов грунта одновременно, энергонезависимую память и связь с ПК по USB интерфейсу [96].

После окончания испытания, прибор выдает значение вертикальной деформации пучения. Классификационный показатель степени пучинистости – относительная деформация пучения, определяется при пересчете согласно формуле (2.6):

$$E_{fh} = h_f / d_i, \quad (2.6)$$

где h_f - вертикальная деформация образца грунта в конце испытания, мм; d_i – фактическая толщина промерзшего слоя образца грунта, мм.

По расчётным значениям относительной деформации определяется степень пучинистости образца грунта в соответствии с таблицей, приведенной в [34].

Таблица 2.2 - Классификация грунтов по степени пучинистости согласно ГОСТ 25100-2011 [34].

Разновидность грунтов	Степень пучинистости, %
Непучинистый	$\varepsilon_{fh} < 1,0$
Слабопучинистый	$1,0 \leq \varepsilon_{fh} \leq 3,5$
Среднепучинистый	$3,5 < \varepsilon_{fh} \leq 7,0$
Сильнопучинистый	$7,0 < \varepsilon_{fh} \leq 10,0$
Чрезмерно пучинистый	$\varepsilon_{fh} > 10,0$

* Применяют также для класса мерзлых грунтов.

2.5 Исследование степени пучинистости

Целью исследовательской составляющей данной работы являлось изучить зависимость степени пучинистости от физических характеристик грунтов.

Так, в лабораторных условиях, автором был проведен ряд испытаний на пучинистость, а также для исследуемых грунтов были определены основные физические характеристики (влажность w , плотность ρ , плотность частиц ρ_s , влажность на границе текучести w_l и раскатывания w_p [37], гранулометрический состав ареометрическим методом [32]). Перечень методов и нормативных документов для определяемых характеристик приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3 – Основные виды лабораторных исследований, методы их осуществления и соответствующие нормативные документы

№	Вид исследования	Метод	Нормативный документ
1.	Определение природной влажность	Метод высушивания до постоянной массы.	ГОСТ 5180-2015 [37]
2.	Определение влажности на границе текучести	Пенетрация балансирным конусом А.М.Васильева	ГОСТ 5180-2015 [37]
3.	Определение влажности на границе раскатывания	Раскатыванием в жгут с использованием установки по определению пластичности на границе раскатывания LZ2200.	ГОСТ 5180-2015 [37]
4.	Определение плотности грунта	Метод режущего кольца	ГОСТ 5180-2015 [37]
5.	Определение плотности частиц грунта	Пикнометрический метод	ГОСТ 5180-2015 [37]
6.	Определение гранулометрического состава грунта	Ареометрический метод	ГОСТ 12536-2014 [32]
7.	Определение относительного содержания органического вещества	Прокаливанием в муфельной печи при 525 ± 25 °С.	ГОСТ 23740-2016 [33]
8.	Определение вертикальной деформации пучения	Измерителем степени пучинистости грунтов УПГ-МГ-4.01/3 «Грунт».	ГОСТ 28622-2012 [36]

На основании полученных данных была составлена база пучинистых грунтов. В базу входят данные по десяти объектам с территории Угутского месторождения и включает себя данные по грунтам исследуемой территории в количестве восьмидесяти проб грунта, представленных глинами, суглинками, супесями и песками.

Для обработки данных базы и их анализа была использована программа STATISTICA. Для выявления зависимостей, в данном программном комплексе строились графики и матрицы, как для всего массива данных, так и отдельно для

разных характеристик и показателей грунтов. Отметим, что значения всех физических характеристик грунтов имеющейся базы изменяются согласно нормальному закону распределения.

Проанализировав видовой состав грунтов, входящих в систематизированную автором базу, выявилось, что 40% грунтов представлены песками, по 25 и 24% - приходится на супеси и суглинки соответственно, глины составляют лишь 11% от объема изучаемых грунтов (рис. 2.14).

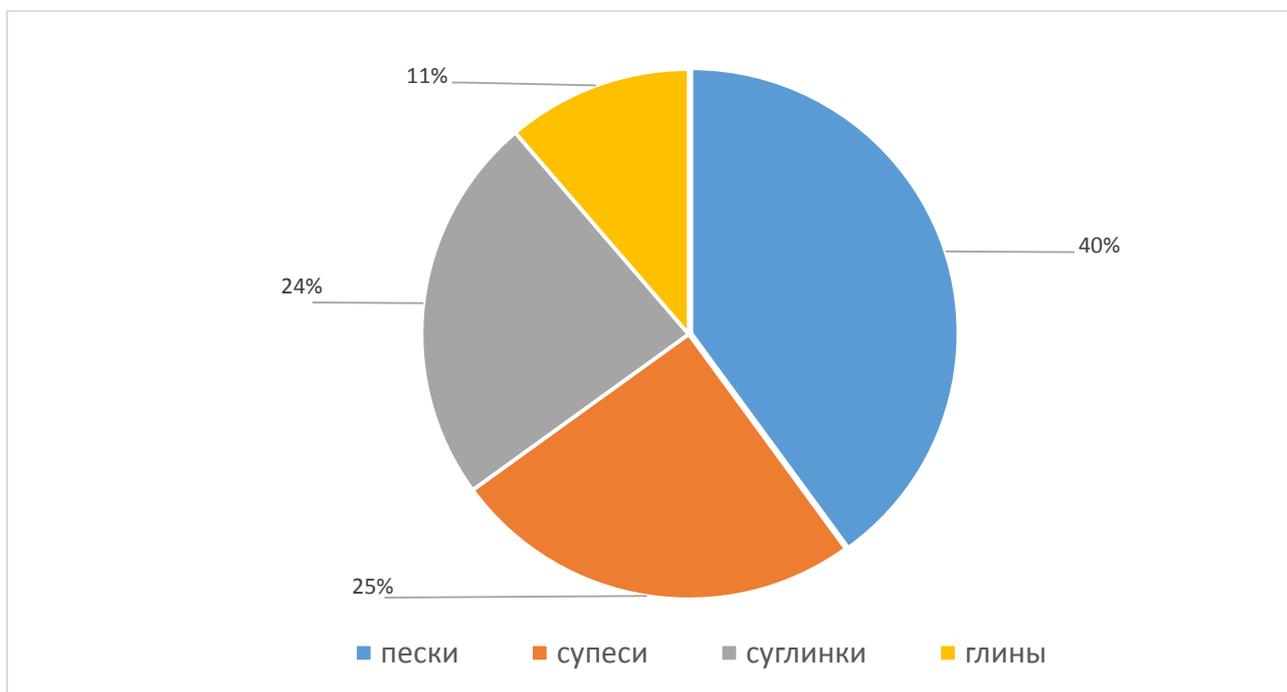


Рисунок 2.14 - Видовой состав изучаемых грунтов

При определении относительной деформации пучения и дальнейшей классификации грунтов по ГОСТ 25100 [34] выявилось присутствие всех категорий пучинистости грунтов на исследуемой территории (от непучинистых до чрезмернопучинистых).

Территория Угутского месторождения по изучаемым объектам характеризуются следующим распределением относительной деформации пучения, приведенном на рис. 2.15 и распределением значений природной влажности, влажности границы текучести и раскатывания, отраженной на рис. 2.16.

Из графика распределения значений относительной деформации пучения по изучаемым объектам следует, что наиболее высокие средние значения относительной деформации пучения выявлены на объектах №9 и №10. Грунты территории данных объектов являются наиболее опасными, так как характеризуются, преимущественно, как чрезмернопучинистые. Средние значения основных физических характеристик приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4 – Средние значения основных показателей свойств грунта на опасных объектах

№ объекта	hf, мм	Efh, д.е.	W, д.е.	Wl, д.е.	Wp, д.е.	Ip, д.е.	П, д.е.	Сорг, д.е.
9	16,12	0,11	0,37	0,36	0,19	0,17	1,12	0,03
10	16,13	0,11	0,36	0,35	0,19	0,16	1,13	0,03

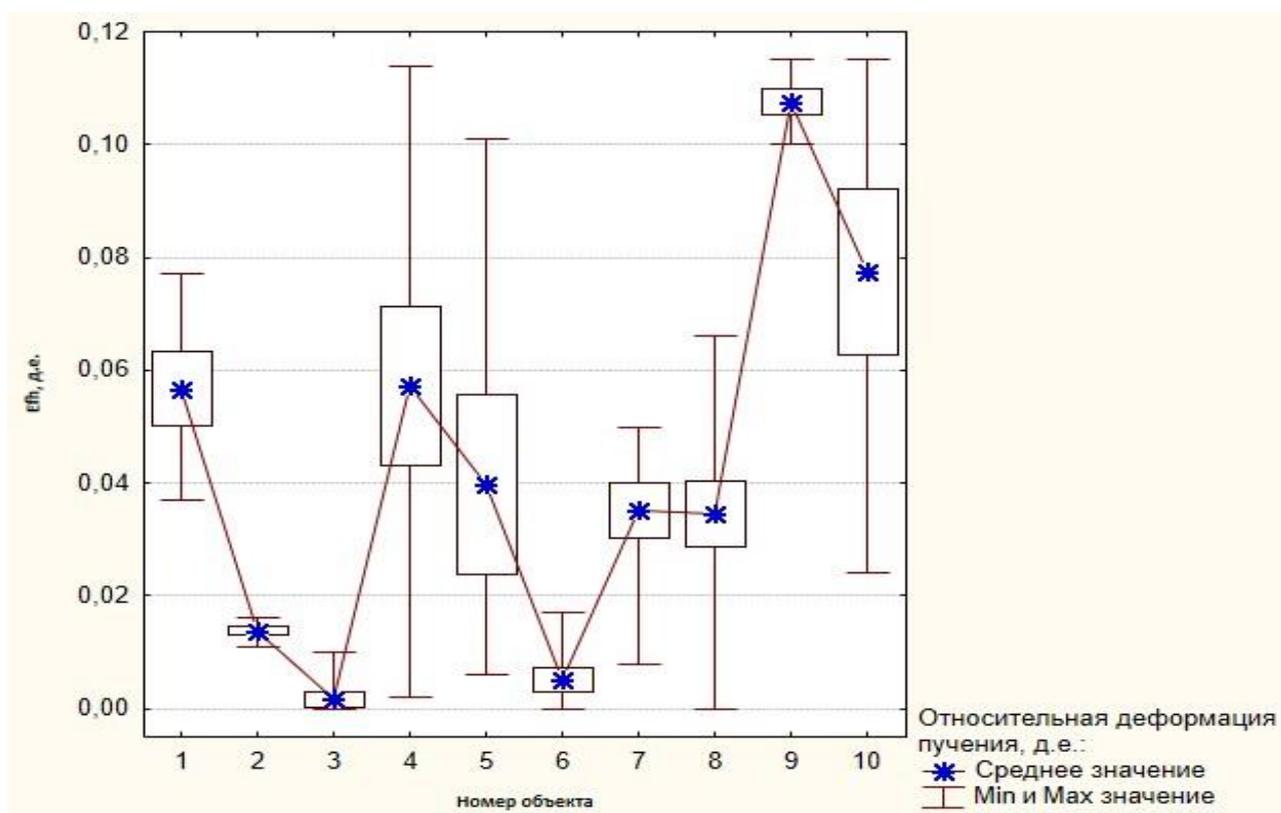


Рисунок 2.15 - Распределение значений относительной деформации пучения по изучаемым объектам территории Угутского месторождения.

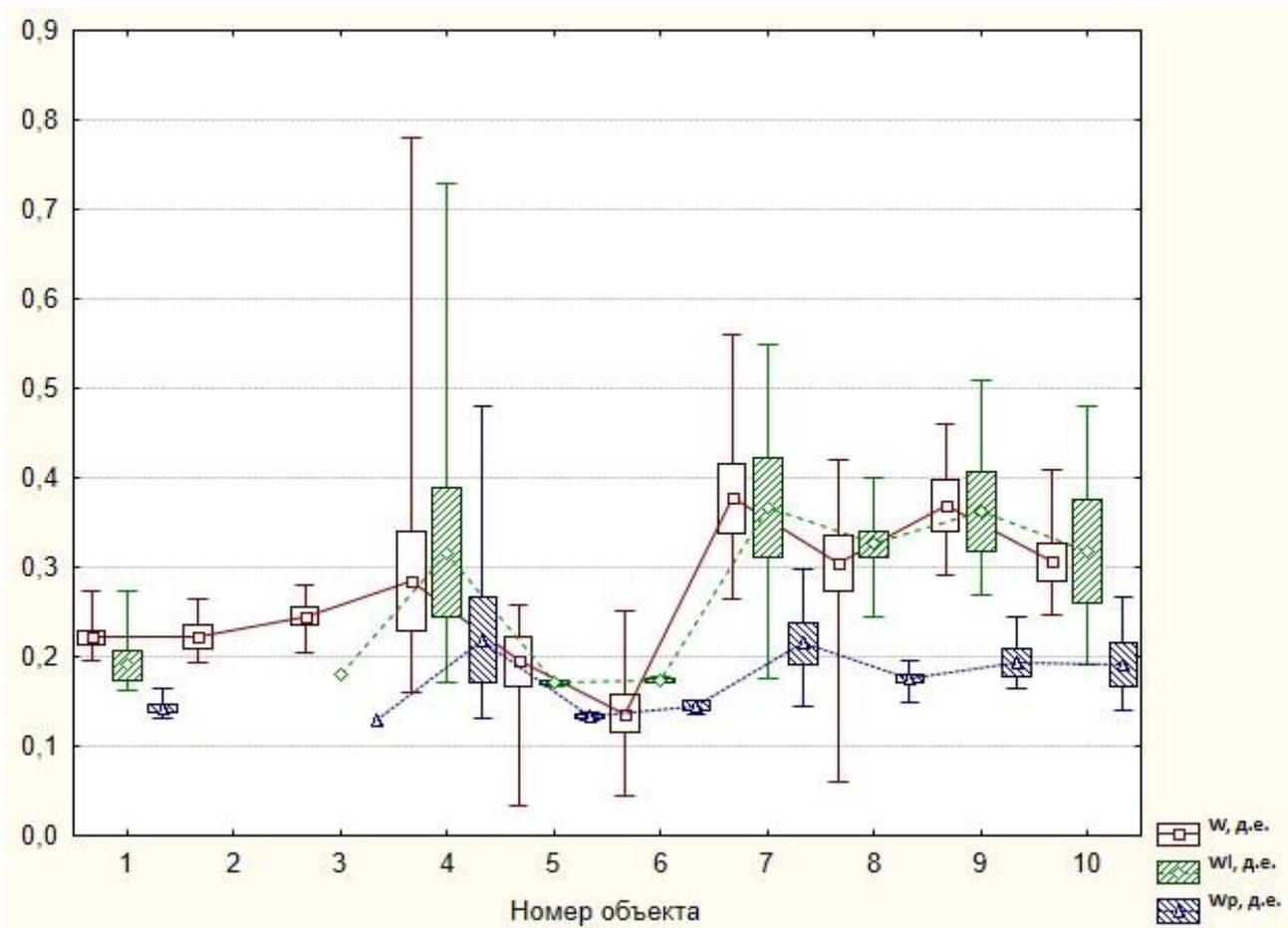


Рисунок 2.16 - Распределение значений природной влажности грунтов, влажности границы текучести и раскатывания по изучаемым объектам территории Угутского месторождения.

Корреляционная матрица по всему массиву грунтов приведена в табл. 2.5. Наиболее яркие взаимосвязи между исследуемыми показателями свойств грунтов характеризуются высокими значениями коэффициентов корреляции.

Из матрицы видно, что наибольшие коэффициенты корреляции отмечаются между деформацией пучения и природной влажностью, и размером частиц грунта 0,1- 0,05 (<0,1) мм, что отражает тесную взаимосвязь между данными показателями. Графики зависимости данных характеристик грунта от относительной деформации пучения показаны на рис. 2.17, 2.18.

У всех исследуемых грунтов наблюдается общая тенденция к увеличению значения относительной деформации пучения, а, следовательно, и степени пучинистости, с увеличением содержания в грунте частиц диаметром 0,1-0,05 мм ($E_{fh} = -0,0057+0,0021*x$).

Таблица 2.5 – Корреляционная матрица

	h _f	E _{гн}	2-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05 (<0.1)	0.05-0.01	0.01-0.002	<0,002	W	W _L	W _p	I _p	I _L	C _{опг}
h _f	1,000														
E _{гн}	1,000	1,000													
2-0.5	0,053	0,053	1,000												
0.5-0.25	-0,263	-0,265	0,138	1,000											
0.25-0.1	0,068	0,067	-0,114	0,740	1,000										
0,1-0.05 (<0.1)	0,749	0,751	-0,066	-0,413	-0,036	1,000									
0.05-0.01	-0,302	-0,301	0,001	-0,503	-0,778	-0,295	1,000								
0.01-0.002	-0,377	-0,377	0,038	-0,167	-0,443	-0,434	0,102	1,000							
<0,002	-0,428	-0,429	0,267	-0,335	-0,813	-0,479	0,690	0,675	1,000						
W	-0,531	-0,530	0,048	-0,266	-0,572	-0,216	0,236	0,782	0,666	1,000					
W _L	-0,461	-0,461	0,190	-0,366	-0,693	-0,321	0,353	0,876	0,841	0,915	1,000				
W _p	-0,383	-0,383	0,040	-0,294	-0,489	-0,353	0,148	0,898	0,693	0,791	0,914	1,000			
I _p	-0,468	-0,468	0,276	-0,379	-0,766	-0,266	0,462	0,769	0,858	0,908	0,958	0,758	1,000		
I _L	-0,150	-0,151	-0,219	0,752	0,940	-0,109	-0,671	-0,423	-0,739	-0,409	-0,611	-0,454	-0,658	1,000	
C _{опг}	-0,425	-0,423	0,069	-0,337	-0,573	-0,174	0,188	0,816	0,652	0,949	0,917	0,862	0,861	-0,474	1,000

Погрешность: $r \pm 0,05$

Также, у всех исследуемых грунтов наблюдается увеличение и вертикальной, и относительной деформации пучения вместе с природной влажностью ($E_{fh} = 0,0039 + 0,1438 * W$).

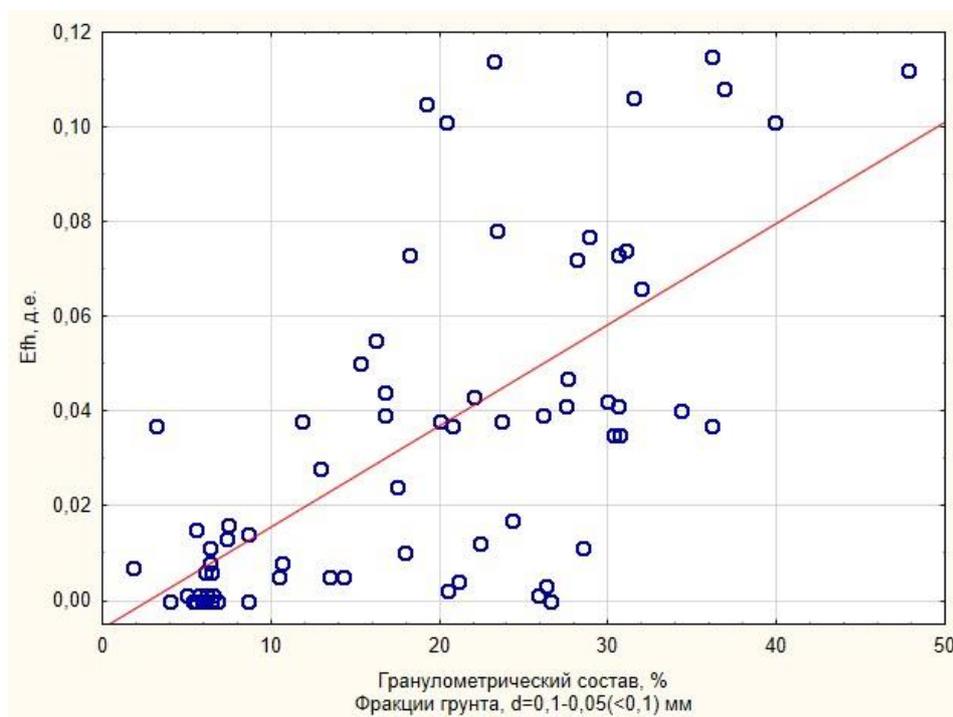


Рисунок 2.17 - График зависимости относительной деформации пучения от содержания фракции грунта диаметром 0.1- 0.05 (< 0.1), мм

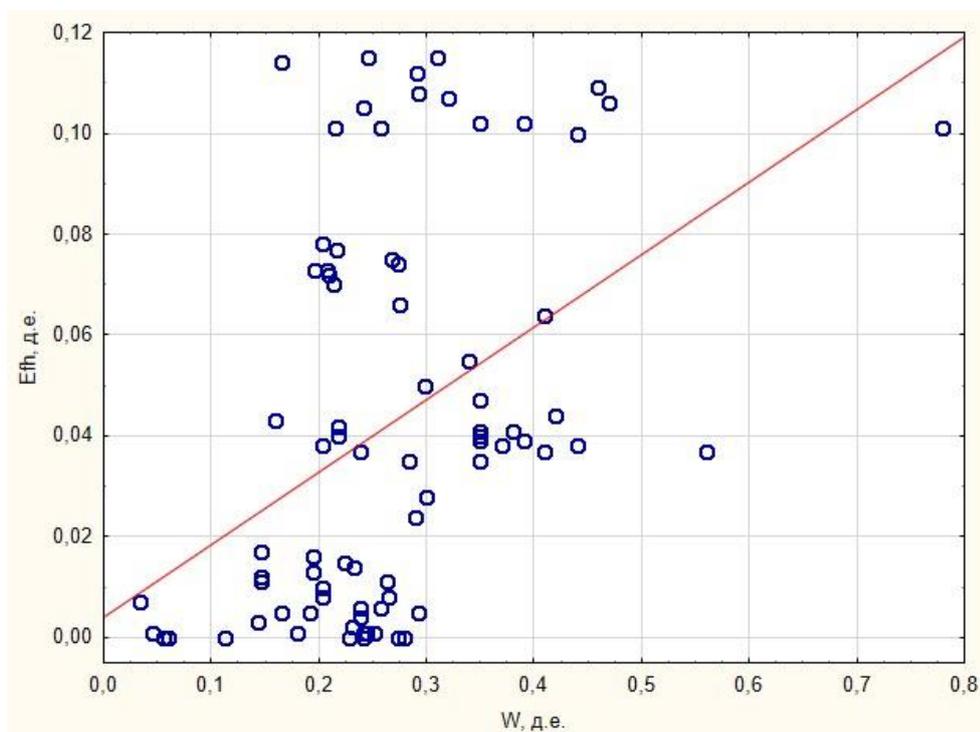


Рисунок 2.18 - График зависимости относительной деформации пучения от природной влажности

Анализируя взаимосвязь между гранулометрическим составом исследуемых грунтов и относительной деформацией пучения, была построена треугольная диаграмма (рис. 2.19), на которой отражено распределение значений количественной характеристики степени пучинистости в зависимости от процентного содержания фракций частиц различного диаметра.

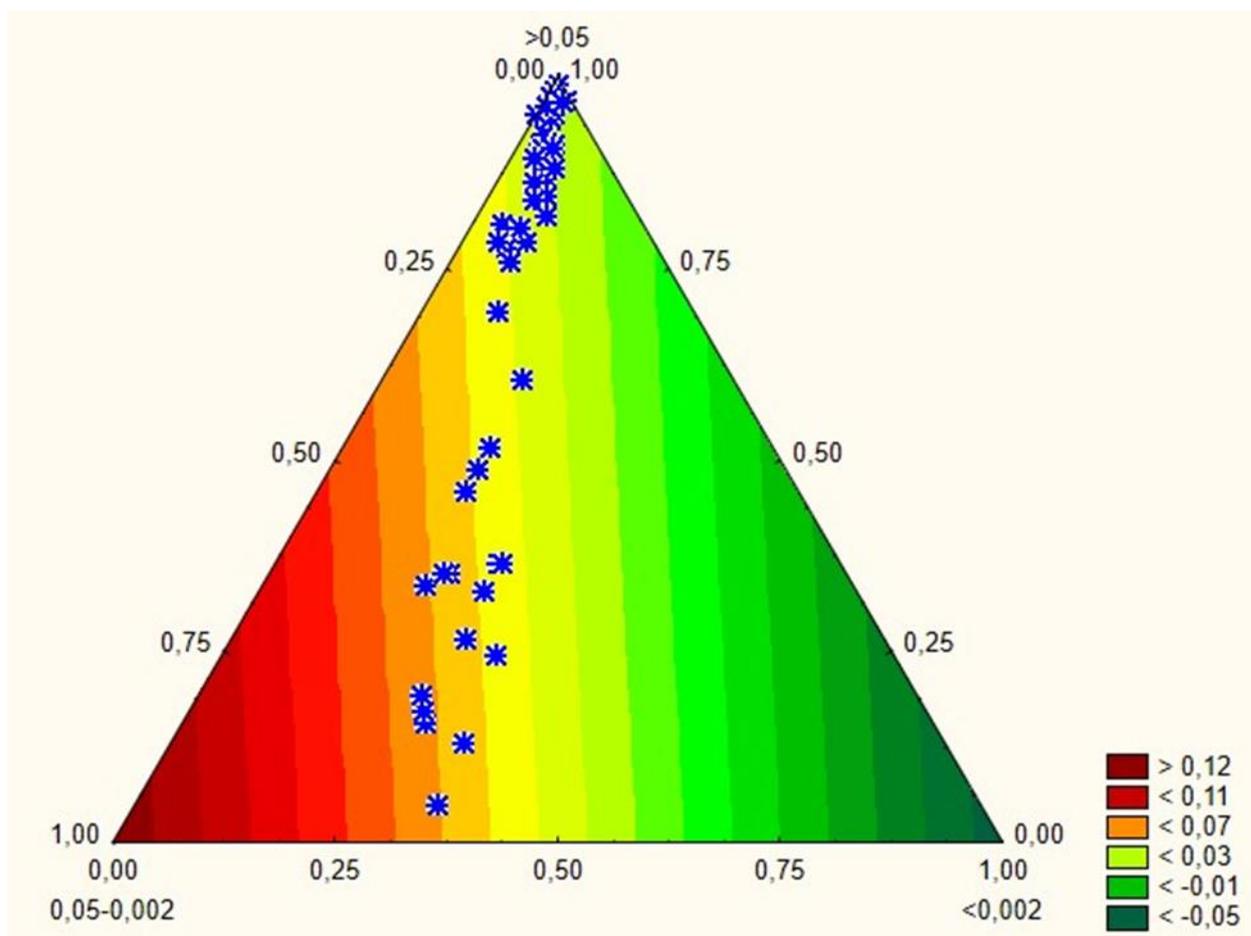


Рисунок 2.19 - Распределение значений относительной деформации пучения в зависимости от гранулометрического состава грунтов территории Угутского месторождения.

Помимо зависимостей, отмеченных в связи с относительной деформацией пучения, анализируя корреляционную матрицу, составленную при обработке данных по всей базе пучинистых грунтов, можно дополнительно подчеркнуть еще некоторые яркие зависимости. Среди таких, для всего массива грунтов, наиболее четко прослеживаются закономерности, возникающие между имеющимися физическими характеристиками грунта (влажность природная, влажность на границе текучести и раскатывания) и содержанием фракции песчаных частиц диаметром 0,25 – 0,1 мм, а также между пылеватыми

частицами, диаметром 0,01- 0,002 мм и глинистыми частицами, диаметром менее 0,002 мм.

Данные базы пучинистости грунтов были также отдельно проанализированы для песчаных и связных грунтов.

Характеризуя связные грунты (супеси, суглинки, глины), следует отметить, что они охватили все разновидности грунтов при классификации их по степени пучинистости. Результаты испытаний связных грунтов показали, что для таких грунтов отмечается рост относительной деформации пучения с увеличением природной влажности (рис. 2.20) ($E_{fn} = 0,0513 + 0,0438 * w$) и показателя текучести, а также с увеличением содержания фракции частиц грунта диаметром 0,1-0,05 мм.

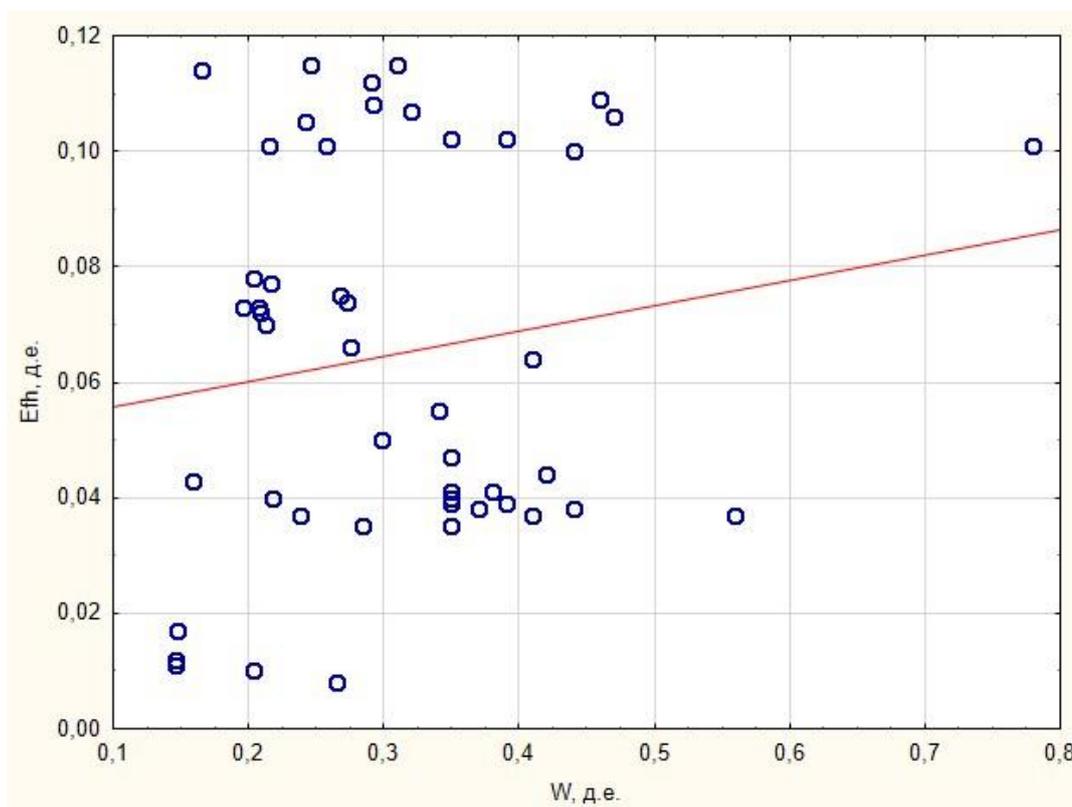


Рисунок 2.20 - График зависимости относительной деформации пучения от природной влажности для связных грунтов.

Уменьшение относительной деформации пучения связных грунтов коррелирует с содержанием частиц, диаметром менее 0,002 мм, что говорит о закономерном увеличении содержания глинистых частиц с уменьшением и количественных характеристик степени пучинистости.

Большая часть исследуемых песков проявили себя как непучинистые. Наиболее ярко выраженная закономерность у песчаных грунтов отмечается с природной влажностью ($E_{fn} = 0,0005 + 0,0376 * w$), с ростом значений которой, увеличивается и относительная деформация пучения (рис. 2.21).

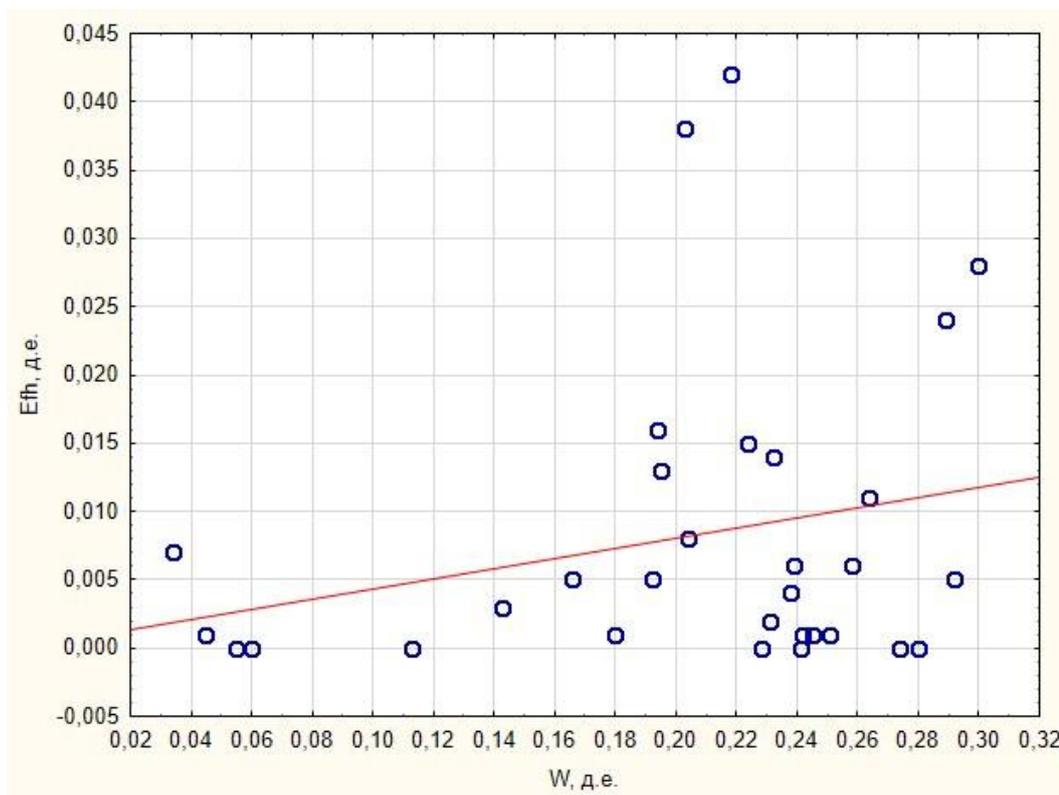


Рисунок 2.21 - График зависимости относительной деформации пучения от природной влажности для песчаных грунтов.

Для связных грунтов и песков были построены корреляционные матрицы. Отсюда, по значениям коэффициентов корреляции, явно отмечается прямая взаимосвязь между содержанием песчаных частиц с диаметром 0.1- 0.05 (<0.1) мм и вертикальной деформацией пучения и для песков ($r = 0,63$), и для дисперсных грунтов ($r = 0,75$).

На основе всех выявленных взаимосвязей был проведен кластерный анализ по основным параметрам грунтов (природная влажность, влажность границы текучести и раскатывания, вертикальная и относительная деформация пучения и др.), присутствующих в базе.

Кластерный анализ представляет собой метод, используемый для классификации объектов (в нашем случае образцов грунтов) в относительно

однородные группы, которые называют кластерами. Выделение кластера происходит по принципу наименьших евклидовых расстояний, где величина данных расстояний характеризует степень взаимосвязи или схожести признаков между объектами. Евклидово расстояние является геометрическим расстоянием в многомерном пространстве, и, чем оно меньше, тем теснее связь между объектами.

Древовидная диаграмма кластерного анализа по базе пучинистых грунтов приведена на рис. 2.23.

В результате кластерного анализа имеющихся данных были выделены следующие классы, иерархия которых представлена на рис. 2.22.

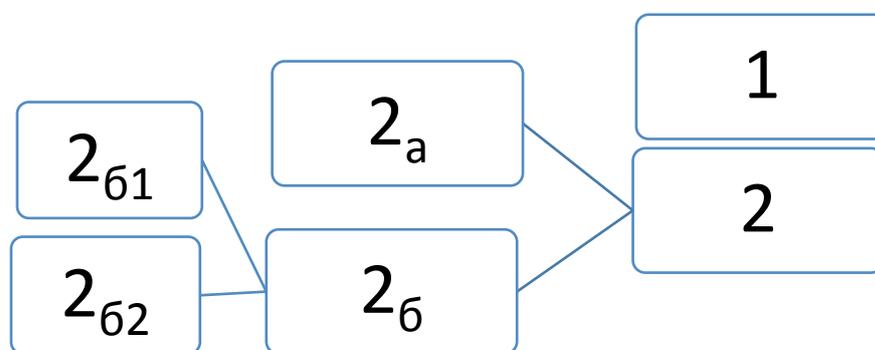


Рисунок 2.22 - Схема выделенных классов

Характеристика выделенных классов по количественным характеристикам степени пучинистости приведены в табл. 2.6. Характеристика классов по гранулометрическому составу приведена в табл. 2.7, а по физическим характеристикам в табл. 2.8.

Таблица 2.6 – Классовая характеристика по показателям пучинистости

Классы	h_f , мм				E_p , д.е.			
	Means	N	Mini	Max	Means	N	Min	Max
1	15,68	11	9,85	17,23	0,10	11	0,07	0,12
2a	2,74	7	0,01	11,10	0,02	7	0,00	0,07
261	5,12	15	0,05	8,25	0,03	15	0,00	0,06
262	5,04	46	0,01	16,33	0,03	46	0,00	0,11
По всем классам	6,33	79	0,01	17,23	0,04	79	0,00	0,12

Таблица 2.7 - Классовая характеристика по фракциям гранулометрического состава

Классы	2-0.5				0.5- 0.25				0.25- 0.1				0.1- 0.05 (< 0.1)			
	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max
1	0,38	5	0,10	1,30	0,27	7	0,00	0,60	35,64	7	4,00	66,30	32,40	7	19,20	47,80
2а	0,08	4	0,00	0,10	1,36	7	0,20	2,60	81,00	7	49,60	93,00	12,49	7	5,60	31,10
2б1	0,32	12	0,00	2,30	1,57	15	0,00	16,40	25,26	15	0,20	83,30	21,34	15	5,40	36,20
2б2	0,13	26	0,00	0,70	1,75	39	0,00	16,30	69,31	39	0,70	93,80	17,06	39	1,80	39,90
По всем классам	0,20	47	0,00	2,30	1,52	68	0,00	16,40	57,33	68	0,20	93,80	19,11	68	1,80	47,80

Таблица 2.7 (Продолжение) - Классовая характеристика по фракциям гранулометрического состава

Классы	0.05- 0.01				0.01- 0.002				менее 0.002			
	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max
1	16,81	7	5,50	33,20	4,36	7	0,70	8,70	10,24	7	3,50	16,60
2а	5,60	4	0,00	13,50	1,13	4	0,00	2,40	2,23	4	0,00	5,30
2б1	27,27	15	1,60	48,10	6,63	15	0,40	23,50	17,67	15	0,40	30,60
2б2	6,78	35	0,00	39,00	1,99	35	0,00	24,10	4,36	35	0,00	32,90
По всем классам	12,89	61	0,00	48,10	3,35	61	0,00	24,10	8,17	61	0,00	32,90

Таблица 2.8 - Классовая характеристика по физическим характеристикам

Классы	W, д.е.				W _L , д.е.				W _p , д.е.				I _p , д.е.				I _L , д.е.			
	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max
1	0,31	11	0,17	0,47	0,29	11	0,17	0,51	0,18	11	0,13	0,28	0,11	11	0,04	0,27	1,35	11	0,74	2,76
2а	0,20	7	0,06	0,27	0,18	2	0,17	0,18	0,15	2	0,14	0,15	0,03	2	0,02	0,05	1,34	2	-0,32	3,00
2б1	0,33	15	0,06	0,56	0,32	13	0,17	0,55	0,18	13	0,14	0,30	0,14	13	0,02	0,25	1,63	13	0,57	4,75
2б2	0,24	46	0,03	0,78	0,29	21	0,16	0,73	0,18	21	0,13	0,48	0,10	21	0,02	0,25	1,22	21	-0,04	2,68
По всем классам	0,26	79	0,03	0,78	0,29	47	0,16	0,73	0,18	47	0,13	0,48	0,11	47	0,02	0,27	1,37	47	-0,32	4,75

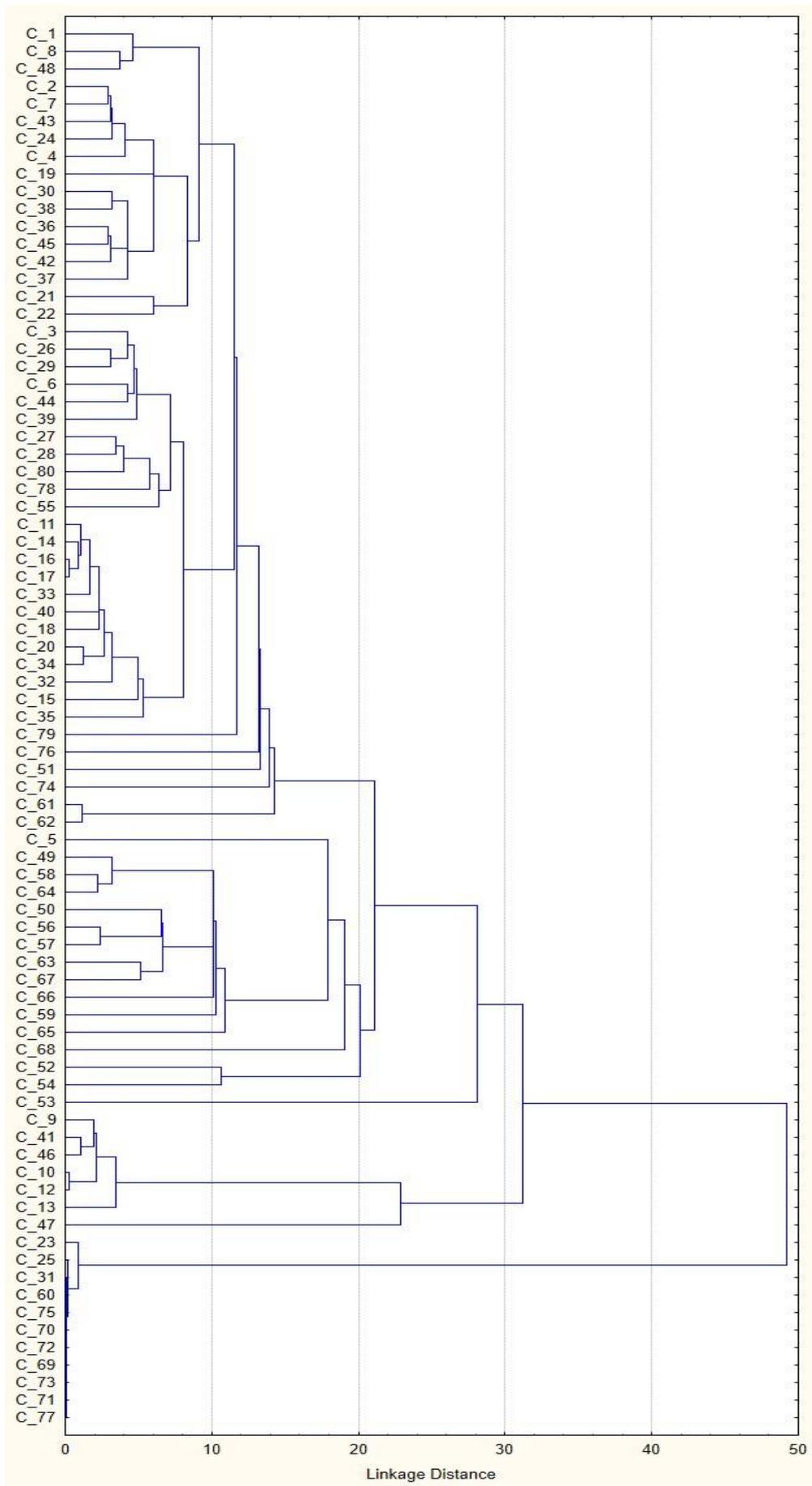


Рисунок 2.23 – Иерархическое дерево по базе пучинистости грунтов

Характеристика классов:

1 – данный класс в преимущественно представлен супесями и суглинками песчанистыми текучей или текуче пластичной консистенции. Грунты, входящие в данный класс, отличаются высокими значениями вертикальной ($h_f = 9,85 - 17,23$ мм) и относительной ($E_{fn} = 0,07 - 0,12$ д.е.) деформации пучения, и характеризуются как чрезмернопучинистые. Грунты первого класса характеризуются преобладанием песчаных частиц (более 60%) диаметром 0,25-0,1 мм и 0,1- 0,05 (< 0,1) мм и средним значением природной влажности 31%.

2а – данный класс представлен песками мелкими и песчанистыми супесями, характеризующимися преимущественно как слабо- и непучинистые. Средние значения вертикальной и относительной деформации пучения составляют 2,74 мм и 0,02 д.е. соответственно. Преобладающими фракциями гранулометрического состава также являются песчаные частицы диаметром 0,25-0,1 мм и 0,1- 0,05 (<0,1) мм. Среднее значение природной влажности по массиву грунтов, входящих в данный класс, составляет 20%.

2б1 – по видовому составу грунтов класс представлен легкими пылеватыми глинами текучей и текучепластичной консистенции, тяжелыми пылеватыми суглинками текучей консистенции, а также песчанистыми текучими супесями и песками мелкими. Грунты этого класса по степени пучинистости в основном характеризуются как среднепучинистые. Средние значения вертикальной и относительной деформации пучения составляют 5,12 мм и 0,03 д.е. соответственно. Преобладающими фракциями гранулометрического состава являются песчаные частицы диаметром 0,25-0,1 мм, 0,1- 0,05 (<0,1) мм и пылеватые частицы диаметром 0,05- 0,01 мм. Так как видовой состав грунтов данного класса разнообразен, природная влажность грунтов внутри класса изменяется неравномерно, и характеризуется средним значением 33%.

2б2 - данный класс является самым большим по количеству образцов грунта, неоднородным по изменению значений характеристик грунтов и весьма разнообразен по видовому составу. Представлен класс песками мелкими, песчанистыми супесями преимущественно текучей консистенции, легкими

мягко- и текучепластичными глинами, а также, в меньшей степени, легкими и тяжелыми суглинками мягкопластичными или текучими. По степени пучинистости данный класс также весьма разнообразен и характеризуется присутствием всех видов пучинистых грунтов, от чрезмерно- до непучинистых. Средние значения вертикальной и относительной деформации пучения составляют 5,04 мм и 0,03 д.е. соответственно. Преобладающей фракцией гранулометрического состава являются песчаные частицы диаметром 0,25-0,1 мм. Природная влажность грунтов внутри класса изменяется неравномерно, и характеризуется средним значением 24%.

Особенностью выделения данных классов является приуроченность грунтов к объектам Угутского месторождения.

Первый класс включает в себя грунты с территории самых опасных по степени пучинистости объектов - это №9 и №10, а также грунты с объекта под №4. Класс грунтов 2а характерен для объектов №2 и №6. Класс 2б1 включает в себя объекты с территории преимущественно объекта №8 и частично №7. Самый многочисленный и неоднородный класс грунтов 2б2 присутствует на территориях всех изучаемых объектах территории Угутского месторождения.

2.6 Прогнозные методики определения степени пучинистости

Достоверность аналитической оценки характеристик пучения промерзающих грунтов зависит не только от надежности метода их расчета, но и в значительной степени от правильной оценки физических свойств грунтов и обоснованного назначения исходных нормативных значений показателей, определяющих процесс пучения [65].

Для прогнозирования характеристик пучения грунтов необходимо установление ряда нормативных значений исходных показателей, к которым в первую очередь относятся:

- зерновой (гранулометрический) состав грунта;
- плотность скелета грунта ρ_d ;
- плотность твердых частиц грунта ρ_s ;

- пластичность грунта $w_p, w_L; I_p$;
- влажность грунта w ;
- средняя температура T_0 и продолжительность t_0 периода промерзания грунта;
- мощность слоя промерзшего грунта d_f .

Данные первых четырех наименований являются достаточно постоянными величинами во времени и определяются в ходе проведения изыскательских работ, что дает возможность оценить эти показатели и сделать прогноз, пучинистости без учета внешних географических и климатических факторов. Остальные параметры в зависимости от различий в годовых климатических циклах и обустройства территории застройки могут претерпеть значительные изменения, вызывая тем самым неопределенность расчетных величин. Из чего следует, что достоверность прогноза характеристик пучения в значительной мере будет зависеть от оптимального выбора и надлежащей обеспеченности трех последних исходных параметров [65].

Показатели физических свойств грунта определенного генезиса и состояния распределяются в соответствии с нормальным законом математической статистики. Поэтому для оценки достоверности того или иного физического показателя, полученного в ходе изысканий, может быть использован метод доверительных пределов, позволяющий определить необходимое число проб, если известны основное (среднее квадратичное) отклонение и точность определения данного показателя [65].

Известно, что пучинистые грунты характеризуются: - абсолютной деформацией пучения, представляющей подъем ненагруженной поверхности промерзающего грунта; - относительной деформацией (интенсивностью) морозного пучения - отношением абсолютной деформации пучения к толщине промерзающего слоя; - давлением морозного пучения, действующим нормально к подошве фундамента; - удельным значением касательной силы морозного пучения, действующей вдоль боковой поверхности фундамента [82].

Наиболее распространенной в настоящее время является оценка степени пучинистости согласно схемы, приведенной в Рекомендациях по учету и предупреждению деформаций и сил морозного пучения грунтов [65] (рис. 2.24), где оценка осуществляется по показателю дисперсности или по комплексному параметру R_f .

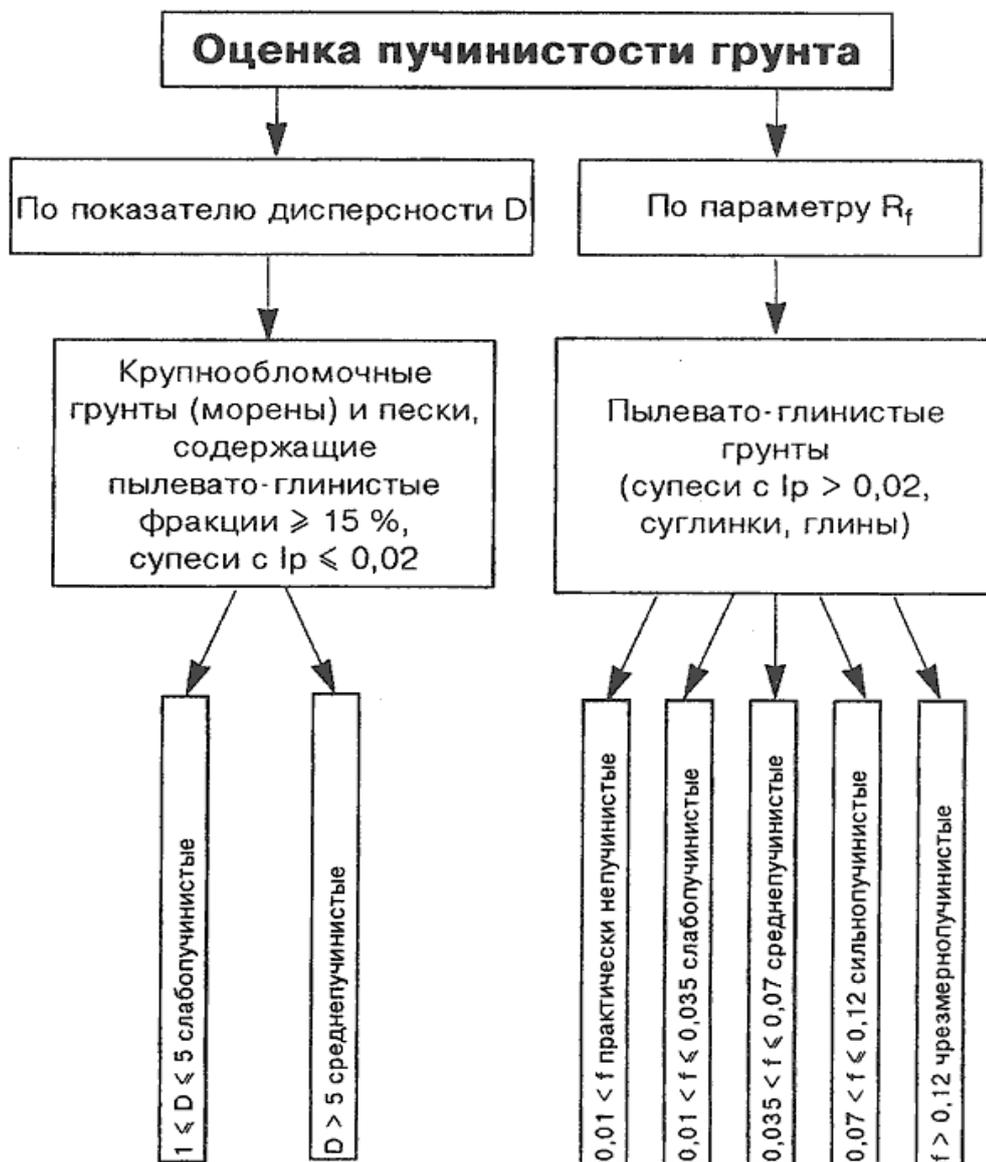


Рисунок 2.24 – Схема оценки степени пучинистости [65].

Принадлежность пылевато-глинистого грунта к той или иной группе оценивается параметром R_f , определяемым по формуле (2.7):

$$R_f = 0,67 p_d [0,012(w - 0,1) + (w(w - w_p) / (w_{sat} \sqrt{M_0}))] \quad (2.7)$$

где w , w_p – влажность в пределах слоя промерзающего грунта соответственно природная и на границе раскатывания, доли единицы; w_{cr} –

критическая влажность, доли единицы, ниже значения которой в промерзающем пучинистом грунте прекращается перераспределение влаги, вызывающей морозное пучение; w_{sat} – полная влагоемкость грунта, доли единицы; ρ_d – плотность сухого грунта, т/м³; M_0 – безразмерный коэффициент, численно равный абсолютному значению средней многолетней температуры воздуха за зимний период [65].

Учитывая взаимосвязь параметра R_c относительной деформацией пучения возможен прогноз степени пучинистости по графику, приведенному на рис.2.25 [65].

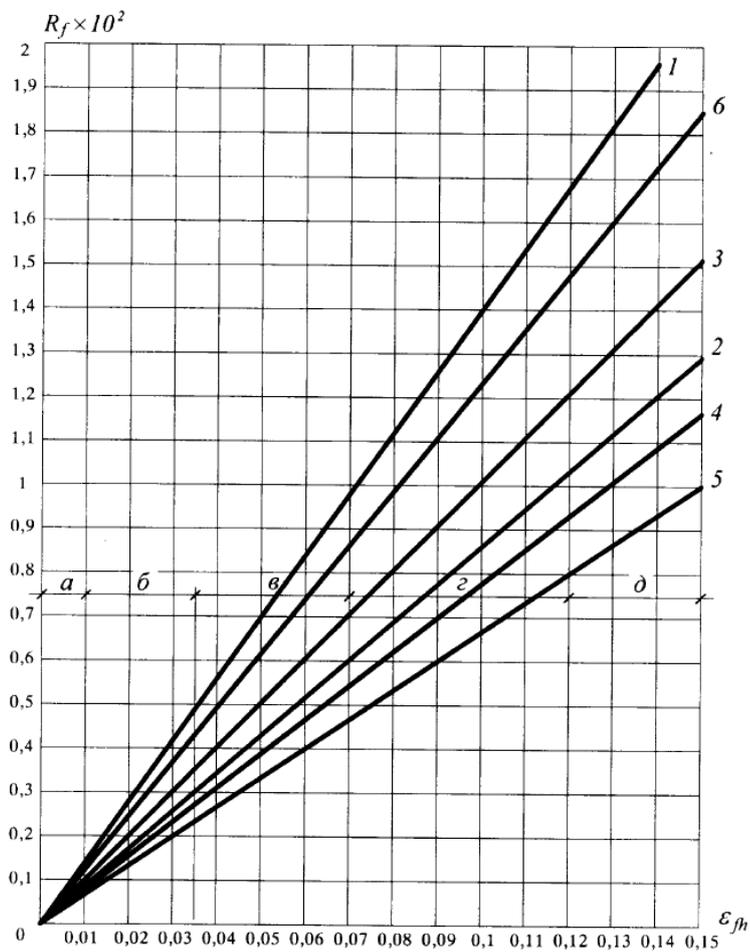


Рисунок 2.25 - Взаимосвязь параметра R_f и относительной деформации пучения ε_{fh} 1, 2 - супеся; 3 - суглинки; 4 - суглинки с $0,07 < I_p \leq 0,13$; 5 - суглинки с $0,13 < I_p \leq 0,17$; 6 - глины (в грунтах 2, 4 и 5 содержание пылеватых частиц размером 0,05-0,005 мм составляет более 50 % по массе); а - практически непучинистый; б - слабопучинистый; в - среднепучинистый; г - сильнопучинистый; д – чрезмернопучинистый [65].

Оценку поведения пучинистого грунта можно произвести исходя из зависимости критической влажности w_{cr} от числа пластичности I_p и предела текучести грунта w_L (рис. 2.26) [65].

Влажность предела пучения w_{pr} характеризует такое предельно стабильное состояние немерзлого грунта трехфазной системы (скелет + вода + воздух), при котором заполнение воздушных пор льдом в процессе кристаллизации воды не вызывает возможного увеличения объема грунта. Влажность предела пучения w_{pr} определяет первое начальное условие пучения грунта любой разновидности, выражаемое неравенством [65]:

$$w_{pr} < w_{cp}, \quad (2.8)$$

$$w_{pr} = 0,92(p_s - p_d) / p_s p_d + 0,08 w_w(T_{up}), \quad (2.9)$$

где: w - средняя влажность немерзлого грунта в пределах слоя промерзания, доли единицы; 0,92; ρ_s ; ρ_d - соответственно плотность льда, твердых частиц и скелета немерзлого грунта, т/м³ (г/см³); $w_w(T_{up})$ - содержание (по массе) незамерзшей воды в мерзлом грунте, доли единицы, при температуре, равной $0,5T_{up}$, где T_{up} - минимальная температура зоны промерзания, при которой прекращается пучение грунта.

Критическая влажность пучения w_{cr} характеризует такое предельно стабильное состояние немерзлого глинистого грунта, при котором содержание связанной воды практически не влияет на ее подвижность в промерзающем и нижележащем талом грунте. Наличие влажности в грунте выше критического значения определяет второе начальное условие пучения глинистых грунтов за счет миграции в них влаги в жидкой фазе [65].

$$w_{cr} < w_{cp}, \quad (2.10)$$

$$w_{cr} = 1/2 p_s (\sqrt{(1 + 3 p_s w_L (1 + p_s w_L) \exp(-2,8 I_p))} - 1), \quad (2.11)$$

где w_L - влажность грунта на границе текучести, доли единицы; I_p - число пластичности, д.е.; w_{cr} - критическая влажность. Значение $\exp(-2,8 I_p)$ может быть определено по рис. 2.26.

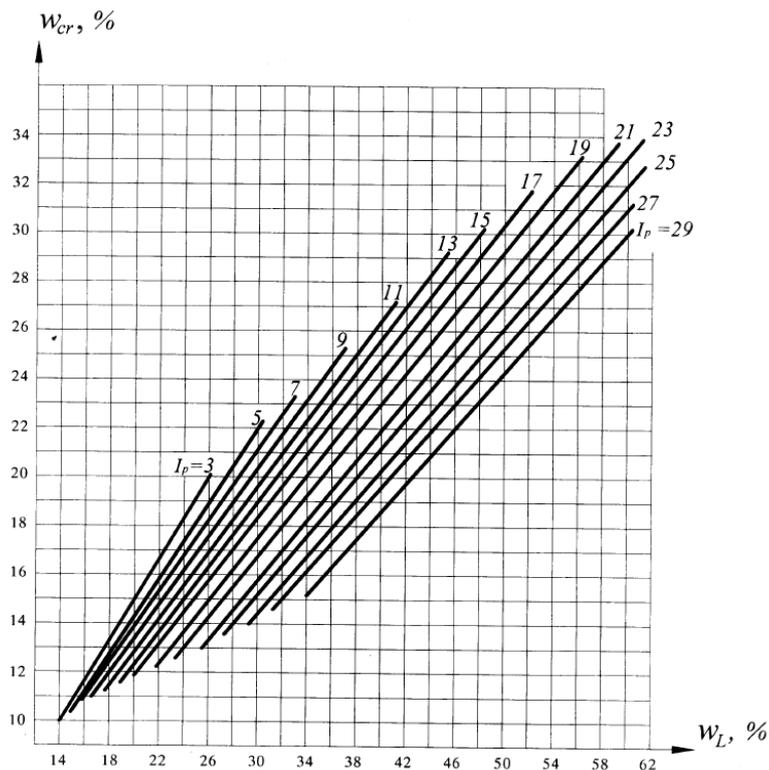


Рисунок 2.26 Зависимость критической влажности w_{cr} от числа пластичности I_p и предела текучести грунта w_L [65].

Пучинистые свойства крупнообломочных грунтов и песков, содержащих пылевато-глинистые фракции, а также супесей при $I_p < 0,02$ определяются через показатель дисперсности D . Эти грунты относятся к непучинистым при $D < 1$, к пучинистым - при $D \geq 1$. Для слабопучинистых грунтов показатель D изменяется в пределах $1 < D < 5$. Значение D определяется по формуле [65]:

$$D = k/d_{cp}^2 e, \quad (2.12)$$

где k - коэффициент, равный $1,85 \times 10^{-4} \text{ см}^3$; e - коэффициент пористости; d_{cp} - средний диаметр частиц грунта, см, определяемый по формуле:

$$d_{cp} = (p_1/d_1 + p_2/d_2 + \dots + p_i/d_i), \quad (2.13)$$

где p_1, p_2, \dots, p_i - процентное содержание отдельных фракций грунта, доли единицы; d_1, d_2, \dots, d_i - средний диаметр частиц отдельных фракций, см [65].

При прогнозе степени пучинистости для дорожного полотна нормами [58] рекомендуется ее определение при проведении лабораторных испытаний. Но, наряду с этим, допускается применение косвенного метода.

Обобщив известные методы, Технический комитет по мерзлым грунтам Международного общества по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению (ISSMFE) выделил три уровня оценки пучинистости грунта [19]. Особенности каждого из этих уровней оценки приведены в табл. 2.9.

Таблица 2.9 - Оценка пучинистых свойств грунта, предложенная МО МГГиФ

Наименование позиции	Уровни оценки пучинистости грунта		
	I	II	III
Метод оценки	По гранулометрическому составу	По гранулометрическому составу, показателям пластичности и другим характеристикам	Лабораторные испытания
Точность оценки	Грубая	Приближенная	Точная
Назначение	Определение непучинистого грунта	Определение степени пучинистости	Определение характеристик пучения
Вид оцениваемого грунта	песчаный	глинистый	Все виды грунтов

Первый и второй уровни оценки соответствуют классификации, используемой в ОДН 218.046-01 [58] применительно к песчаным и глинистым грунтам. Так, степень пучинистости песчаного грунта, в том числе и слабопучинистого, определяется по гранулометрическому составу. Из табл. 2.9 следует, что данный уровень оценки является грубым и позволяет установить только, является ли грунт пучинистым. Для глинистого грунта косвенный метод оценки рассматривается как приближенный. Очевидно, подобная оценка косвенных методов обусловлена тем, что они не учитывают ряд факторов (минералогический состав глинистых частиц, состав обменных катионов и др.), которые существенно влияют на проявление грунтом пучинистых свойств [24].

При предварительных расчетах на начальной стадии проектирования, когда отсутствуют данные лабораторных испытаний на морозное пучение, возможно применение классификации грунта по степени пучинистости, приведенной в табл. 2.10.

Таблица 2.10 - Группы грунтов по степени пучинистости, используемые для предварительных расчетов [61].

Группы грунтов по пучинистости	Грунт	Степень пучинистости	Относительное морозное пучение
I	Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 до 2%	Непучинистый	1 и менее

Группы грунтов по пучинистости	Грунт	Степень пучинистости	Относительное морозное пучение
II	Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 до 15%, мелкий с содержанием частиц мельче 0,05 до 15%, супесь легкая крупная	Слабопучинистый	Свыше 1 до 4
III	Супесь легкая; суглинок легкий и тяжелый, глины	Пучинистый	Свыше 4 до 7
IV	Песок пылеватый; супесь пылеватая; суглинок тяжелый пылеватый	Сильнопучинистый	Свыше 7 до 10
V	Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый	Чрезмернопучинистый	Свыше 10

В [18] в сложных инженерно-геологических условиях приведена методика, где при расчете местной устойчивости откосов выемок необходимо определить степень пучинистости в зависимости от их естественной влажности и разности величин естественной влажности и влажности на границе раскатывания (пластичности) приведены в табл. 2.11. Здесь интенсивность пучения грунта, рекомендуется принимать по данным полевых или лабораторных определений, а при их отсутствии по табл. 2.11.

Таблица 2.11 – Рекомендации по определению степени пучинистости в зависимости от их естественной влажности и разности величин естественной влажности и влажности на границе раскатывания

W - W _p , %	Интенсивность пучения глинистых грунтов										
	Влажность грунта в слое промерзания, W, %										
	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
1	0,015	0,018	0,021	0,025	0,028	0,031	0,034	0,037	0,041	0,044	0,047
2	0,022	0,025	0,029	0,032	0,035	0,038	0,041	0,045	0,048	0,051	0,054
3	0,034	0,037	0,040и	0,044	0,047	0,050	0,053	0,056	0,060	0,063	0,066
4	0,050	0,054	0,057	0,060	0,063	0,066	0,070	0,073	0,076	0,079	0,082
5	-	0,075	0,078	0,081	0,084	0,088	0,091	0,094	0,097	0,100	0,103
6	-	0,097	0,100	0,104	0,107	0,110	0,113	0,116	0,120	0,123	0,126
7	-	-	0,130	0,133	0,136	0,139	0,143	0,146	0,149	0,152	0,155
8	-	-	0,164	0,167	0,170	0,173	0,176	0,180	0,183	0,186	0,189
9	-	-	-	0,205	0,208	0,212	0,215	0,218	0,221	0,224	0,227
10	-	-	-	0,248	0,251	0,254	0,258	0,261	0,264	0,267	0,270

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Величины интенсивности пучения, приведенные в табл. для грунта с объемным весом скелета $\rho_{ск} = 1,6 \text{ г/см}^3$. Интенсивность пучения грунтов с другим значением $\rho_{ск}$ можно определять по

формуле
$$f_i = \frac{f \cdot \gamma_{ск}^i}{1,6}$$
, где f_i , $\gamma_{ск}^i$ - соответственно интенсивность пучения и объемный вес скелета исследуемого грунта.

2. W - большая из величин влажностей грунта: W_о, вычисленной по формуле, или W_р (естественной), установленной по данным замеров в природных условиях.

3. W_р - влажность данного грунта на границе раскатывания.

При строительстве зданий и сооружений на свайных фундаментах в сезоннопромерзающих или искусственно замороженных пучинистых грунтах необходимо учитывать касательные силы морозного пучения. Расчет оснований и свайных фундаментов по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения грунтов следует производить при эксплуатации неотапливаемых сооружений, мачт линий электропередачи и мобильной связи, трубопроводов и др. [67].

Расчетную удельную касательную силу морозного пучения τ_{fh} , кПа, следует определять, как правило, опытным путем. При отсутствии опытных данных допускается принимать значение τ_{fh} , по таблице в зависимости от вида и характеристик грунта [67].

Таблица 2.12 - Рекомендации по определению удельной касательной силы морозного пучения в зависимости от вида и характеристик грунта [67].

Грунты и их характеристики	Значения τ_{fh} , кПа, при глубине сезонного промерзания-оттаивания d_{fh} , м		
	До 1,5	2,5	3,0 и более
Супеси, суглинки и глины при показателе текучести $I_L > 0,5$, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые при показателе дисперсности $D > 5$ и степени влажности $S_r > 0,95$	110	90	70
Супеси, суглинки и глины при $0,25 < I_L < 0,5$, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые при $D > 1$ и степени влажности $0,8 < S_r < 0,95$	90	70	55
Супеси, суглинки и глины при $I_L < 0,25$, крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые при $D > 1$ и степени влажности $0,6 < S_r < 0,8$	70	55	40
Примечания 1 Для промежуточных глубин промерзания τ_{fh} принимается интерполяцией. 2 Значения τ_{fh} для грунтов, используемых при обратной засыпке котлованов, принимается по первой строке таблицы. 3 В зависимости от вида поверхности фундамента приведенные значения τ_{fh} умножают на коэффициент: при гладкой бетонной необработанной - 1; при шероховатой бетонной с выступами и кавернами до 5 мм - 1,1-1,2, до 20 мм - 1,25-1,5; при деревянной антисептированной - 0,9; при металлической без специальной обработки - 0,8. 4 Для сооружений III уровня ответственности значения τ_{fh} умножают на коэффициент 0,9.			

Выявление взаимосвязей между степенью пучинистости, ее количественными характеристиками, и показателями свойств грунтов проводилось с целью осуществления дальнейшего прогноза степени пучинистости по физическим характеристикам грунтов.

Проведем оценку достоверности предложенных методик по прогнозу степени пучинистости, сравнив фактическую степень пучинистости, полученную в результате проведения лабораторных испытаний на приборе УПГ-МГ4.01/Н и методики прогнозирования соответствующих нормативных документов.

В неактуальной на сегодняшний день версии ГОСТ 25100-95, приведена таблица, согласно которой возможно осуществлять приблизительную оценку степени пучинистости исходя из значений числа пластичности и модуля крупности.

Сравним классификацию ГОСТ 25100-95 и ГОСТ 25100-2011 [34]. В ГОСТ 25100-95 классификация грунтов по пучинистости осуществляется по значениям относительной деформации пучения с учетом характеристики грунтов на основании показателя текучести для глинистых грунтов и модулю крупности для песчаных грунтов. Недостатком данной классификации является недостаточное разделение грунтов по разновидностям в зависимости от значения относительной деформации пучения, а также объединение сильно- и чрезмерноаучинистых грунтов в одну разновидность. Более того, рекомендуемый прогноз по величине показателя текучести для дисперсных грунтов является ошибочным. Из графика зависимости относительной деформации пучения от показателя текучести (рис. 2.27) видно, что данные характеристики имеют неярко выраженную взаимосвязь, что исключает прогнозирование пучения глинистых грунтов исключительно по показателю текучести, что, собственно, и подтверждает, сравнительная характеристика классификаций ГОСТов (табл. 2.13).

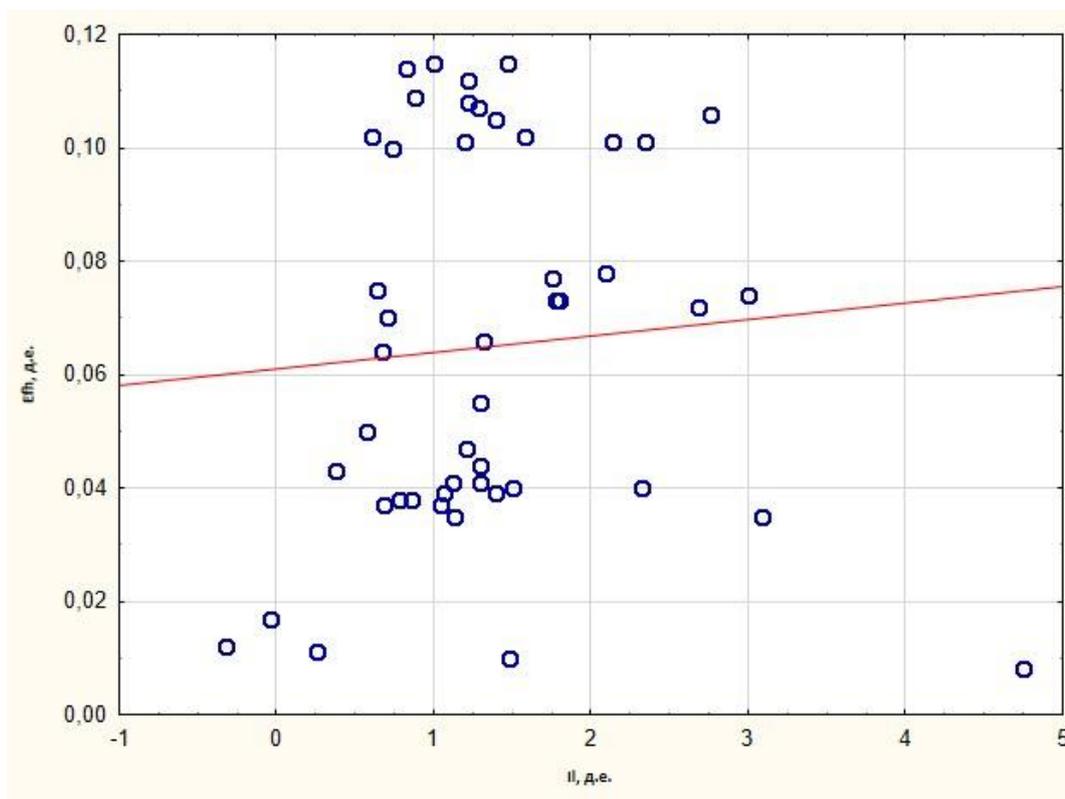


Рисунок 2.27 – График зависимости относительной деформации пучения от показателя текучести

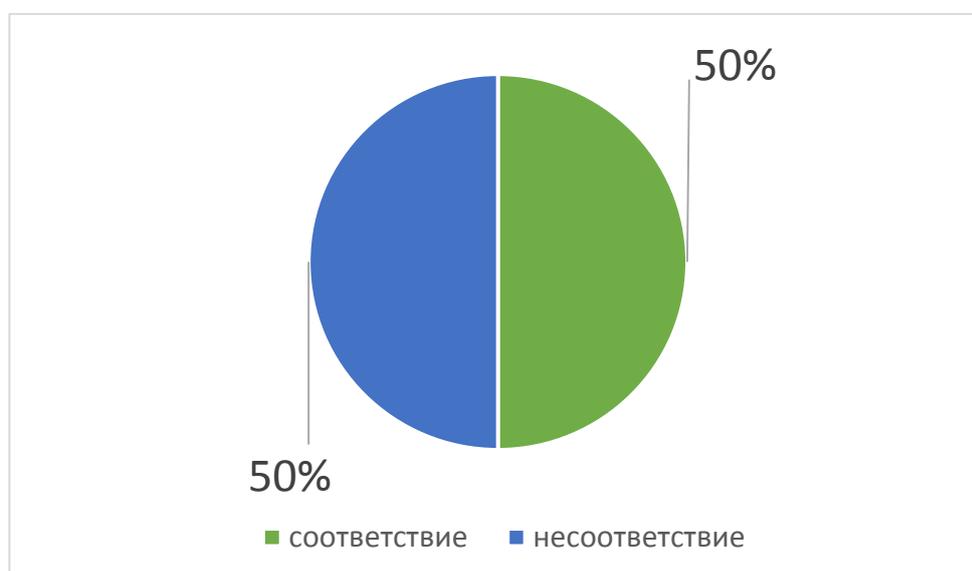


Рисунок 2.28 - Схема результатов сопоставления классификации ГОСТ 25100-2011 и ГОСТ 25100-95

Исходя из схемы (рис. 2.28), отметим, что только для 50% грунтов степень пучинистости дисперсных грунтов по классификации, приведенной в ГОСТ 25100-95 подтвердилась классификацией ГОСТ 25100-2011 [34]. Для остальных грунтов степень пучинистости оказалась, в большинстве своем,

завышенной. Завышение степени пучинистости не является критическим моментом, даже наоборот, усугубление свойств специфических грунтов на территориях их распространения, помогают запроектировать наиболее надежные противопучинистые мероприятия. С другой стороны, слишком завышенная степень пучинистости приводит к назначению инженерных мероприятий по предупреждению деформаций сооружений не подходящим под существующие условия пучинистости грунтов, что повлечет за собой расход излишних материальных и трудовых ресурсов.

Анализируя результаты сравнения классификации по [58] (табл. 2.13) и ГОСТ 25100-2011[34], отмечается полное несоответствие действительной и прогнозируемой по виду грунта степенью пучинистости. Причиной такого несоответствия является разница в наименовании грунтов в классификации ОДН и ГОСТ 25100-2011 [34]. Также, прогноз степени пучинистости исходя, исключительно, из названия грунта позволит дать лишь очень приблизительную оценку, позволив определить склонен ли грунт к пучению, в принципе, или нет.

Таблица 2.13 - Классификация грунтов по степени пучинистости при замерзании [72].

Группы грунтов по пучинистости	Грунт	Степень пучинистости	Относительное морозное пучение
I	Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 до 2%	Непучинистый	1 и менее
II	Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 до 15%, мелкий с содержанием частиц мельче 0,05 до 15%, супесь легкая крупная	Слабопучинистый	Свыше 1 до 4
III	Супесь легкая; суглинок легкий и тяжелый, глины	Пучинистый	Свыше 4 до 7
IV	Песок пылеватый; супесь пылеватая; суглинок тяжелый пылеватый	Сильнопучинистый	Свыше 7 до 10
V	Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый	Чрезмернопучинистый	Свыше 10

Достоверно оценить степень пучинистости исследуемых грунтов согласно Рекомендациям по учету и предупреждению деформаций и сил морозного пучения грунтов не удастся, в связи с отсутствием некоторых данных, необходимых для расчета параметров, определяющих степень пучинистости.

При оценке степени пучинистости, руководствуясь методикой, приведенной в рекомендациях по проектированию земляного полотна дорог в сложных инженерно-геологических условиях, можно сказать, что значения относительной деформации пучения, определенные по таблице в зависимости от значения природной влажности и влажности границы раскатывания, полностью не соответствуют действительным значениям. Но, соотнося полученные значения с классификацией степени пучинистости по [34], разновидность грунтов по степени пучинистости или совпадает с действительной, или же имеет некоторое допустимое расхождение, чуть завышая или чуть занижая степень пучинистости.

Подводя итог, в результате анализа выявленных взаимосвязей между степенью пучинистости и показателями свойств грунтов приблизительная оценка степени пучинистости и прогноз поведения грунта возможно осуществлять, опираясь преимущественно на значения природной влажности и показателей консистенции. Из графика на рис. 2.29 видно, что наиболее просто, по значениям природной влажности и влажностей границы текучести и раскатывания, диагностировать самую опасную разновидность грунтов по степени пучинистости - чрезмернопучинистые грунты, которая отличается максимальными значениями указанных характеристик.

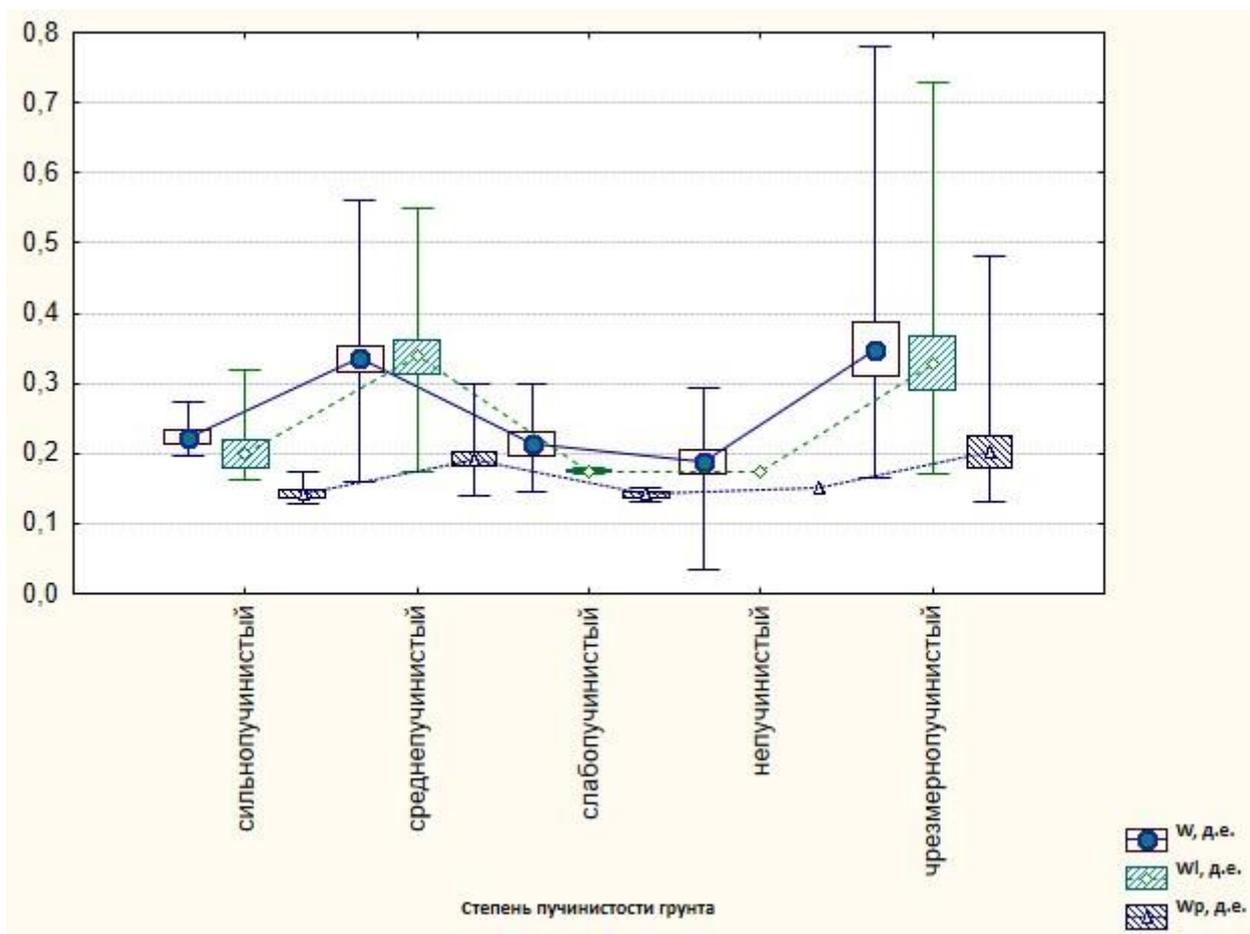


Рисунок 2.29 - Изменение природной влажности и влажностей границы текучести и раскатывания в зависимости от степени пучинистости грунтов

В связи с выявленными закономерностями, на примере грунтов территории Угутского месторождения, можно сказать, что для приблизительной оценки степени пучинистости достаточно проанализировать физические характеристики грунта, чтобы предсказать его поведение при сезонном промерзании-оттаивании, что придает выявленным нами взаимосвязям особую актуальность. Но пренебрегать лабораторными испытаниями на пучинистость не стоит, во избежание последствий некорректной оценки степени пучинистости или ее неточного прогноза.

2.7 Противоупучинистые мероприятия

Морозоопасность грунтов и прогноз их характеристик пучения в целях назначения инженерных мероприятий по предупреждению деформаций сооружений могут быть с достаточной надежностью определены лишь при совместном комплексном учете всех воздействующих на пучение факторов [65].

Морозное пучение грунтов приводит к не только деформации грунтов при зимнем промерзании, но и потере ими несущей способности весной, вследствие осадки и переувлажнения оттаивающего грунта - основания.

Применимость того или иного метода обосновывается видом здания, строения, сооружения, его уровнем ответственности, и целевым использованием, а также свойствами грунтов и внешними условиями природной среды [85].

Недоучет морозного пучения грунтов в строительстве, а также несвоевременное назначение противопучинных мероприятий наносят огромный ущерб народному хозяйству: снижают сроки и ухудшают условия эксплуатации сооружений, вызывают непроизводительные затраты труда, строительных материалов и финансовых средств. Противопучинистые мероприятия направлены на уменьшение сферы взаимодействия конструкции сооружения с такими специфическими грунтами, как пучинистые, и нацелены на предупреждение последствий их проявления. Таким образом, проектирование мероприятий инженерной защиты сооружений от морозного пучения грунтов, несомненно, понесет за собой экономический эффект [65].

Для проектирования мероприятий инженерной защиты сооружений от морозного пучения грунтов необходимы следующие данные: гранулометрический и минеральный состав грунтов; плотность грунтов; водно-физические свойства грунтов (предзимняя влажность, влажность пределов пластичности, полная влагоемкость, коэффициент фильтрации, капиллярное поднятие); теплофизические свойства грунта (теплоемкость, теплопроводность); уровень подземных вод; глубина сезонного промерзания и оттаивания [85].

Противопучинистые мероприятия подразделяют на следующие виды:

- инженерно-мелиоративные (тепломелиорация и гидромелиорация);
- конструктивные;
- физико-химические
- комбинированные [85].

Тепломелиорация направлена на ускорение смерзания свайных фундаментов по боковой поверхности сваи с грунтом, что ведет к заанкериванию фундамента и уменьшению сил морозного пучения. Тепломелиоративные мероприятия заключаются в теплоизоляции фундамента; прокладке вблизи фундамента по наружному периметру подземных коммуникаций, выделяющих в грунт тепло[85].

Гидромелиоративные мероприятия сводятся к понижению уровня грунтовых вод, осушению грунтов в пределах сезонно-мерзлого слоя и предохранению грунтов от насыщения поверхности атмосферными и производственными водами. Применяют открытые и закрытые дренажные системы проектирование которых производят по ГОСТ Гидротехнические сооружения. Основные положения и ГОСТ Инженерная защита территорий от затопления и подтопления [85].

Конструктивные противопучинистые мероприятия предусматривают повышение эффективности работы конструкций фундаментов и сооружений в пучиноопасных грунтах и предназначаются:

- для снижения усилий, выпучивающих фундамент;
- для заанкеривания фундаментов в талых и мерзлых грунтах, залегающих глубже сезонно-промерзающего слоя;
- для приспособления фундаментов и наземной части сооружения к неравномерным деформациям пучинистых грунтов [85].

Для снижения касательных сил пучения следует:

проектировать сооружения на столбчатых и свайных фундаментах;

- уменьшать число отдельно стоящих опор фундаментов с целью увеличения нагрузки на каждую опору;
- уменьшать сечение столбчатых фундаментов и свай в пределах промерзающего слоя;
- устраивать у железобетонных фундаментов наклонные боковые грани ($1^\circ - 2^\circ$), обеспечивающие увеличение сопротивления фундамента действию касательных сил пучения.

Физико-химические противопучинистые мероприятия сводятся к специальной обработке грунта вяжущими и стабилизирующими веществами. Гидрофобизацию грунтов производят посредством обработки его экологически чистым веществом (полимером) при определенных гидротермических условиях [85].

При необходимости в проекте следует предусматривать проведение наблюдений (мониторинга) для обеспечения надежности и эффективности, применяемых противопучинистых мероприятий. Наблюдения должны проводиться за влажностью грунта, режимом промерзания грунта, пучением и деформацией сооружений в предзимний и в конце зимнего периода. Состав и режим наблюдений определяют в зависимости от сложности инженерно-геокриологических условий, типов применяемых фундаментов и потенциальной опасности процессов морозного пучения на осваиваемой территории [85].

Следовательно, при проектировании фундаментов с применением различных противопучинистых мероприятий необходимо знать не только грунтовые условия данной площадки по инженерно-геологическим отчетам, но и основные свойства пучинистых грунтов вообще, а также факторы, обуславливающие силы и деформации морозного пучения.

В целом, противопучинистые мероприятия направлены на уменьшение сферы взаимодействия конструкции сооружения с такими специфическими грунтами, как пучинистые, и нацелены на предупреждение последствий их проявления.

Территория исследуемых объектов Угутского месторождения является неоднородной (по геологическим, гидрологическим, геоморфологическим и гидрогеологическим условиям), поэтому при выборе мероприятий инженерной защиты сооружения необходим индивидуальный подход, который будет учитывать все условия района работ.

Наиболее подходящим мероприятием инженерной защиты территории от последствий проявления пучинистых грунтов для исследуемой территории является замена пучинистых грунтов непучинистыми на часть или на всю

глубину сезонного промерзания грунта. Также возможно применение подсыпок (подушек) из гравия, песка, горелых пород с терриконов и других дренирующих материалов под всем зданием или сооружением слоем на расчетную глубину промерзания грунта без удаления пучинистых грунтов или только под фундаментами при надлежащем технико-экономическом обосновании расчетом. [67]. Допустимо применение также конструктивных решений при работе с пучинистыми грунтами на исследуемой территории.

Обобщая всю проделанную работу, в рамках научно-исследовательской работы, автором также разработана некоторая схема, по работе с пучинистыми грунтами, приведенная на рис. 2.30.



Рисунок 2.30 – Схема по работе с пучинистыми грунтами

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ51	Шрамок Алине Владимировне

Институт	ИПР	Кафедра	ГИГЭ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Природообустройство и водопользование

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования магистерской диссертации являются грунты с территории Угутского месторождения, для которых проводились исследования по определению степени пучинистости. В качестве рабочей зоны выступает Лаборатория исследований грунтов ОАО «ТомскНИПИнефть».
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность	1. Анализ выявленных вредных факторов при проведении лабораторных и камеральных работ: <ul style="list-style-type: none"> • отклонение показателей микроклимата в помещении; • недостаточная освещенность рабочей зоны; • повышенный уровень шума на рабочем месте; • повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны • монотонность труда и умственное перенапряжение. 2. Анализ выявленных опасных факторов при проведении лабораторных и камеральных работ: <ul style="list-style-type: none"> • электрический ток; • острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности инструментов; • статическое электричество; • пожарная и взрывная опасность
2. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> • анализ воздействия на атмосферу (выбросы пыли); • анализ воздействия на гидросферу (сбросы сточных вод, содержащих остатки грунтов); • анализ воздействия на литосферу (отходы и утилизация грунтов).
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> • рассмотрение наиболее вероятной ЧС – пожар; • меры по предупреждению ЧС;

	<ul style="list-style-type: none"> • действия в результате возникновения ЧС.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<ul style="list-style-type: none"> • основы трудового законодательства РФ; • документы, регламентирующие трудовую деятельность и безопасность в ОАО «ТомскНИПИнефть»; • требования, предъявляемые к работнику организации; • характеристика условий труда; • условия организации безопасности рабочего пространства.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	4.04.2017
---	-----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Задорожная Т.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ51	Шрамок Алина Владимировна		

3 Социальная ответственность

Согласно ГОСТ Р ИСО 26000 «Руководство по социальной ответственности» [54], социальная ответственность определяется как ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду, через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется в ее взаимоотношениях.

Данная магистерская диссертация представляет собой научно-исследовательскую работу, целью которой является характеристика процесса пучения на основании выявленных взаимосвязей между степенью пучинистости (ее количественными характеристиками – вертикальной и относительной деформацией пучения), составом и физическими показателями грунта на территории Угутского месторождения.

Лабораторные исследования отобранных образцов грунтов и проб и камеральная обработка результатов проводятся после окончания всех полевых работ. Лабораторные исследования грунтов проводились с соблюдением требований соответствующих ГОСТов в лаборатории исследований грунтов ОАО «ТомскНИПИнефть».

Рабочим пространством при проведении исследований является, непосредственно, Лаборатория исследований грунтов, а рабочей зоной, попеременно, выступают кабинеты лаборатории, в зависимости от вида проводимого исследования.

Лаборатория исследований грунтов представляет собой комплекс производственных помещений, предназначенных для определения физико-механических характеристик грунтов и зоны для камеральной обработки результатов, оснащенной компьютерными устройствами. Помещения характеризуются присутствием достаточного количества естественного

освещения и достаточной, для свободного перемещения и осуществления трудовой деятельности, площадью и планировкой пространства.

Профессиональная социальная безопасность

Во время проведения лабораторных и камеральных работ могут возникнуть потенциально опасные и вредные факторы. Эти источники опасности разделены на виды опасных и вредных факторов на основании ГОСТ 12.0.003-2015 [38] (табл. 3.1).

Таблица 3.1 - Основные элементы производственного процесса при выполнении лабораторных исследований, формирующие вредные и опасные факторы

Этапы работ	Наименование видов работ и параметры производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015[38])		Нормативные документы
		Опасные	Вредные	
Лабораторный и камеральный этапы	1.Определение классификационных и прямых показателей свойств грунтов; 2.Работа на компьютере.	1.Электрический ток; 2. Острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности инструментов; 3. Статическое электричество; 4.Пожарная и взрывная опасность*	1.Отклонение показателей микроклимата в помещении; 2.Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Превышение уровней шума на рабочем месте 4.Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 5. Монотонность труда и умственное перенапряжение	ГОСТ 12.0.003-2015 [38] ГОСТ 12.1.019-2009 [42] ГОСТ 12.1.038-82 [45] ПУЭ [63] ГОСТ 12.1.045-84 [46] ГОСТ 12.1.004-91 [47] НПБ 105-03 [57] СанПиН 2.2.4.548-96 [70] СП 52.13330.2011 [84] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[69] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [68]. ГОСТ 12.1.030-81[44] ГОСТ 12.1.003-2014 [39] ГОСТ 12.1.005-88 [41] Р 2.2.2006-05 [66]

* Примечание: Пожарная и взрывная безопасность рассматривается в разделе «Безопасность в чрезвычайных ситуациях»

3.1 Анализ вредных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария) при производстве лабораторных и камеральных работ

3.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении

Микроклимат представляет собой комплекс физических параметров воздуха, оказывающих влияние на тепловое состояние организма. К ним относят

температуру, влажность, скорость движения воздуха, инфракрасное излучение.

Микроклиматические параметры оказывают значительное влияние как на функциональную деятельность человека – его самочувствие и здоровье, его работоспособность, а также на надежность работы ЭВМ.

На микроклимат помещения лаборатории зачастую влияют погодные условия, особенно в летнее время года, когда продолжительность солнцестояния максимальная и отмечается нагрев помещений извне за счет солнечной радиации.

Основными источниками теплового излучения в лаборатории являются сушильные шкафы, муфельные печи, песчаные бани, а также приборы освещения (лампы накаливания). В кабинете, оборудованном компьютерами, источниками теплового излучения служат системные блоки ПК. В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться параметры микроклимата в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [69].

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м² при облучении 50% поверхности человека и более, согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [70].

Тепловое излучение, как от оборудования, так и возникающее в связи с погодными условиями, неблагоприятно воздействует на организм человека – повышая температуру окружающего воздуха, что затрудняет дыхание и уменьшает поступление кислорода в кровь, тем самым уменьшая работоспособность.

Лабораторные и камеральные работы относятся к категории Iб с интенсивностью энергозатрат до 139 Вт, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением. В помещениях должны соблюдаться следующие параметры микроклимата по СанПиН 2.2.4.548-96 [70] (табл. 3.2 и 3.3).

Таблица 3.2 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах [70].

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
холодный	Іб (до 139)	22-24	21-25	40-60	0,1-0,2
теплый	Іб (до 139)	23-25	22-26	40-60	0,1-0,2

Таблица 3.3 - Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах [70].

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, φ%	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Если $t^{\circ} < t_{\text{оп}}^{\circ}$	Если $t^{\circ} > t_{\text{оп}}^{\circ}$
холодный	Іб (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19-26	15-75	0,1	0,2
теплый	Іб (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20-29	15-75	0,1	0,3

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 м³/ч на одного человека, но не менее двукратного воздухообмена в час.

В камеральных помещениях также необходимо предусматривать систему отопления. Она должна обеспечить достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха в помещениях в холодный период года, а также безопасность в отношении пожара и взрыва. При этом колебания температуры в течение суток не должны превышать 2-3°С.

Таким образом, для поддержания соответствующих микроклиматических параметров должны использоваться системы отопления и вентиляции, а также проводится кондиционирование воздуха.

В лаборатории искусственная вентиляция достигается за счет работы вытяжек общеобменного типа, которые расположены в рабочих зонах с повышенной запыленностью. Также, в других рабочих помещениях для притока свежего воздуха и поддержания оптимальных микроклиматических параметров установлены кондиционеры. А для уменьшения воздействия солнечной радиации, преимущественно в летний период времени, используются жалюзи.

3.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Производственное освещение - неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность труда находится в прямой зависимости от рациональности освещения и повышается на 10-12%.

Различают следующие виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное. Естественное освещение осуществляется за счет прямого и отраженного света неба. Естественное освещение осуществляется через светопроемы, ориентированные на восток и запад. Искусственное освещение осуществляется светильниками и прожекторами. Оно может быть общим, местным или комбинированным. Искусственное освещение применяется при работе в темное время суток и днем при недостаточном естественном освещении. Если в светлое время суток уровень естественного освещения не соответствует нормам, то его дополняют искусственным. Такой вид освещения называют *совмещенным* [84].

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиНом 2.2.1/2.1.1.1278-03 [68]. Так как лаборатория представляет собой кабинеты и рабочие комнаты, научно-исследовательского и проектного учреждения, а также лаборатория имеет помещение для работы с дисплеями и ПК, требования, предъявляемые к освещению производственных помещений для ЛИГ, регламентируются [68] и представлены в табл. 3.4.

Таблица 3.4 - Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения [68].

Наименование помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г – горизонтальная, В – вертикальная) и высота плоскости над полом, м.	Естественное освещение КЕО, %		Совмещенное освещение КЕО, %		Искусственное освещение		
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При комбинированном освещении		При общем освещении
						всего	от общего	
<i>Конструкторские и проектные организации, научно-исследовательские учреждения</i>								
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	Г-0,8	3,0	1,0	1,8	0,6	400	200	300
Помещение для работы с дисплеями и видеотерминалами и залы ЭВМ	Г-0,8 Экран Монитора В-1,2	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400 200

Нормы освещенности зависят от принятой системы освещения. Так, при комбинированном искусственном освещении, как более экономичном, нормы выше, чем при общем. При этом освещенность, создаваемая светильниками общего освещения, должна составлять не менее 300-500 лк, а комбинированная - 750 лк [68].

В качестве источников искусственного освещения в лаборатории используются люминесцентные лампы типа ЛБ, которые попарно объединяются в светильники. Также, при проведении некоторых видов исследований, возникает необходимость применения ламп накаливания в светильниках местного освещения.

Яркость светящихся поверхностей, находящихся в поле зрения не должна превышать 200 нт/м². Недостаточную освещенность устраняют при помощи дополнительных источников освещения.

3.1.3 Превышение уровней шума на рабочем месте

Шум — это беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры. С физиологической точки зрения шум — это всякий неблагоприятный воспринимаемый звук.

Длительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к глухоте. Шумовое воздействие на рабочем месте неблагоприятно отражается на работающих и приводит к:

- снижению внимания;
- увеличению расхода энергии при одинаковой физической нагрузке;
- замедлению скорости психических реакций и т.п.

Источниками шума на рабочем месте, в лаборатории, может явиться оборудование - компрессоры, уплотняющие установки, сушильный шкаф, грунтовые мельницы и дробилки, также шум может провоцировать течение воды, работа вентиляционной системы или ЭВМ.

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах следует принимать согласно ГОСТ 12.1.003-2014 [39], выбирая вид трудовой деятельности для лаборатории, исходя из наличия как рабочих помещений, так и помещения для камеральной обработки результатов, оборудованного ПК.

Таблица 3.5 - Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня шума [39].

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами в Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Предприятия, учреждения и организации										
Помещения лабораторий для проведения экспериментов	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Помещения в лабораториях для теоретических работ и обработки данных	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Средства и методы защиты от шума, применяемые на рабочих местах производственных и вспомогательных помещений, на территории промышленных предприятий, устанавливает ГОСТ 12.1.029-80 [43].

Одним из эффективных методов защиты от шума является правильная организация труда и отдыха (устройство кратковременных перерывов в работе). При проведении лабораторных работ данное мероприятие является наиболее подходящим, так как методика проведения испытаний грунтов и использование оборудования, производящего шум, предполагает перерывы в работе за счет смены деятельности, в связи с чем воздействует на сотрудника непродолжительно. Альтернативным методом защиты от шума является применение средств индивидуальной защиты - противошумные вкладыши и противошумные наушники.

3.1.4 Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

При проведении лабораторных исследований в воздух выделяются вредные и опасные твердые и жидкие вещества, а также пары и газы. Пары и газы образуют с воздухом смеси, а твердые и жидкие частицы образуют аэродисперсные системы – аэрозоли.

Аэрозолями называют воздух или газ, содержащие в себе взвешенные твердые или жидкие частицы. Аэрозоли дезинтеграции образуются при дроблении какого-либо твердого вещества, например, в дезинтеграторах, дробилках, мельницах и других процессах.

В лаборатории, непосредственным источником пыли, является грунт, частицы которого при проведении испытаний и пробоподготовки, особенно в сухом состоянии, распространяются на большие расстояния, при этом, попадая не только на рабочую поверхность и загрязняя ее, но и в организм человека.

Биологическая активность пыли зависит от ее химического состава. Фиброгенность пыли определяется содержанием в ней свободной двуокиси кремния (SiO_2). Чем больше содержание в пыли свободной двуокиси кремния, тем она более агрессивна.

Пыль, попадая в организм человека, оказывает фиброгенное воздействие, заключающееся в раздражении слизистых оболочек дыхательных путей. Оседая

в легких, пыль задерживается в них. При длительном вдыхании пыли возникают профессиональные заболевания легких – пневмокониозы. При вдыхании пыли, содержащей свободный диоксид кремния (SiO₂), развивается наиболее известная форма пневмокониоза – силикоз [17]. Для воздуха рабочей зоны производственных помещений и открытых площадок в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 [41] устанавливаются предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ. ПДК выражаются в миллиграммах (мг) вредного вещества, приходящегося на 1 кубический метр воздуха, т. е. мг/м³. ПДК пыли приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6 - Предельно-допустимые концентрации пыли [41]

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Агрегатное состояние	Класс опасности
Пыль растительного и животного происхождения: с примесью диоксида кремния	4	аэрозоль	IV

Для снижения содержания пыли в воздухе рабочей зоны, в частности лабораторных помещений, проводятся следующие мероприятия:

- увлажнение обрабатываемых материалов предупреждает пыление, попадание частиц пыли в воздух рабочей зоны;
- использование вентиляции;
- применение средств индивидуальной защиты – маски, респираторы.

В лаборатории имеют применение все вышеперечисленные мероприятия по снижению содержания пыли в воздухе.

Для защиты от воздействия вредных веществ, находящихся в воздухе рабочей зоны, рекомендуется использовать индивидуальные средства защиты работающих (респираторы), однако следует учитывать, что при этом существенно снижается производительность труда персонала [17]. Фильтрующими приборами пользуются при невысоком содержании вредных веществ в воздухе рабочей зоны (не более 0,5% по объему) и при содержании кислорода в воздухе не менее 18%.

В лабораторных помещениях, в нашем случае, пыль хоть и не токсичная, но является постоянным вредным выделением, которое поступает в воздух в

большом объеме. Воздухообмен в производственном помещении достигается за счёт многочисленных вытяжных устройств, расположенных в кабинетах с особо пыльными условиями производства работ

Необходимость воздухообмена также обосновывается удалением вредных веществ (выделяющихся вредных газов, паров и пыли); удалением излишних водяных паров; удалением избыточного тепла.

Определение потребного воздухообмена производится по допустимой концентрации пыли в помещении и воздухе населенных мест.

3.1.5 Монотонность труда и умственное перенапряжение

На данном этапе работы включают в себя все виды деятельности, требующие напряжения работы головного мозга, центральной нервной системы и зрительного напряжения. Факторы трудового процесса: тяжесть труда и монотонность труда проводится в соответствии с руководством Р 2.2.2006–05 [66].

Количественной оценкой умственного труда является степень нервно-эмоциональной напряженности. Напряженность труда – характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку преимущественно на ЦНС, органы чувств, эмоциональную сферу работника. Характеризуется интеллектуальными нагрузками (содержание работы, степень сложности задания), сенсорными (длительность наблюдения и число одновременно наблюдаемых объектов: контрольно-измерительные приборы, продукт производства), эмоциональными (степень ответственности, риска для собственной жизни и безопасности других лиц), степенью монотонности нагрузок, режимом работы (продолжительность рабочего дня, сменность работы).

Лабораторные испытания грунтов непосредственно связаны с монотонной деятельностью и умственным перенапряжением, в следствие чего, согласно [66] класс условий труда по напряженности трудового процесса характеризуется как вредный:

- решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкции);

- обработка, проверка и контроль за выполнением задания;

- работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат.

Основным показателем трудовой деятельности человека принято считать его работоспособность, то есть способность производить действия, характеризующаяся количеством и качеством работы за определенное время. Во время трудовой деятельности функциональная способность организма изменяется во времени.

В соответствии с суточным циклом организма наивысшая работоспособность отмечается в утренние (с 8 до 12) и дневные (с 14 до 17) часы. В дневное время наименьшая работоспособность, как правило, отмечается в период между 12 и 14 ч, а в ночное время – с 3 до 4 ч.

С учетом этих закономерностей определяют сменность работы предприятий, начало и окончание работы в сменах, перерывы на отдых и сон.

На нормализацию условий труда направлены следующие мероприятия:

- чередование периодов работы и отдыха;
- двукратный отпуск в течение одного года работы;
- целесообразность пятидневной рабочей недели с двумя выходными днями подряд [17].

ОАО «ТомскНИПИнефть», куда входит Лаборатория исследований грунтов, выполняет все мероприятия, направленные на нормализацию условий труда в отношении сотрудников лаборатории.

3.2 Анализ опасных факторов и обоснование мероприятий по их при производстве лабораторных и камеральных работ

3.2.1 Электрический ток

При выполнении лабораторных и камеральных работ источником поражения электрическим током являются: электрические провода,

электрические приборы (электроприводы вспомогательных устройств, обогревательных элементов, работающих от электричества), выключатели, розетки, вилки, рубильники, переносимые лампы, ЭВМ.

Основная причина поражения электрическим током – нарушение правил работы с электроприборами по ГОСТ 12.1.019-2009 [42]. Причиной поражения электрическим током в лаборатории может явиться использование неисправных электроприборов, контакт сотрудника с токоведущими не изолированными частями электроприборов, ошибочно поданное напряжение на рабочее место, а также неисправность электропроводки.

Электрический удар – это возбуждение живых тканей током, сопровождающееся сокращением мышц. Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает на него сложное действие, включая термическое, электролитическое и биологическое. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, устанавливает ГОСТ 12.1.038–82 [45].

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 – 2 мА, при 10 секунд и менее – 6 мА [38].

Для предотвращения электротравматизма большое значение имеет правильная организация работ, то есть соблюдение правил технической эксплуатации электроустановок и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок. Основная причина смертельных случаев, связанных с поражением электрическим током – нарушение правил работы с электроприборами по ГОСТ 12.1.019-2009 [42]. Во избежание поражения электрическим током все токоведущие части электроприборов должны быть изолированы или закрыты кожухом.

К коллективным средствам защиты от поражения электрическим током, согласно ГОСТ 12.4.011–89 [51], применяемым в лаборатории исследований грунтов относятся:

- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления и зануления;
- устройства автоматического отключения;
- предохранительные устройства;
- знаки безопасности.

Индивидуальные дополнительные электротехнические средства обладают недостаточной электрической прочностью и не могут самостоятельно защитить человека от поражения током, поэтому их назначение – усилить защитное действие основных изолирующих средств, с которыми они должны применяться. К таким индивидуальным средствам защиты, применяемым в лаборатории, относятся диэлектрические резиновые коврики и резиновые перчатки, а также изолирующие подставки.

Среди мероприятий, проводимых в ЛИГ, направленных на ликвидацию причин травматизма осуществляются следующие:

- систематический контроль состояния изоляции электропроводов и кабелей;
- разработка инструкций по техническому обслуживанию и эксплуатации средств вычислительной техники, и контроль за их соблюдением;
- соблюдение правил противопожарной безопасности;
- своевременное и качественное выполнение работ по проведению планово-профилактических испытаний и предупредительных ремонтов.

В зависимости от условий, повышающих или понижающих опасность поражения электрическим током, все помещения делят на: помещения с повышенной опасностью, особо опасные и помещения без повышенной опасности. Помещения лаборатории и камеральной обработки материалов относятся к помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током, согласно ПУЭ [63], так как они характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность, а именно:

- влажность воздуха не превышает 75%;
- отсутствие токопроводящей пыли;

- отсутствие токопроводящих полов;
- относительно не высокая температура воздуха (ниже плюс 35⁰С).

Общие требования по электробезопасности отражены в ГОСТ 12.1.019-79 [42] и ГОСТ 12.1.038-82 [45].

Что касается камерального помещения, то при работе на ПЭВМ все узлы одного компьютера и подключенное к нему периферийное оборудование должно питаться от одной фазы электросети [44]:

- для отключения компьютерного оборудования должен использоваться отдельный щит с автоматами защиты и общими рубильниками;
- все соединения ЭВМ и внешнего оборудования должны проводиться при отключенном электропитании.

3.2.2 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 [46] в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах. Предельно допустимый уровень напряжения ЭСП Епред равен 60 кВ/м в течение 1ч.

Воздействие электростатического поля (ЭСП) на человека связано с протеканием через него слабого тока (несколько микроампер). Электротравм никогда не наблюдается, однако вследствие рефлекторной реакции на ток возможна механическая травма при ударе о рядом расположенные элементы конструкций, 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.

3.2.3 Острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности инструментов

В этом случае опасность исходит от оборудования, применяемого для лабораторных опытов, таких как кольца для определения плотности грунта, инструмент для забивания колец в монолит, а также поверхности лабораторных приборов.

Элементы и конструкции производственного оборудования не должны иметь острых углов, кромок, заусенцев и поверхностей с неровностями, представляющих опасность травмирования работающих, если их наличие не определяется функциональным назначением этих элементов. В последнем случае должны быть предусмотрены меры защиты работающих по ГОСТ 12.0.003-2015 [38].

При этом неправильное или неаккуратное использование данного оборудования может привести к различного рода механическим травмам, а именно порезам, ушибам, ссадинам, переломам.

В целях предупреждения получения подобного рода травм в лаборатории, следует соблюдать меры предосторожности при работе с технологическим инструментом и оборудованием, основательно подходить к организации трудовой деятельности, не нарушая методик выполнения испытаний грунтов и используя оборудование по назначению. В качестве СИЗ возможно применение спецодежды, уменьшающей прямой контакт опасного фактора с кожей и частями тела работающего – халат, перчатки и т.п. Так же к работе должны допускаться лица прошедшие медицинское обследование и инструктаж [47].

3.3 Экологическая безопасность

Геологическая среда - неотъемлемая часть окружающей среды и биосферы, охватывающая верхние разрезы гидросферы, в которую входят

четыре важнейших компонента: горные породы (вместе с почвой), подземные воды (вместе с жидкими углеродами), природные газы и микроорганизмы, постоянно находящиеся во взаимодействии, формируя в естественных и нарушенных условиях динамическое равновесие.

Безопасность экологическая - состояние природной среды, обеспечивающее экологический баланс в природе и защиту окружающей среды и человека от вредного воздействия неблагоприятных факторов, вызванных естественными процессами и антропогенным воздействием, включая техногенное (промышленность, строительство) и сельскохозяйственное [76].

Экологически вредное воздействие - воздействие объекта хозяйственной или иной деятельности, приводящее к значительным, иногда необратимым изменениям в природной среде и оказывающее негативное влияние на человека [76].

Обеспечение экологической безопасности на территории РФ, формирование и укрепление экологического правопорядка основаны на действии Федерального закона «Об охране окружающей среды» [89]. Закон содержит свод правил охраны окружающей природной среды в новых условиях хозяйственного развития и регулирует природоохранные отношения в сфере всей природной среды, не выделяя ее отдельные объекты, охране которых посвящено специальное законодательство.

ОАО «ТомскНИПИнефть» является научно-исследовательским и проектным институтом ОАО «НК» РОСНЕФТЬ», поэтому, при осуществлении своей деятельности, руководствуется Политикой в области охраны окружающей среды (№ПЗ-05.02 П-01), разработанной компанией. Политика разработана с учетом требований законодательства Российской Федерации, в том числе Федерального закона от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды», международного стандарта ISO 14001 и OHSAS 18001 и лучших мировых практик в области охраны окружающей среды.

В процессе осуществления рабочей деятельности, лаборатория исследований грунтов воздействует на атмосферу, гидросферу, литосферу.

Охрана данных компонентов природной среды и организация мероприятий по снижению воздействия деятельности лаборатории на окружающую среду организуется Департаментом лабораторных исследований, куда относится ЛИГ. В связи с отсутствием достаточного воздействия, которое негативно повлияло бы на качество компонентов природной среды, деятельность всех испытательных лабораторий считается безопасной.

3.3.1 Охрана атмосферы

Цель защиты атмосферы от вредных выбросов и выделений сводится к обеспечению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны и приземном слое атмосферы равных или менее ПДК.

Пыль, образующаяся в результате проведения испытаний грунтов и попадающая в атмосферу за счет работы вентиляции, не попадает в атмосферу в достаточном для загрязнения количестве. Такая пыль не содержит оксидов токсичных металлов и неметаллов, которые являются распространенными компонентами, загрязняющими атмосферный воздух, предельно допустимые концентрации которых регламентируются ГН 2.2.5.1313–03 [29] или ГН 2.2.5.2308 – 07 [30]. Упоминания о «грунтовой» пыли, характерной для ЛИГ, отсутствуют в каком-либо нормативном документе, поэтому нормирование выбросов лаборатории осуществляется по похожему виду пыли - пыль растительного и животного происхождения: с примесью диоксида кремния по ГОСТ 12.1.005-88 [41]. Оценка объемов выбросов пыли лабораторией показала, что они минимальны и нетоксичны. В этой связи, можно рассматривать Лабораторию исследований грунтов как производственное помещение, которое не выбрасывает в атмосферу загрязняющие вещества, в таких объемах, чтобы оказывать воздействие на качество атмосферного воздуха.

3.3.2 Охрана гидросферы

При проведении лабораторных работ сточные воды подлежат сбросу в канализационную сеть населенного пункта.

К источникам загрязнения гидросферы, при исследовании грунтов, можно отнести грунты, оставшиеся на лабораторной посуде, бьюксах в ходе ее применения, которые попадают в центральную канализационную сеть в следствие их очищения и мытья. Грунты попадают в сточные воды в количестве, недостаточном для загрязнения.

Деятельность лаборатории косвенно загрязняет гидросферу и лишь опосредовано влияет на качество воды в водном объекте, куда осуществляется сброс сточных вод. Таким образом, грунты, попадая в водный объект со сточными водами, могут увеличивать мутность воды в водном объекте, а также накапливаться на дне водоема или водотока в месте осуществления сброса сточных вод. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений устанавливает ГОСТ 17.1.3.13–86 [52].

3.3.3 Охрана литосферы

В ЛИГ главным и основным загрязнителем литосферы являются отработанные грунты. Отработанные грунты согласно определению, приведенному в ГОСТ 17.5.1.01-83 [53], можно отнести к отвальным грунтам. Отвальные грунты – это горные породы, составляющие отвал, разрыхленные или более, или менее перемешанные в процессе их выемки, транспортирования и отвалообразования.

Во избежание загрязнения литосферы, в лаборатории придерживаются схемы утилизации грунтов, конечным этапом которой является попадание отработанных объемов грунта на отвал. Согласно данной схемы, все сотрудники лаборатории утилизируют грунты в специально отведенные контейнеры (отдельно от твердых бытовых отходов), которые после выносятся в специально-отведенное место на территории организации. Дальнейшая утилизация грунтов до места их складирования, осуществляется сторонней организацией, в соответствии с требованиями санитарно-эпидемиологической службы к вывозу и утилизации грунта.

Требования к объектам размещения отходов, а также их утилизации, выполняются в соответствии с ФЗ «Об отходах производства и потребления» [88].

В лаборатории также имеются твердые бытовые отходы, в качестве которых выступают продукты питания, бумага, пластиковая тара, канцелярия и т.п. Такие отходы должны быть размещены на полигоне ТБО, что и осуществляется посредством организованного вывоза отходов с территории ОАО «ТомскНИПИнефть».

3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой жертвы, ущерб здоровью или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Под источником ЧС понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространенную инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошло или может возникнуть ЧС.

ЧС могут быть классифицированы по значительному числу признаков:

- по происхождению (антропогенные, природные);
- по продолжительности (кратковременные затяжные);
- по характеру (преднамеренные, непреднамеренные);
- по масштабу распространения.

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС являются пожар или взрыв на рабочем месте, поэтому на каждом предприятии обеспечение пожарной безопасности является первостепенной задачей.

Пожарная безопасность - это система организационных и технических средств, направленных на профилактику и ликвидацию пожаров.

Основополагающими законодательными актами в области пожарной безопасности являются Федеральный закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [87], определяющий общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации и Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [90], устанавливающий основные положения технического регулирования в указанной сфере и общие требования пожарной безопасности к объектам защиты

Причинами возникновения пожаров в помещении являются: неосторожное обращение с огнем, разряды статического и атмосферного электричества, чаще всего происходящие при отсутствии заземлений и молниеотводов; неисправность производственного оборудования и нарушение технологического процесса.

Согласно НПБ 105-03 [57] и СП 12.13130.2009 [78], помещения ЛИГ по пожарной взрывной относятся к категории относятся к пожароопасным помещениям категории В (В1-В4), согласно ФЗ № 123 от 22.07.2008 г. «Технический регламенту о требованиях пожарной безопасности» [90] и характеризуются как помещения, в которых находятся горючие и трудно горючие твердые материалы (в том числе пыли и волокна, мебель), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 [40] и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83 [50].

При проведении лабораторных и камеральных работ необходимо соблюдать технику противопожарной безопасности, регламентируемую на предприятии.

Запрещается загромождать предметами и оборудованием проходы, коридоры, выходы и лестницы. Все двери эвакуационных выходов должны свободно открываться в направлении выхода из зданий. Основными системами

пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарная защита [53].

В помещении лаборатории на видном месте должен быть вывешен план эвакуации сотрудников в случае возникновения пожара.

Все сотрудники лаборатории должны быть обучены правилам обращения с огне- и взрывоопасными веществами, газовыми приборами, а также должны уметь обращаться с противогазом, огнетушителем и другими средствами пожаротушения, имеющимися в лаборатории.

Курить разрешается только в отведенном и оборудованном для этой цели месте. Курить в помещениях лаборатории строго запрещается!

Все нагревательные приборы должны быть установлены на термоизолирующих подставках.

Запрещается эксплуатация неисправных лабораторных и нагревательных приборов.

После окончания работы необходимо отключить электроэнергию, газ и воду во всех помещениях.

Все работники на предприятии должны проходить специальную противопожарную подготовку. Ответственные за пожарную безопасность обязаны не допускать к работе лиц, не прошедших инструктаж по соблюдению требований пожарной безопасности. Обучать персонал правилам пожарной безопасности и разъяснять порядок действий в случае загорания или пожара, контролировать соблюдение рабочими противопожарного режима, обеспечивать исправное содержание и постоянную готовность к действию средств огнетушения, применять меры по ликвидации возникающих пожаров.

За нарушение правил, рабочие несут ответственность, относящуюся к выполняемой ими работе или специальных инструкций в порядке, установленном правилами внутреннего трудового распорядка.

При сигнале об аварии, сотрудники предприятия обязаны немедленно принять меры индивидуальной защиты и покинуть рабочее помещение, двигаясь заранее установленным маршрутом к эвакуатору. Средства коллективной и

индивидуальной защиты должны обеспечивать безопасность людей в течение всего времени действия опасных факторов пожара. Коллективную защиту следует обеспечивать с помощью пожаробезопасных зон и других конструктивных решений. Средства индивидуальной защиты следует применять также для пожарных, участвующих в тушении пожара.

Каждый сотрудник лаборатории, заметивший пожар, задымление или другие признаки пожара, обязан [62]:

- немедленно вызвать пожарную часть по телефону;
- принять меры по ограничению распространения огня и ликвидации пожара;
- поставить в известность начальника лаборатории, который в свою очередь должен известить сотрудников, принять меры к их эвакуации и ликвидации пожара.

Для быстрой ликвидации возможного пожара при производстве работ располагается стенд с противопожарным оборудованием, содержание которого должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.004-91[40] (табл. 3.7).

Таблица 3.7 - Противопожарное оборудование на предприятии

Оборудование	Количество, шт.
Огнетушитель марки ОУ-5	1
Ведро пожарное	1
Багор	1
Топор	1
Лом	1
Ящик с песком, 0.2м ³	1

Пожарный щит необходим для неотложных мер по тушению возможного возгорания до приезда пожарной бригады (звонить 01 или с сотового 010). Инструменты должны находиться в исправном состоянии и обеспечивать в случае необходимости возможность либо полной ликвидации огня, либо локализации возгорания [38].

Лаборатория исследований грунтов находится на первом этаже здания ОАО «ТомскНИПИнефть» и имеет прямой доступ к пожарному выходу, расположенному в непосредственной близости к бомбоубежищу, находящемуся на территории организации

В случае возникновения чрезвычайной ситуации, сотрудники проинструктированы о действиях, что свидетельствует об обеспечении организацией безопасности здоровья и жизни человека при возникновении чрезвычайной ситуации (ядерной опасности, в том числе).

Организацией ежегодно проводится комплекс обучающих занятий по пожарной безопасности, среди которых учения по эвакуации в случае пожара, обучение по тушению пожара, эксплуатации огнетушителя и др. Также, в ОАО «ТомскНИПИнефть» имеется ответственный за противопожарную безопасность, проводящий систематический инструктаж всех сотрудников по пожарной безопасности и контролирующий соблюдение требований техники безопасности на рабочих местах.

3.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Охрана труда – система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические и иные мероприятия.

Правовые вопросы безопасности труда в России обеспечивает Конституция страны, которая гарантирует права граждан на труд, отдых, охрану здоровья, материальное обеспечение в старости, в случае болезни, при полной или частичной нетрудоспособности. В 1970 г. были приняты «Основы законодательства Российской Федерации о труде», которые пересматривались в 1990 г. Во многих статьях этого документа отражены вопросы создания безопасных условий труда: режимы труда и отдыха при проведении различных работ, гарантии и компенсации для трудящихся во вредных условиях, особенности использования труда женщин и молодежи, компенсации в связи с несчастными случаями, контроль и надзор за соблюдением законодательства о труде и ряд других.

В действующий в настоящее время «Кодекс законов о труде РФ» (КЗоТ РФ) включены основные требования, направленные на создание здоровых и

безопасных условий труда. Таким образом, главные задачи трудового законодательства: создание необходимых правовых условий для достижения согласования интересов сторон трудовых отношений, интересов государства, а также правовое регулирование трудовых отношений и иных непосредственно связанных с ними отношений.

Рабочая деятельность сотрудников ОАО «ТомскНИПИнефть» регламентируется Коллективным договором. Действующий коллективный договор является правовым актом, регулирующим трудовые и социальные отношения между Работодателем и Работниками на основании взаимных интересов сторон. Коллективный договор организации разработан в соответствии с требованиями «Кодекса законов о труде РФ» и нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права.

В Коллективном договоре тщательно разработан раздел «Охрана труда», где конкретно расписаны обязанности сторон по обеспечению безопасности жизни и здоровья работников. В организации также ведется политика в области промышленной безопасности и охраны труда, разработанная ОАО «НК» РОСНЕФТЬ» (№ПЗ-05.01 П-01).

Деятельность сотрудников лаборатории, помимо основных нормативных документов в области охраны труда, регламентируется «Положением о подразделении Лаборатории исследований грунтов», «Должностной инструкцией инженера» (соответствующей категории – I или II), а также трудовым договором.

Согласно внутренним трудовым документам, к инженеру ЛИГ предъявляются такие требования, как наличие высшего профессионального (геологического, инженерно-строительного) образования, наличие профессиональных знаний. Должностная инструкция также определяет функциональные обязанности, права и ответственность работника.

С апреля 2016 г. трудовой договор инженеров ЛИГ был дополнен пунктом, касательно условий труда: «Условия труда на рабочем месте Работника относятся к допустимым (класс 2). Рабочее место соответствует

государственным нормативным требованиям охраны труда». Согласно Федеральному закону от 28.12.2013 №426-ФЗ (ред. От 01.05.2016) «О специальной оценке условий труда» [91], допустимыми условиями труда являются условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные факторы, уровни воздействия которых не превышают уровни, установленные нормативами(гигиеническими нормативами) условий труда, а измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается во время регламентированного отдыха или к началу следующего рабочего дня(смены).

При трудоустройстве в ОАО «ТомскНИПИнефть», для получения допуска к исполнению своих обязанностей, помимо соответствующего специального образования, Работнику необходимо пройти медицинский осмотр, инструктаж по охране труда и технике безопасности, получить спецодежду.

Вопросы, касающиеся организации рабочей деятельности в ЛИГ соотносятся с правильной, удобной и безопасной организацией рабочего пространства. Важнейшими условиями рациональной организации лаборатории следует считать целесообразное размещение рабочих мест и оборудования. Общие эргономические требования к производственному оборудованию установлены ГОСТ 12.2.049-80 [49].

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2BM51	Шрамок Алине Владимировне

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

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость финансовых и человеческих ресурсов при проведении лабораторных работ по определению степени пучинистости и сопутствующих физических характеристик для грунтов территории Угутского месторождения.
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- Единые нормы времени и расценки (ЕНВиР) - «Сборник единичных сметных расценок и норм времени на инженерно-геологические изыскания» - М. 1983 -269 с; - Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства за 1999 год (СБЦ -99); - Письмо ОАО «ПНИИИС» №11/149 от 3.04.2015.
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Налоговый кодекс РФ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Оценка перспективности использования результатов лабораторных исследований степени пучинистости грунтов территории Угутского месторождения
<i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Расчет трудоемкости исследований и сметной стоимости комплекса лабораторных исследований и работ
<i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка эффективности использования результатов комплексных исследований грунтов на пучинистость

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Диаграмма структуры затрат при проведении исследовательской работы по определению взаимосвязи между физическими характеристиками грунта и степенью пучинистости

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	3.04.2017
--	-----------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ51	Шрамок А.В.		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Основной целью данной магистерской диссертации является характеристика процесса пучения на основании выявленных взаимосвязей между степенью пучинистости (ее количественными характеристиками – вертикальной и относительной деформацией пучения), составом и физическими показателями грунта на территории Угутского нефтяного месторождения.

Для осуществления поставленной цели необходимо выполнить следующие основные задачи:

- Оценить состояние компонентов геологической среды территории и Угутского месторождения.
- Проанализировать инженерно-геологические условия территории, где располагается район исследований.
- Привести объемы и виды лабораторных работ, выполненных в рамках исследовательской работы.
- Произвести расчет затрат времени на проведение лабораторных работ по определению, как самой степени пучинистости, так и сопутствующих физических характеристик грунта.
- Составить смету на выполнение лабораторных работ для исследуемых грунтов, привести структуру затрат.
- Произвести расчет заработной платы.
- Произвести оценку эффективности использования результатов исследований.

Исследуемая территория в административном отношении расположена в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области и приурочена к Угутскому месторождению нефти (рисунок) Изыскания проводились в районе, приравненном к районам Крайнего Севера [1].

На природные ландшафты описываемой территории оказывает влияние хозяйственная деятельность человека, а именно строительство и обустройство

месторождений, под влиянием которых создаются антропогенные ландшафты. Анализируя степень комплексного воздействия нефтегазовой отрасли природную среду, очевидно становится, что загрязнению подвергаются атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почво-грунты, вследствие чего оценить состояние природной среды можно как неблагоприятно [1].

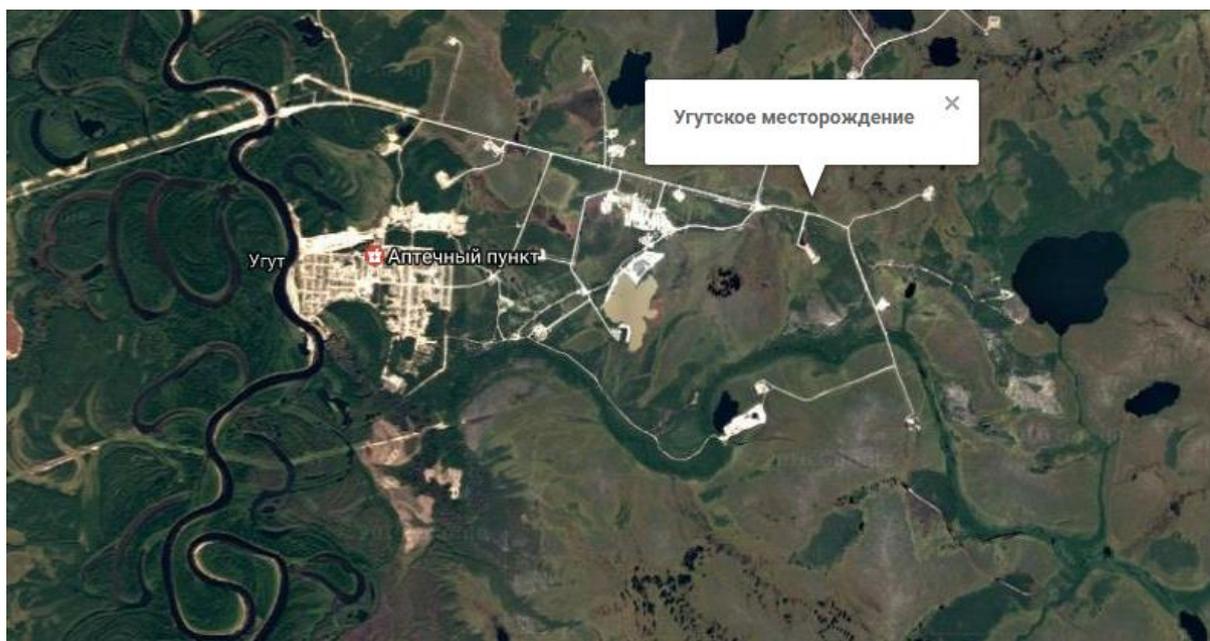


Рисунок 4.1 - Фрагмент карты с указанием местоположения Угутского месторождения [94].

На исследуемом участке из специфических грунтов имеют распространение техногенные, органоминеральные и органические грунты, также развиты такие процессы, как заболачивание, подтопление и морозное пучения, которые определяют категорию сложности инженерно-геологических условий, согласно приложению, Б СП 11-105-97 [71], как II и III (средняя и сложная).

Для исследовательской работы автором были взяты 80 образцов грунтов, отобранные с территории объектов Угутского месторождения. Известно, что отбор образцов осуществлялся при проведении инженерно-геологических изысканий для проектирования на стадии рабочая документация.

4.1 Перечень видов, состава и объемов лабораторных исследований и работ

Расчет объемов и стоимости работ по определению степени пучинистости и сопутствующих физических характеристик грунтов производится только в рамках лабораторных испытаний и камеральной обработки результатов, проводимых на базе Лаборатории исследований грунтов ОАО «ТомскНИПИнефть», без учета полевых работ, так как отбор проб и их доставка в лабораторию организовывается и осуществляется геологической группой Департамента инженерно-строительных изысканий ОАО «ТомскНИПИнефть».

Исследовательской работой предусматривались лабораторные определения физических свойств, которые проведены в стационарной аккредитованной лаборатории исследований грунтов ОАО «ТомскНИПИнефть».

Определение физических свойств грунтов проведены согласно действующим государственным стандартам.

По образцам грунтов нарушенной структуры определялся гранулометрический состав по ГОСТ 12536-2014 [32]; влажность по ГОСТ 5180-2015 [37] с расчетом границы пластичности и границы текучести. По образцам грунтов, кроме этих показателей, также определялись плотность по ГОСТ 5180-2015 [37], и плотность частиц грунта. Определение массовой доли органического вещества проводилось по ГОСТ 27753.10-88 [33] гравиметрическим методом (методом прокаливания).

Степень морозной пучинистости грунтов определялась в лабораторных условиях измерителем степени пучинистости грунтов УПГ-МГ-4.01/3 «Грунт», согласно методике, приведенной в ГОСТ 28622-2012 [36].

Лабораторные исследования подразумевают под собой определение физических характеристик грунтов и вертикальной деформации пучения. Объемы лабораторных исследований приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1- Виды и объемы лабораторных исследований

№	Вид исследования	Объем		Метод, вид оборудования	Нормативный документ
		Единицы измерения	Кол-во образцов грунта, шт		
1.	2.	3.	4.	5.	6.
1.	Определение природной влажности	%	80	Метод высушивания до постоянной массы. Сушильный шкаф, электронные весы, бюксы.	ГОСТ 5180-2015[37]
2.	Определение влажности на границе текучести	%; д.е.	48	Конус Васильева. Бюксы, сушильный шкаф, электронные весы.	ГОСТ 5180-2015[37]
	Определение влажности на границе раскатывания	%; д.е.	48	Установка по определению пластичности на границе раскатывания LZ2200. Бюксы, сушильный шкаф, электронные весы	ГОСТ 5180-2015[37]
3.	Определение плотности грунта	кН/м ³	28	Метод режущего кольца. Набор режущих колец, электронные весы.	ГОСТ 5180-2015[37]
4.	Определение плотности частиц грунта	г/см ³	80	Пикнометрический метод. Сушильный шкаф, пестик и ступка, электронные весы, песчаная баня.	ГОСТ 5180-2015[37]
5.	Определение гранулометрического состава грунта	-	69	Ареометрический метод. Сушильный шкаф, пестик и ступка, электронные весы, песчаная баня, набор сит, чашка Петри, ареометр, палочка для взмучивания.	ГОСТ 12536-2014[32]
6.	Определение относительного содержания органического вещества	%; д.е.	28	Прокаливанием в муфельной печи при 525 ± 25 °С. Тигли керамические, сушильный шкаф, муфельная печь, весы электронные с точностью до 0,001	ГОСТ 27753-88[33]
7.	Определение вертикальной деформации пучения	мм	80	Измеритель степени пучинистости грунтов УПГ-МГ-4.01/3 «Грунт».	ГОСТ 28622-2012[36]

Исследования степени пучинистости предполагают пробоподготовку, предшествующую, непосредственно, самому испытанию по определению вертикальной деформации пучения. Объемы и методика производства лабораторных работ, включающих, в данном случае, только пробоподготовку, приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2- Виды и объемы лабораторных работ

№	Виды лабораторных работ	Объем	Метод, вид оборудования	Нормативный документ
1	2	3	4	5
1.	Пробоподготовка	80 образцов грунта	Уплотнение методом послойного трамбования. Пестик металлический. Разъемные обоймы.	ГОСТ 12248-2010 [31]

Камеральные работы в рамках лабораторных исследований, подразумевают под собой обработку результатов испытаний, итогом которой являются количественные значения определяемых характеристик. Виды и объемы камеральных работ приведены в табл. 4.3. Результатом проводимых автором исследований выступают протоколы по определению физических характеристик и по определению степени пучинистости.

Таблица 4.3- Виды и объемы камеральных работ

№	Виды камеральных работ	Объем	Метод, вид оборудования	Нормативный документ
1	2	3	4	5
1.	Составление протоколов, расчет показателей.	2 протокола	Обработка лабораторных исследований с использованием ПК SOIL. Компьютер.	-

4.2 Расчет трудоемкости и сметной стоимости лабораторных исследований, лабораторных и камеральных работ

Основным источником финансовой информации для составления смет является справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства за 1999 год (СБЦ -99) [71].

Расчет затрат времени производился согласно ЕНВиР [55].

В ходе изучения данных нормативных документов, выяснилось, что затраты времени и стоимость по определению степени пучинистости отсутствуют.

Согласно п.8 письма ОАО «ПНИИС» №11/149 от 3.04.2015, цены на лабораторное определение комплекса физико-механических свойств с определением степени пучинистости (глинистые грунты) считают обоснованным определять по сумме цен: табл.63 §31 и табл.62 §28. Цены на камеральную обработку этих исследований допускается определять «применительно» по табл.86 §4, как для химических анализов. Нормы времени

следует принимать идентично. Поэтому, заменяем определение всех приведенных физических характеристик и степени пучинистости на комплексное испытание по определению физико-механических свойств мерзлого грунта при консолидированном срезе по поверхности смерзания с нагрузкой до 0,6 Мпа, для расчета сметной стоимости, с учетом пробоподготовки - предварительным уплотнением мерзлых грунтов с промораживанием перед испытанием. Также, при расчете затрат времени, принимаем нормы для степени пучинистости и физических характеристик, согласно ЕНВиР н.1645 и ЕНВиР н.1643.

4.2.1 Трудоемкость

Расчеты затрат времени по всем лабораторным исследованиям приведены в табл. 4.4. Затраты времени на лабораторные работы приведены в табл. 4.5. Характеристика затрат времени на камеральную обработку результатов представлена в табл. 4.6.

Таблица 4.4- Затраты времени на лабораторные исследования

№	Виды лабораторных исследований	Определяемые характеристики	Объем		Норма времени на одну пробу, часы	Затраты времени на определение характеристики для всех образцов, часы
			Единицы измерения	Кол-во образцов грунта, шт		
1	2	3	4	5	6	7
1.	Определение комплекса физико-механических свойств мерзлого грунта (дисперсный) при определении степени пучинистости	Плотность и влажность мерзлого грунта, Плотность частиц грунта. Гранулометрический анализ ситовым методом и методом ареометра. Вертикальная деформация пучения	-	48	1,13	54,24
2.	Определение комплекса физико-механических свойств мерзлого грунта (песчаный) при определении степени пучинистости	Плотность и влажность мерзлого грунта, Плотность частиц грунта. Гранулометрический анализ ситовым методом и методом ареометра. Вертикальная деформация пучения	-	32	1,13	36,16

№	Виды лабораторных исследований	Определяемые характеристики	Объем		Норма времени на одну пробу, часы	Затраты времени на определение характеристики для всех образцов, часы
			Единицы измерения	Кол-во образцов грунта, шт		
1	2	3	4	5	6	7
3.	Определение относительного содержания органического вещества	-	%; д.е.	28	0,214	5,992
Итого:						96,392

Таблица 4.5 - Затраты времени на лабораторные работы

№	Виды лабораторных работ	Состав лабораторных работ	Объем работ	Норма времени на одну пробу, часы	Затраты времени на определение характеристики для всех образцов, часы
1	2	3	4	5	6
1.	Пробоподготовка	Предварительное уплотнение мерзлых грунтов с промораживанием перед испытанием	80 образцов грунта	0,505	40,4
Итого:					40,4

Таблица 4.6 - Затраты времени на камеральные работы

№	Виды камеральных работ	Состав работ	Объем работ	Норма времени на одну пробу, часы	Затраты времени на определение характеристики для всех образцов, часы
1	2	3	4	5	6
1.	Составление протокола, расчет показателей по физическим характеристикам	Занесение результатов испытаний в программу SOIL и формирование протокола	1 протокол	0,5	0,5
2.	Составление протокола по степени пучинистости	Занесение результатов испытаний в программу SOIL и формирование протокола	1 протокол	0,25	0,25
Итого:					0,75

Суммарные затраты времени на осуществление лабораторных исследований, пробоподготовку и производство камеральных работ составили **137,5 часов.**

4.2.2 Сметная стоимость

В данной части выпускной квалификационной работы представлен расчет затрат на проведение комплекса лабораторных исследований, а также лабораторных и камеральных работ, выполненных автором в рамках исследовательской работы.

Сметная стоимость составляется с использованием справочника базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства за 1999 год (СБЦ -99).

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.

Данный справочник устанавливает тарифы на лабораторные работы, проводимые в рамках изыскательских работ, с учетом всех условий конкретного региона.

Стоимость лабораторных исследований и работ определена по Справочнику базовых цен (1999 г.) [71]. При расчёте сметной стоимости применялся ряд коэффициентов, обоснование использования которых приведены ниже, в табл. 4.7. Лабораторные работы и исследования проводились в стационарной лаборатории, находящейся в г. Томске, исходя из чего, при расчете сметной стоимости, необходимо применить коэффициент $K = 1,15$.

Таблица 4.7 – Перечень коэффициентов, применяемых при расчете сметной стоимости лабораторных работ и исследований

Наименование индекса	Индекс	Обоснование
Инфляционный индекс изыскательских работ на I квартал 2017 года	45,12	Письмо Минстроя России от 20.03.2017 N 8802-ХМ/09
Коэффициент к итогу сметной стоимости	1,15	СБЦ -99 [71], общие указания п. 2 табл. 3
НДС	18%	Налоговый кодекс РФ [56], статья 164

Сметная стоимость на лабораторные исследования грунтов, лабораторные и камеральные работы приведена в табл. 4.8.

Таким образом, по приведенному перечню объемов работ затраты времени составили **137,5 часов**, а калькуляция стоимости лабораторных исследований и работ **1 791 634,4** рублей за проведение комплексного исследование всех образцов грунтов, учитывая обработку результатов.

4.3 Структура затрат

Исследовательская работа по определению взаимосвязи между физическими характеристиками грунта и степенью пучинистости включала в себя лабораторные исследования, лабораторные работы – пробоподготовку и камеральные работы – составление протоколов.

Проведенный расчет сметной стоимости комплексных исследований грунтов в рамках исследовательской работы показал, что общая стоимость работ без учета НДС составляет 1 518 334,2 руб.

Лабораторные исследования занимают более половины общей стоимости всех работ – 72,9% (рис. 4.2), что в денежном эквиваленте составляет 1 106 708,8 руб. На камеральные работы необходимо 72 429,88 руб. (14,13%). 4,1 % от общей стоимости приходится на полевые работы (21 000,5 руб.).

В составе камеральных работ было проведено формирование протоколов. Согласно подсчетам, 16,7% от общих затрат составляет камеральная обработка результатов (298 605,7 руб.). Оставшиеся 10,4%, пришлось на лабораторные работы, пробоподготовку, что составляет 187 112,3 рублей и представляет собой меньшую часть затрат.

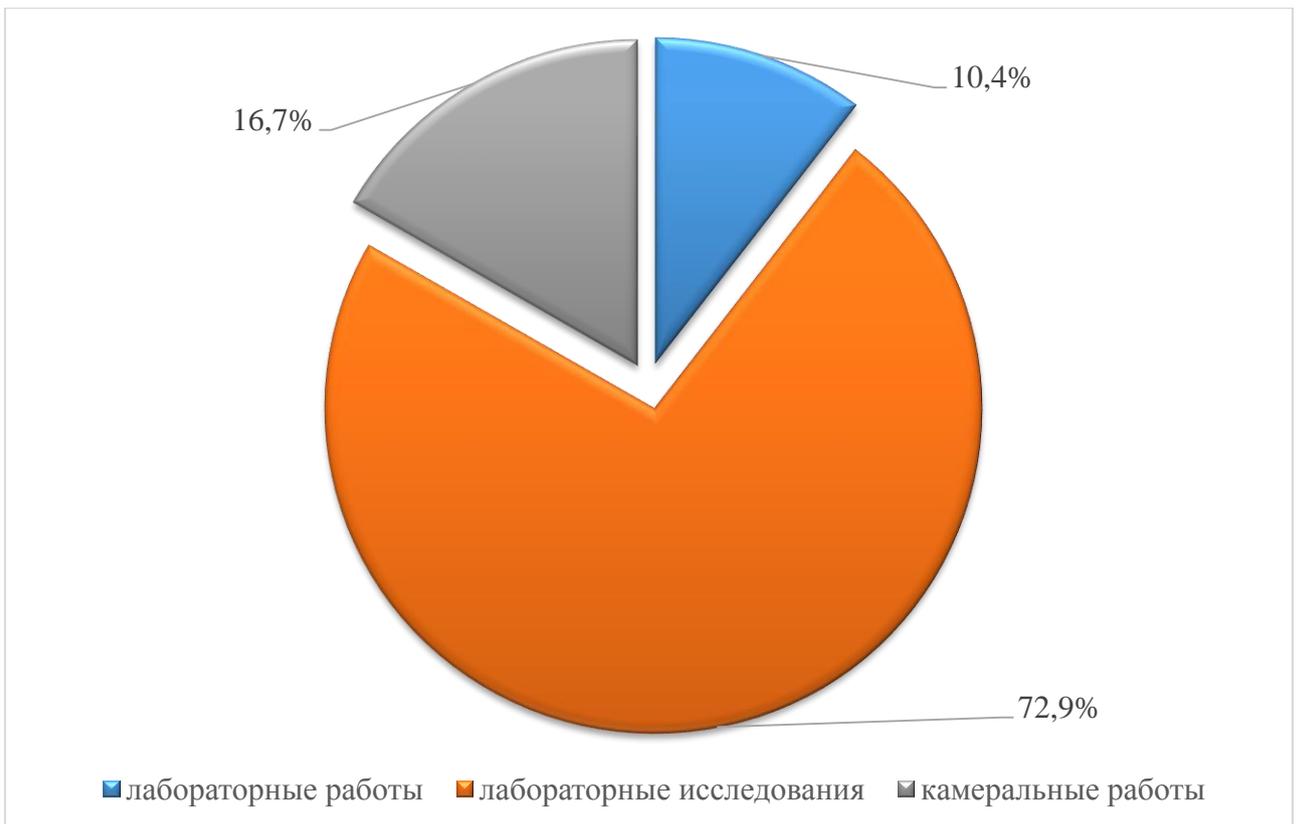


Рисунок 4.2 – Структура затрат при проведении исследовательской работы по определению взаимосвязи между физическими характеристиками грунта и степенью пучинистости (%)

Таблица 4.8 - Сметная стоимость на лабораторные исследования грунтов, лабораторные и камеральные работы

№	Виды работ/исследований	Обоснование	Объем работ/исследований	Единичная сметная стоимость, руб.	Суммарная сметная стоимость, руб.	Сметная стоимость, руб.		Итоговая стоимость с НДС, руб.
						Учитывая коэффициент к итогу сметной стоимости	Учитывая инфляционный коэффициент	
1	2	3	4	6	7	8	9	10
Лабораторные работы								
1.	Пробоподготовка	п.8 письма ОАО «ПНИИИС» №11/149 от 3.04.2015, СБЦ-99 табл.62, §28	80	38,2	3056	3514,4	158569,7	187112,3
Всего:				38,2	3056	3514,4	158569,7	187112,3
Лабораторные исследования								
2.	Определение комплекса физико-механических свойств мерзлого грунта (дисперсный) при определении степени пучинистости	п.8 письма ОАО «ПНИИИС» №11/149 от 3.04.2015, СБЦ-99 табл.63, §.31	48	263,6	12652,8	14550,7	656528,5	774703,6
3.	Определение комплекса физико-механических свойств мерзлого грунта (дисперсный) при определении степени пучинистости		32	263,6	8435,2	9700,5	437685,7	516469,1
4.	Определение относительного содержания органического вещества	СБЦ-99 табл. 70, §11	28	8,6	240,8	276,9	12494,6	14743,7
Всего:				535,8	21328,8	24528,1	1106708,8	1305916,4
Камеральные работы								
5.	Составление протокола, расчет показателей по физическим характеристикам	СБЦ99, табл. 86, §1	2 протокола	20% от стоимости лабораторных работ раб				298605,7
6.	Составление протокола по степени пучинистости							
Всего:					4877,0	5608,5	253055,7	298605,7
ИТОГО:								1791634,4

Величина НДС в размере 18 % составила – 273 300,2руб. Всего, с учетом НДС, на основные исследования и работы в рамках НИР необходимо 1 791 34,4 руб.

4.4 Расчет заработной платы

Расчет заработной платы производился для одного инженера, осуществляющего исследования грунтов в стационарной лаборатории ОАО «ТомскНИПИнефть». Согласно коллективному договору Общества, а также тарифной сетке по оплате труда работников (приложение к приказу генерального директора от 18.04.2016 №138), месячный оклад (160 часов) инженера 2 категории 8 разряда составляет 17 549,00 рублей.

Заработная плата инженера Лаборатории исследований грунтов, рассчитанная исходя из времени, фактически затраченного сотрудником лаборатории на проведение комплексного исследование всех образцов грунтов и обработку результатов выполненных исследований (137, 5 часов), приведена в табл. 4.9.

Расчет проводился с учетом районного коэффициента к заработной плате, который для г. Томска составляет 1,3.

Таблица 4.9 – Расчет заработной платы и отчислений на социальные нужды исполнителей

Наименование расходов	Количество единиц	Оклад, руб	Фактическая заработная плата, руб	Коэффициент к заработной плате	Заработная плата с учетом коэффициента, руб.
Основная зарплата:					
Инженер 2 категории	1	17 549, 0	15 081,0	1,3	19 606,0
Дополнительная зарплата:	%		7,9		1 549,0
Итого:					21 155,0
Отчисления на соц. нужды:	%		30		6 346,5
Итого расходов:					27 501,5

Таким образом, заработная плата инженера за 137, 5 часа работы составит 27 501,5 рублей.

4.5 Оценка эффективности использования результатов исследований

Определение вертикальной деформации пучения в лабораторных условиях является альтернативным экспресс-методом полевым методикам определения степени пучинистости, что в разы сокращает время получения информации о данном процессе на изучаемой территории. Суть полевого метода состоит в установлении репера на площадке исследований и отслеживание деформации по изменениям его положения. Лабораторный метод, в свою очередь, имитирует условия, максимально приближенные к природным, что упрощает и значительно ускоряет процесс получения и обработки информации о пучинистости грунтов.

Также, на стадии проектирования, при определении степени пучинистости, в зависимости от обнаружения на территории пучинистых грунтов, следует разрабатывать противопучинистые мероприятия.

Для корректного проектирования мероприятий инженерной защиты сооружений от морозного пучения грунтов необходимо получить данные о водно-физических, теплофизических свойствах грунтов, информацию об уровне подземных вод, а также о глубине сезонного промерзания и оттаивания.

Противопучинистые мероприятия подразделяют на следующие виды: инженерно-мелиоративные (тепломелиорация и гидромелиорация); конструктивные; физико-химические (засоление, гидрофобизация грунтов и др.); комбинированные.

Данные мероприятия направлены на уменьшение сферы взаимодействия конструкции сооружения с такими специфическими грунтами, как пучинистые, и призваны предупредить последствия их проявления.

Таким образом, проектирование мероприятий инженерной защиты сооружений от морозного пучения грунтов что, несомненно, понесет за собой экономический эффект.

Заключение

При исследовании процесса морозного пучения на примере грунтов территории объектов Угутского нефтяного месторождения, посредством определения количественных характеристик степени пучинистости, были изучены гидрометеорологические и инженерно-геологические условия района исследований, достигнуты научно-исследовательские цели, касающиеся характеристики процесса пучения на основании выявленных взаимосвязей между степенью пучинистости, составом и физическими показателями грунта.

Согласно поставленным задачам, в работе был произведен обзор существующих полевых и лабораторных методов определения степени пучинистости, не только отечественных, но и зарубежных. Также автором был охарактеризован применяемый в ЛИГ ОАО «ТомскНИПИнефть» лабораторный метод по определению деформаций пучения, применяемый при проведении испытаний. Данный лабораторный метод определения относительной деформации пучения представляет собой экспресс-метод получения достоверной информации о степени пучинистости. Его применение выявило на объектах Угутского месторождения присутствие всех категорий пучинистости грунтов (от непучинистых до чрезмернопучинистых).

В рамках научно-исследовательской составляющей данной работы автором была систематизирована база пучинистых грунтов, статистическая обработка которой была проведена в данной работе. На примере грунтов территории объектов Угутского месторождения были выявлены зависимости, возникающие между показателями свойств грунта и количественными характеристиками степени пучинистости - вертикальной и относительной деформациями пучения. Наиболее яркие зависимости, характеризующиеся высокими значениями коэффициентов корреляции, отмечены между природной влажностью и показателями консистенции и относительной деформацией пучения.

Выявленные закономерности явились основой для разработки схемы по работе с пучинистыми грунтами, основанной на предварительной оценке

степени пучинистости по показателям свойств грунтов, что позволяет предсказать поведение грунтов при сезонном промерзании-оттаивании. Данная схема также предполагает проведение противопучинистых мероприятий, выбор которых, в свою очередь, также зависит от водно-физических и теплофизических свойств грунта и пр.

В работе приведена техника безопасности при производстве лабораторных работ, а также рассчитана сметная стоимость комплексных лабораторных исследований, которая составила 1 791 634,4 рублей.

Список использованной литературы

Фондовая литература

1. Технический отчет о выполнении инженерно-гидрометеорологических изысканиях Угутского месторождения для подготовки рабочей документации, ОАО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, 2016 г.

2. Технический отчет о выполнении инженерно-геологических изысканиях Угутского месторождения для подготовки рабочей документации, ОАО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, 2016 г.

Опубликованная литература

3. Абжалимов Р.Ш. Лабораторные исследования морозного пучения // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1982. № 5. С. 20-22.

4. Абжалимов Р.Ш., Головкин Н.Н. Лабораторные исследования зависимости морозного пучения грунта от давления в малогабаритной промышленной установке // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 2. С. 20-22.

5. Абжалимов Р.Ш., Любич И.Н. К определению прочностных и деформационных характеристик сезонно промерзающих грунтов // Промышленное и гражданское строительство. 2005. № 9. С. 9-11.

6. Бесков Г. Пучины и их образование. - Морозообразование и морозоподнятие, 1936, №4

7. Богданова Н.С. Вечная мерзлота и сооружения на ней. СПб.: Изд-во "Общества польза", 1912 г.

8. Болдырев Г.Г., Скопинцев Д.Г. Новый прибор для испытаний грунтов на морозное пучение// Инженерные изыскания 2014 №08

9. Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н. Миграционные бугры пучения на Европейском Севере России — южный и северный пределы ареала и современная динамика // Инженерная геология. 2011. № 2. С. 56–72

10. Ганелес Л.Б., Оржиховский Ю.Р., Юрганов М.М. Лабораторный метод определения морозной пучинистости грунтов // Инженерно-геокриологическое обеспечение строительства сооружений: сборник научных трудов. Новосибирск: Наука, 1989. с. 41- 46.
11. Ершов Э.Д. Методы геокриологических исследований: Учеб. пособие / М54 – М.: Изд-во Московского государственного университета. 2004. – 512 с.
12. Ершов Э.Д. Общая геокриология М.: Изд-во МГУ, 2002. - 682 с.: ил.
13. Ершов Э.Д. Физикохимия и механика мерзлых пород. М.: Изд-во МГУ, 1986. 336 с.
14. Жуков А.Д. Фундаменты на пучинистых грунтах, публикации// Фундаменты малоэтажных зданий, изд-во: Познавательная книга, 2010 г.
15. Инженерная геология СССР. Том 2. Западная Сибирь. Под. Ред. Е.М. Сергеева, М., изд-во Моск. Ун-та, 1976, с 498
16. Коновалов П.А. Устройство фундаментов на заторфованных грунтах, Москва, Стройиздат, 1980 г
17. Крепша Н.В., Свиридов Ю.Ф. Безопасность жизнедеятельности. Учебно-методическое пособие. – Томск: Издательство ТПУ, 2003. – 144 с
18. Методические рекомендации по проектированию и строительству поддерживающих сооружений земляного полотна автомобильных дорог в оползневых районах на базе буронабивных свай и анкерных креплений/ М.: Союздорнии, 1988 г.
19. Невзоров А.Л. Фундаменты на сезонно-промерзающих грунтах: учеб. пособие / Невзоров А.Л.. – М.: Изд-во АСВ, 2000. – 152 с.
20. Невзоров А.Л., Коршунов А.А., Чуркин С.В. Методы оценки степени пучинистости грунтов с использованием современных приборов // «Инженерные изыскания», №5/2013, С. 52-56
21. Невзоров А.Л., Коршунов А.А., Чуркин С.В. Прибор для определения деформаций и сил морозного пучения грунта. Геотехника: Теория

и практика // Межвузовский тематический сборник трудов, СПб.: Изд-во СПбГАСУ, 2013. С. 169 - 173.

22. Орлов В.О., Дубнов Ю.Д., Меренков Н.Д. «Пучение промерзающих грунтов и его влияние на фундаменты сооружений» Л., Стройиздат Л.О., 1977

23. Симагин В.Г. Эффективные фундаменты легких зданий на пучинистых грунтах. Учебное пособие. Петрозаводск. 2002 г.

24. Хархута Н.Я. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог / Н.Я. Хархута, Ю.М. Васильев. – М.: Транспорт, 1975. – 288 с.

25. Цытович Н.А. Механика мерзлых грунтов: Учебное пособие. — М.: Высшая школа, 1973. — 448 с.: ил.

26. Шевченко Л.В., Лапшин В.Я. Морозное пучение грунта при различных криогенных текстурах с учетом его усадки // Мерзлотные исследования. М.: Изд-во МГУ, 1977. Вып. 16. с. 188—194

27. Шорин В.А., Каган Г.Л., Вельсовский А.Ю., О соответствии результатов оценки степени пучинистости грунта косвенными и лабораторными методами, УДК 625.7/. 8:624.139.22

Нормативная литература

28. ВСН 26-90 (Минтрансстрой) Инструкция по проектированию и строительству автомобильных дорог нефтяных и газовых промыслов Западной Сибири, М., Союздорнии, 1991 г.

29. ГН 2.2.5.1313–03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны/ Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313-03, издание официальное, Москва, 2003 г.

30. ГН 2.2.5.2308 – 07 Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны/ Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, N 11, 17.03.2008.

31. ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости/ М.: Стандартинформ, 2011 г.

32. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава, М.: Стандартиформ, 2015 г.
33. ГОСТ 23740-2016 Грунты. Методы определения содержания органических веществ, М.: Стандартиформ, 2017 г.
34. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация, М.: Стандартиформ, 2013 г.
35. ГОСТ 27217-2012 Грунты. Метод полевого определения удельных касательных сил морозного пучения/ М.: Стандартиформ, 2013 г.
36. ГОСТ 28622-2012 Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинистости, М.: Стандартиформ, 2013 г.
37. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик, М.: Стандартиформ, 2016 г.
38. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация/ М.: Стандартиформ, 2016 г.
39. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности/ М.: Стандартиформ, 2015 г.
40. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования/ М.: Стандартиформ, 2006 г.
41. ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей/ М.: Стандартиформ, 2008 г.
42. ГОСТ 12.1.019 -2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты/ М.: Стандартиформ, 2010 г.
43. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация/ Система стандартов безопасности труда: Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 г.
44. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1) / Система стандартов безопасности труда: Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 г.

45. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов/ Система стандартов безопасности труда: Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 г.
46. ГОСТ 12.1.045-84. Электрические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля/ Система стандартов безопасности труда: Сб. ГОСТов - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 г.
47. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности/ Система стандартов безопасности труда: Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 г.
48. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования/ Система стандартов безопасности труда: Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 г.
49. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования/ Система стандартов безопасности труда: Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002 г.
50. ГОСТ 12.4.009-83 ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание/ Система стандартов безопасности труда: Сб. ГОСТов - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 г.
51. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация/ Система стандартов безопасности труда: Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001 г.
52. ГОСТ 17.1.3.13-86 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений/ Контроль качества воды: Сб. ГОСТов. - М.: ФГУП "СТАНДАРТИНФОРМ", 2010 г.
53. ГОСТ 17.5.1.01-83 Охрана природы (ССОП). Рекультивация земель. Термины и определения/ Охрана природы. Земли: Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002 г.
54. ГОСТ Р ИСО 26000-2012 Руководство по социальной ответственности/ М.: Стандартиформ, 2014 г.

55. ЕНВиР. Сборник единичных сметных расценок и норм времени на инженерно-геологические изыскания/ М.-1 983. - 269 с.
56. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть первая) (с изменениями на 28 декабря 2016 года) / Собрание законодательства Российской Федерации, N 31, 03.08.98, ст.3824
57. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности/ М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003 г.
58. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. – Введ. 2000-12-20. – М.: Информавтодор, 2001. – 144 с.
59. Письмо Минстроя России от 20.03.2017 N 8802-ХМ/09 О рекомендуемой величине прогнозных индексов изменения сметной стоимости строительства в I квартале 2017 г.
60. Письмо ОАО «ПНИИИС» №11/149 от 3.04.2015
61. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83), Госстрой СССР - М.: Стройиздат, 1986 г.
62. ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения) / Министерство природных ресурсов РФ. - М., 2003 г.
63. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. с изм. и дополн. Новосибирск, 2006 г.
64. Рекомендации по проектированию и расчету малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах/ НИИОСП им. Н.М. Герсванова Госстроя СССР. - М., 1985 г.
65. Рекомендации по учету и предупреждению деформаций и сил морозного пучения грунтов/ ПНИИИС Госстроя СССР. - М.: Стройиздат, 1986 г.
66. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда/ Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора, Вып.3 (21), сентябрь 2005 г.

67. Руководство по проектированию оснований и фундаментов на пучинистых грунтах/ НИИОСП им. Н.М.Герсеванова Госстроя СССР. - М.: Стройиздат, 1979 г.

68. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий/ М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003 г.

69. СанПиН 2.2.2/2.4.10-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы/ М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003 г.

70. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений/ М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997 г.

71. Сборник базовых цен на инженерно-геологические изыскания для строительства/ М-1999. - 89с

72. СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги (с Изменениями N 2-5)/ М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП с изм, 2004 г.

73. СНиП 22-01-95 Геофизика опасных природных воздействий, М.: ГП ЦПП, 1996 г.

74. СНиП 23-01-99 (с Изменением N 2), М.: Минстрой России, 2015 г.

75. СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности/ Официальное издание. "Пожарная безопасность", 2013, N 3. - М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2013 г.

76. СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства/ М.: ПНИИИС Госстроя России, 1997 г.

77. СП 11-105-97 Часть 4. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов, М.: ПНИИИС Госстроя России, 1999 г.

78. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N 1) / М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009 г.

79. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*/М.: Минрегион России, 2011 г.

80. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*/М.: Минрегион России, 2011 г

81. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85/ М.: Минрегион России, 2011 г.

82. СП 50-101-2004 Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений, М.: ФГУП ЦПП, 2005 г.

83. СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88 (с Изменением N 1)/ М.: Минрегион России, 2012 г.

84. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение/ М: Минрегион России, 2011 г.

85. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003, М.: Минрегион России, 2012 г.

86. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция

87. Федеральный закон от 21.12.1994 N 69 – ФЗ. О пожарной безопасности/ законодательства Российской Федерации, 1994, N 35, ст.3649

88. Федеральный закон от 24.06.1998 г. №89 – ФЗ. Об отходах производства и потребления/ Собрание законодательства Российской Федерации, N 26, 29.06.98, ст.3009

89. Федеральный закон от 10.01.2002 г. №123 – ФЗ. Об охране окружающей среды (с изменениями на 28 декабря 2016 года) (редакция, действующая с 1 марта 2017 года) / Собрание законодательства Российской Федерации, N 2, 14.01.2002, ст.133

90. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности/ Собрание законодательства Российской Федерации, N 30, 28.07.2008, (ч.1), ст.3579

91. Федеральный закон от 28.12.2013 №426 - ФЗ (ред. От 01.05.2016). О специальной оценке условий труда/ Собрание законодательства Российской Федерации, N 52 (ч.1), 30.12.2013, ст.6991

Патенты

92. Способ определения степени морозного пучения грунта в зависимости от давления фундамента на грунт: патент Рос. Федерация №2281995; заявл. 30.03.2005; опубл. 20.08.2006, Бюл. № 23 – 9с.

Интернет-ресурсы

93. <http://www.buroviki.ru/>

94. <https://www.google.ru/maps/>

95. <http://www.omgp.ru/>

96. <http://www.stroypribor.com/>

97. <http://www.ugrameteo.ru/>

98. <http://www.vsegei.com/>

99. <http://aisori.meteo.ru/>

100. <http://meteo.ru/>

101. <http://narfu.ru/>

Зарубежная литература

102. A thermodielectric analyzer to measure the freezing and moisture characteristic of porous media // Water resources research. 2003. V. 39. № 2. P. 10. 13.

103. ASTM D 5918-96. Standard test methods for frost heave and thaw weakening susceptibility of soils. 12 p.

104. BS 812-124:1989. Part 124. Method for determination of frost-heave, 23 p.

105. Frost heave and heaving pressure measurements in colliery shales // Canadian Geotechnical Journal. 1976. V. 13. № 2. P. 127-138. 14. Zoller J.H. Frost heave and the rapid frost heave test // Public Roads. 14.1973. V. 37. № 6. P. 211–220.

106. Konrad J.M. Frost heave mechanics: Ph.D. Thesis. Edmonton, Alberta, Canada, 1980. 472 p.

107. Kujala K. Factors affecting frost susceptibility and heaving pressure in soils // Acta Universitatis Ouluensis. Oulu, 1991. C58. 99 p.

Приложение А

(обязательное)

Раздел (2.5, 2.6, 2.7)

Introduction, literature review, frost heaving degree investigation, forecasting methods for determining the frost heaving deformation degree, anti-frost heaving measures, conclusion

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ51	Шрамок Алина Владимировна		

Консультант кафедры ГИГЭ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крамаренко В.В.	К. Г-М. Н.		

Консультант-лингвист кафедры ИЯПР:

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

Introduction

Cryolithozone is prevailing in the in the territory of the Russian Federation. This fact often complicates the construction of buildings, structures and facilities in this territory.

Frost heaving is the most typical process, complicating the construction, for the zone of permafrost, particularly for the seasonally frozen soil layer.

According to [77], frost heaving is defined as a process caused by soil freezing, moisture migration, formation of ice interlayers, deformation of the skeleton, leading to an increase of the soil volume and raising the surface. Soil frost heaving is a widespread phenomenon in the cryolithozone and even within its boundaries, where it is often associated with ice segregation in the active layer in winter [9].

In this connection, it is necessary to notice the widespread of frost heaving process within Russia, and, consequently, of the heaving soils widespread [102].

The oil and gas fields concentration in the permafrost zone determinate the construction's relevance of reliable line structures (in particular pipelines), in adverse soil conditions[105].

The long distance of linear objects leads to they inevitably crossing section with various permafrost-soil conditions, including the areas of permafrost mound development. In the north of Western Siberia, soils with heaving properties occupy more than 60% of the area, allocated for the construction of pipelines [9].

The construction and operation of main pipelines within the permafrost zone leads to the transformation of geocryological processes developing both in the areas of direct interaction with them and in the adjacent territories. There is a complex mechanical and thermal interaction of the pipelines with the geological and hydrogeological environment on permafrost soils and wetlands. Often one can observe the violation of dynamic equilibrium, which is accompanied by activation of dangerous natural processes with their negative impact on the technical condition of pipelines, often leading to contingency situations. Particularly, there are gas pipelines, which are related to warm pipelines (with an average gas temperature above 0 ° C) and cold ones (below 0 ° C) affected by frost heaving [9].

The objective of this master's thesis is to characterize frost heaving process based on the revealed relationships between the heaving degree (its quantitative characteristics - vertical and relative frost heaving deformations), composition and physical index of the soils.

The objects included substantiation of factors contributing to the process of heaving, a review of field and laboratory methods for determining the heaving degree, characteristic of the applied laboratory method for determining vertical deformations at frost penetration, also conducting the actual laboratory experiment and processing the data, and finally listing the possible anti-frost heaving measures.

Literature review

For the first time, the attention was paid to the development of the frost heaving in the freezing soils during the construction of the Russian roads in the 19th century. According to the engineer L. Lyubimov, at that time up to 95% of the Russian railways were hit by frost heaving. At present, most of the linear objects such as highways, pipelines, power lines, as well as other buildings, structures and facilities undergo frost heaving processes [14].

The problem of soils frost heaving attracted the attention of both Russian researchers (I.A. Lopatin, V.I. Shtukenberg later I.I. Sumgin, N.A., Tsytovich, and others) and foreign ones (S. Johanneson, F. Nansen, S.Taber [22]). In the national and foreign literature there is no single generally accepted definition of soils frost heaving. So, the first Russian researchers were engineers, railwaymen, who called the effect of the soils frost heaving as frost heave, and the construction engineers as bulging or swelling [14].

P.N. Lyubimov defined the "bumps on the railways," which he formulated as follows: "Heave is called ... a local raising of the canvas, depending on the presence under it in the freezing of saturated tap water and causing this kind of winter and early spring that disturbs calm and safety train traffic"[14].

M.I. Sumgin gives his own definition: "We call frost heaving in the generalized sense relating to the deformation of the soil surface, which consists in lifting and then lowering this surface"[14].

N. A. Tsytoich gave the following definition of the soils frost heaving: "The freezing of soils is caused by the increase in the volume of water during the transition from the liquid state to the solid state and the formation of ice layers and lenses" [14].

Frost heaving is a phenomenon that now also encountered in the development of cryolithozone and the areas of distribution of seasonally frozen soils. Therefore, the construction on the territory of the distribution of the frost heaving soils is no less urgent at the present time.

Since the nature of the frost heaving process has been practically studied, modern research is mainly aimed at the development of new or for improving of old methods to determine frost heaving deformation, or are connected with the invention of instruments for laboratory research of frost heaving processes. Thus, modern researchers solve the problems of construction on such specific soils as frost heaving soils.

The author of the master's thesis has conducted a survey of various scientific research papers, articles and patents relating directly to the frost heaving processes.

To investigate cryolithozone soils, as well as research the frost heaving processes, the factors determining the soils frost heaving were taken into account by Ershov's. His book was called "General geocryology" and "Physicochemistry and mechanics of frozen rocks", where there are terms and definitions of the frost heaving processes, also the reasons for its expression, where special attention was paid to the process of migration of moisture during soil freezing. Besides, in these works Ershov E.D. presented laboratory and field methods for determining the degree of frost heaving.

Quite informative was the work by A. Nevzorov. (Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Engineering Geology, Foundations and Foundations of the Northern (Arctic) Federal University named by M.V. Lomonosov), namely the textbook "Foundations on seasonally freezing soils", also an article with

coauthors AA Korshunov. , Churkin, S.V. "Device for determining deformations and forces of frost heaving soils ", as well as patents for invention, an notion for determining deformations and forces of frost heaving of soil and for a device for measuring deformations of frost heaving soils [101].

The features of construction on the freezing frost heaving soils are also considered by R.Sh. Abzhalimov. The scientist faced the problem of soils heaving in the early 1960s, when he participated in the construction of large petrochemical facilities. There are 17 patented inventions in his account. He published more than 45 scientific papers, including articles on the topic "Laboratory studies of the dependence of frost heaving soils on pressure in a small-scale industrial plant" and "Determination of strength and deformation characteristics of seasonally freezing soils", as well as the manual "Laboratory studies of frost heaving." [95].

The author also considered the works of Kharhuta N.Ya., Shorina V.A., Orhekhovsky Yu.R., Ganeles L.B., Yurganova M.M., Shevchenko L.V., Lapshina V.Y., Boldareva G.G., Vasilchuk Yu.K.

As for foreign researchers, problems of construction on the frost heaving soils were dealt with by J.M. Conrad. His works also were examined in this paper. In the frost heaving soils research foreign standards ASTM D 5918-96[103] and BS 812-124: 1989 were also overviewed[104].

Frost heaving degree investigation

The objective of the research part of this scientific activity was to study the dependence of frost heaving degree on physical characteristics of the soils.

Thus, under laboratory conditions, the author carried out a series of tests on the frost heaving. In addition, the main physical characteristics of study soil were determined (natural soil moisture, density, particle density, liquid limit, humidity of the lower plastic limit, soil grading). The list of methods and normative documents for the characteristics to be determined is given in Table 2.3.

Table 2.3 - The main types of laboratory research, methods of implementation and the relevant regulations

№	Type of research	Method	Normative document
1.	Determination of natural moisture content	Method of drying to constant weight.	All Union State standard 5180-2015[37]
2.	Determination of liquid limit moisture	Penetration with a Vasil'ev's balancing cone	All Union State standard 5180-2015[37]
3.	Determination of the lower plastic limit moisture	Rolling into the bundle using the plasticity test facility by the definition of the lower plastic limit LZ2200	All Union State standard 5180-2015[37]
4.	Determination of the density	Cutting ring method	All Union State standard 5180-2015[37]
5.	Determination of the particle density	Picnometer method	All Union State standard 5180-2015[37]
6.	Determination of the soil grading	Hydrometer test	All Union State standard 12536-2014[32]
7.	Determination of the relative content of organic matter	Calcination in a muffle roaster at 525 ± 25 ° C.	All Union State standard 23740-2016[33]
8.	Determination of the vertical frost heaving deformations	Meter of the degree of soils frost heaving deformations UPG-MG-4.01 / 3 "Grunt".	All Union State standard 28622-2012[36]

According to obtained data, the base of frost heaving soils was compiled. Database includes information on ten sites from the territory of the Uhut deposit and includes data on the soil of the study area in the quantity of eighty soil samples represented by clays, loams, sandy loams, and sands.

The STATISTICA software was used to analyze the database. To detect dependencies in this software complex graphs and matrices were constructed. Both types of analyze were used for the entire data set and separately for different characteristics and indices of soils.

Analyzing the soil composition of the soils database, which did the author systematize, was revealed that 40% of the soils are represented by sands, 25% and 24% each belongs to sandy loam soils and loams, respectively, and clays constitute only 11% of the volume of studied soils (Fig. 2.14).

When determining the relative of frost heaving deformation and further classifying the soils in accordance with All Union State standard 25100, there are all categories of soil soils in the study area (from non-heaving to overheaving) was revealed.

The territory of the Uhut deposit in the researched objects is characterized by the following distribution of the relative frost heaving deformation, shown in Fig. 2.15

and the distribution of the values of natural moisture content, liquid limit moisture and lower plastic limit moisture, shown in Fig. 2.16.

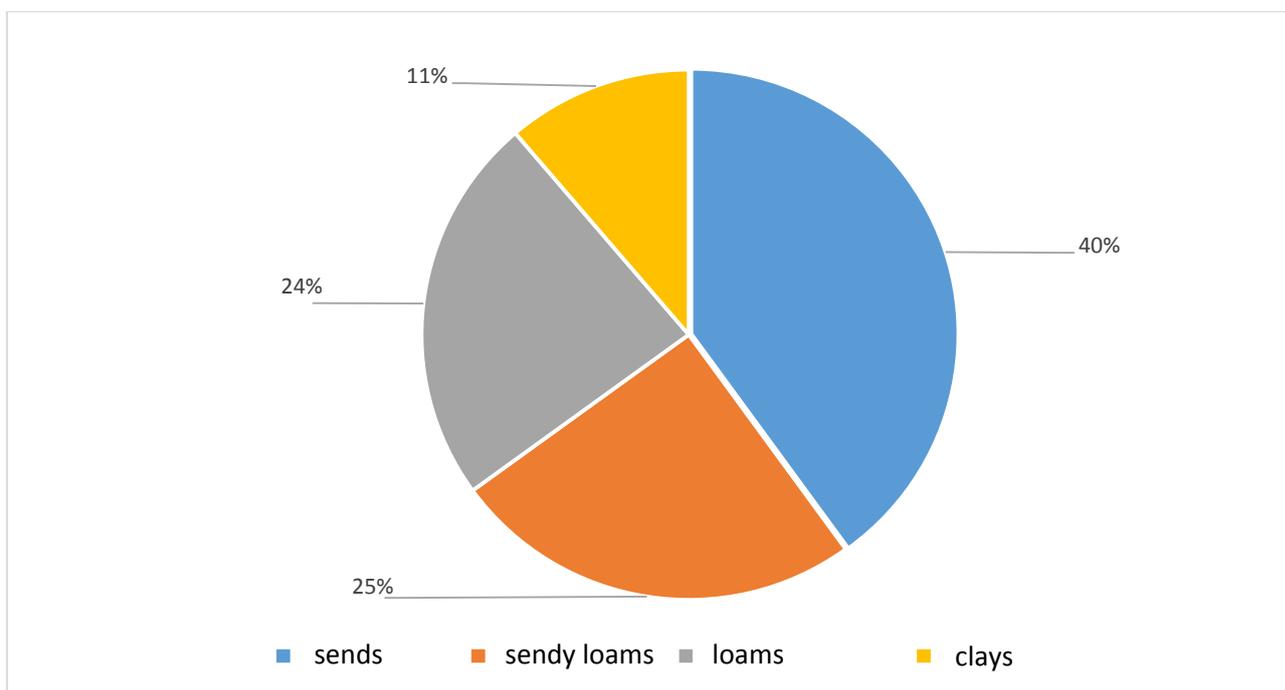


Figure 2.14 - Species composition of investigated soils

From the graph of the distribution of the values of the relative frost heaving deformation on the researched objects, it follows that the highest average values of the relative frost heaving deformation were found in sites №9 and 10. The soils of the territory of these objects are the most dangerous, since they are referred, mainly, to as overheating. The mean values of the main physical characteristics are given in Table 2.4.

Table 2.4 - Average values of the main indicators of soil properties at hazardous sites

Sites number	hf, mm	Efh, C.e.	W, C.e.	Wl, C.e.	Wp, C.e.	Ip, C.e.	Il, C.e.	Copr, C.e.
9	16,12	0,11	0,37	0,36	0,19	0,17	1,12	0,03
10	16,13	0,11	0,36	0,35	0,19	0,16	1,13	0,03

The correlation matrix over the whole soil mass is given in Table 2.5. The most striking interrelationships between researched soil properties indicators are characterized by high values of correlation coefficients.

Matrix shows that the greatest correlation coefficients are noted between the relative frost heaving deformation and the natural moisture content, and the particle size of the soil is 0.1-0.05 (<0.1) mm, which reflects the close relationship between

these indices. Graphs of dependence of these soil characteristics on the relative frost heaving deformation are shown in Fig. 2.17, 2.18.

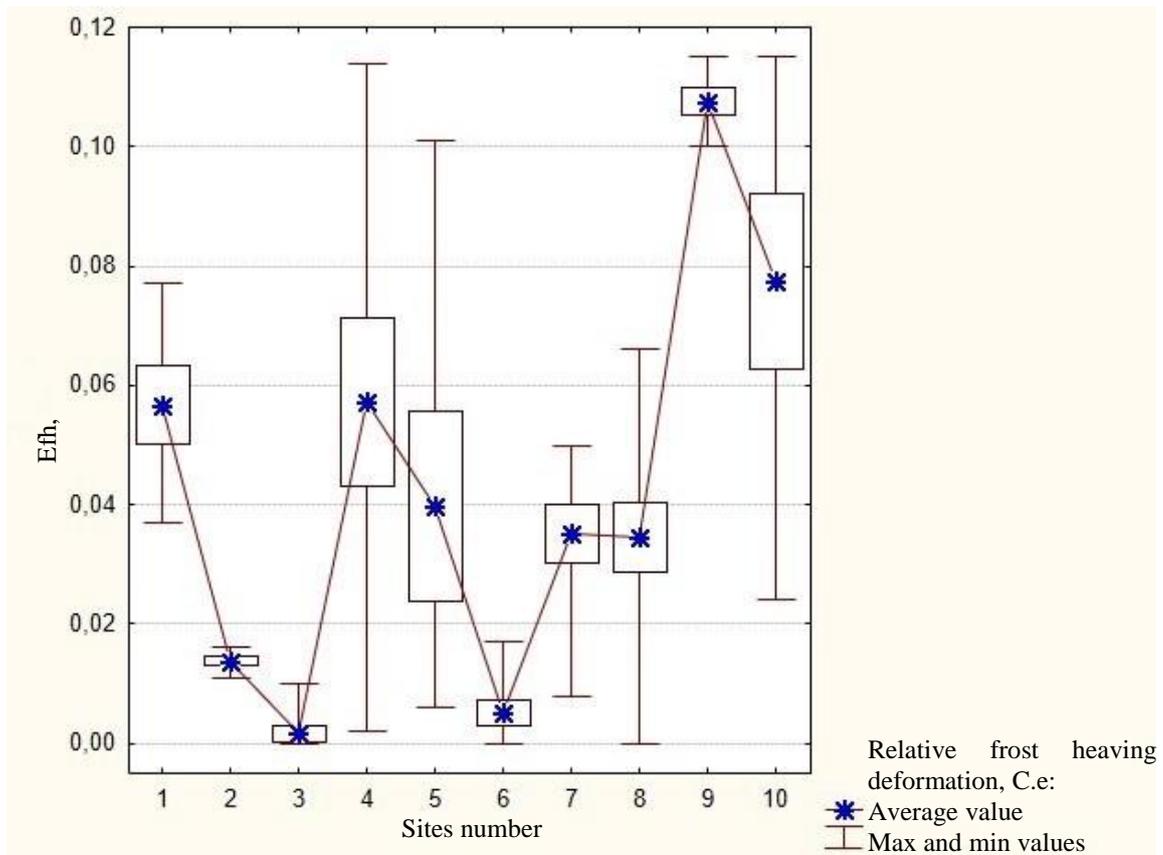


Figure 2.15 - Distribution of values of relative frost heaving deformation on the researched objects of the territory of the Uhut deposit.

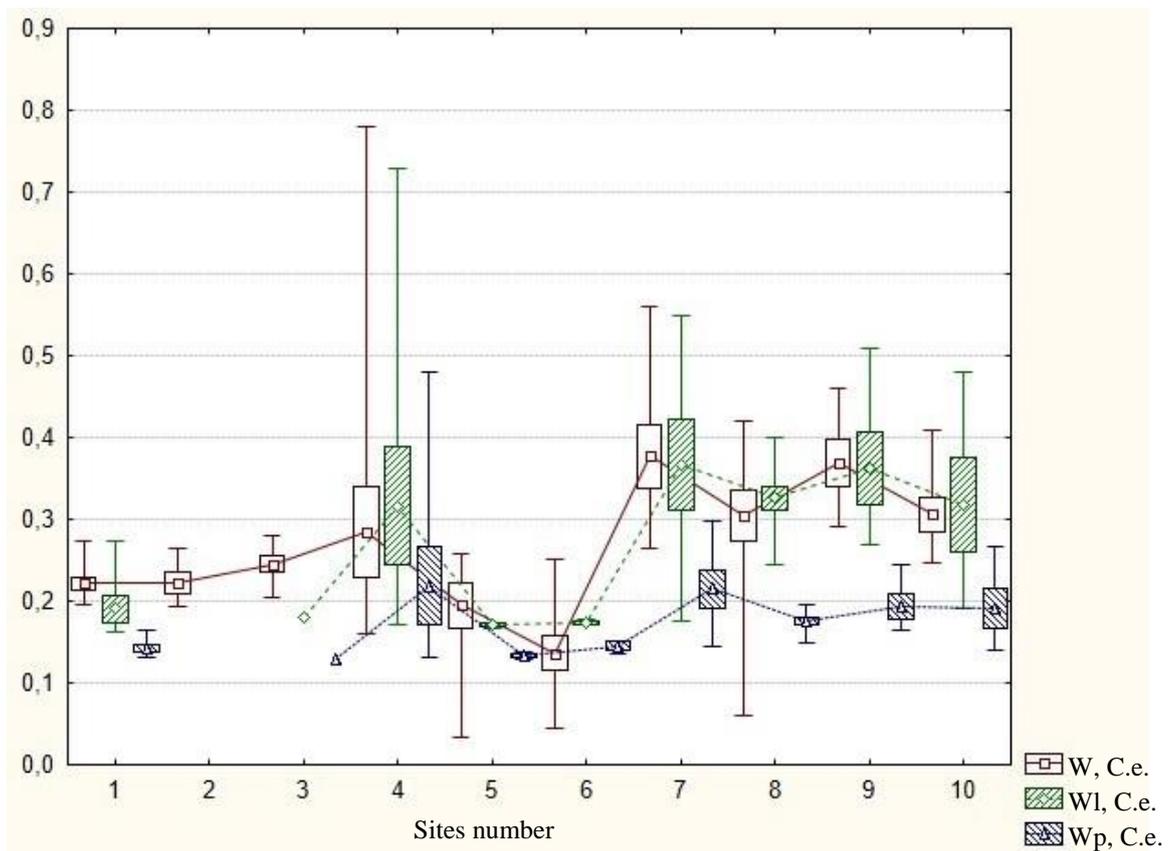


Figure 2.16 - Distribution of values of natural moisture content, liquid limit moisture and the lower plastic limit moisture on the researched objects of the territory of the Uhut deposit.

All investigated soils have a general tendency to increase the value of the relative frost heaving deformation, and, consequently, the degree of graininess, with an increase in the content in the soil of particles with a diameter of 0.1-0.05 mm ($E_{fh} = -0.0057 + 0.0021 * x$).

Also, in all investigated soils an increase in both vertical and relative frost heaving deformation is observed along with the natural moisture content ($E_{fh} = 0.0039 + 0.1438 * W$).

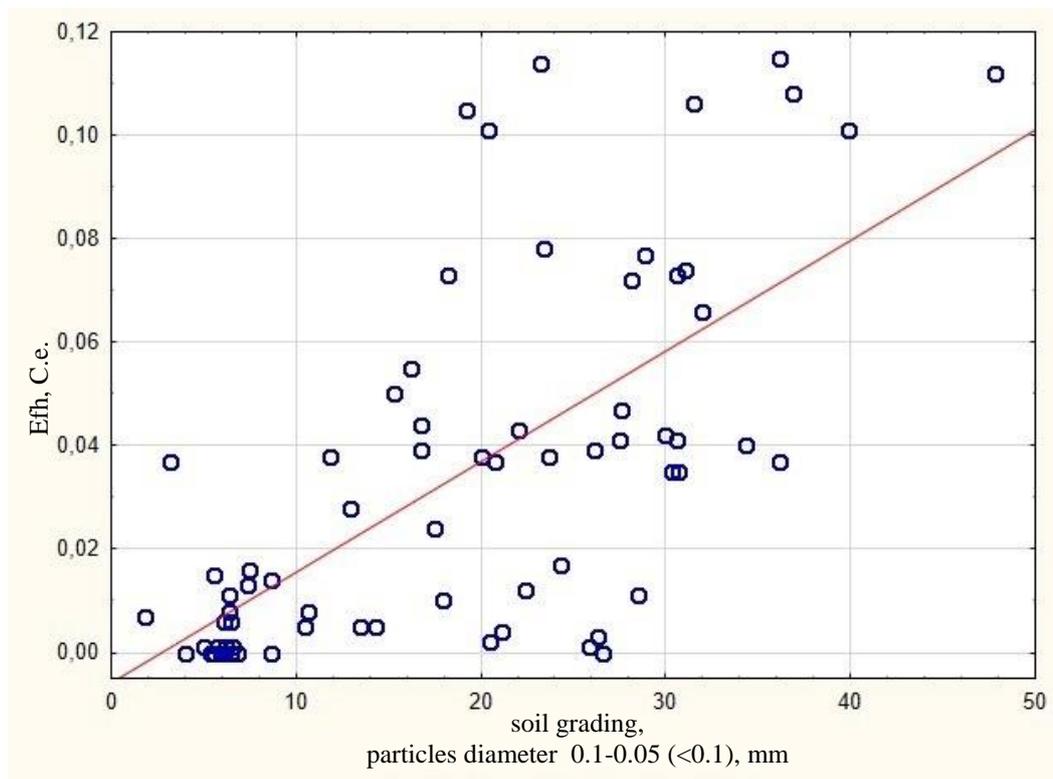


Figure 2.17 - Graph of the dependence of the relative frost heaving deformation on the content of the soil fraction with a diameter of 0.1-0.05 (<0.1), mm

Analyzing the relationship between the investigated soil grading and relative frost heaving deformation, a triangular diagram was constructed (Fig. 2.19), which reflects the distribution of the values of the quantitative characteristics of the heaving degree, depending on the percentage content of particle fractions of different diameters.

Table 2.5 - Correlation matrix

	h _f	E _{rh}	2-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05 (<0.1)	0.05-0.01	0.01-0.002	<0,002	W	W _L	W _p	I _p	I _L	C _{opr}
h _f	1,000														
E _{rh}	1,000	1,000													
2-0.5	0,053	0,053	1,000												
0.5-0.25	-0,263	-0,265	0,138	1,000											
0.25-0.1	0,068	0,067	-0,114	0,740	1,000										
0,1-0.05 (<0.1)	0,749	0,751	-0,066	-0,413	-0,036	1,000									
0.05-0.01	-0,302	-0,301	0,001	-0,503	-0,778	-0,295	1,000								
0.01-0.002	-0,377	-0,377	0,038	-0,167	-0,443	-0,434	0,102	1,000							
<0,002	-0,428	-0,429	0,267	-0,335	-0,813	-0,479	0,690	0,675	1,000						
W	-0,531	-0,530	0,048	-0,266	-0,572	-0,216	0,236	0,782	0,666	1,000					
W _L	-0,461	-0,461	0,190	-0,366	-0,693	-0,321	0,353	0,876	0,841	0,915	1,000				
W _p	-0,383	-0,383	0,040	-0,294	-0,489	-0,353	0,148	0,898	0,693	0,791	0,914	1,000			
I _p	-0,468	-0,468	0,276	-0,379	-0,766	-0,266	0,462	0,769	0,858	0,908	0,958	0,758	1,000		
I _L	-0,150	-0,151	-0,219	0,752	0,940	-0,109	-0,671	-0,423	-0,739	-0,409	-0,611	-0,454	-0,658	1,000	
C _{opr}	-0,425	-0,423	0,069	-0,337	-0,573	-0,174	0,188	0,816	0,652	0,949	0,917	0,862	0,861	-0,474	1,000

r ±0,05

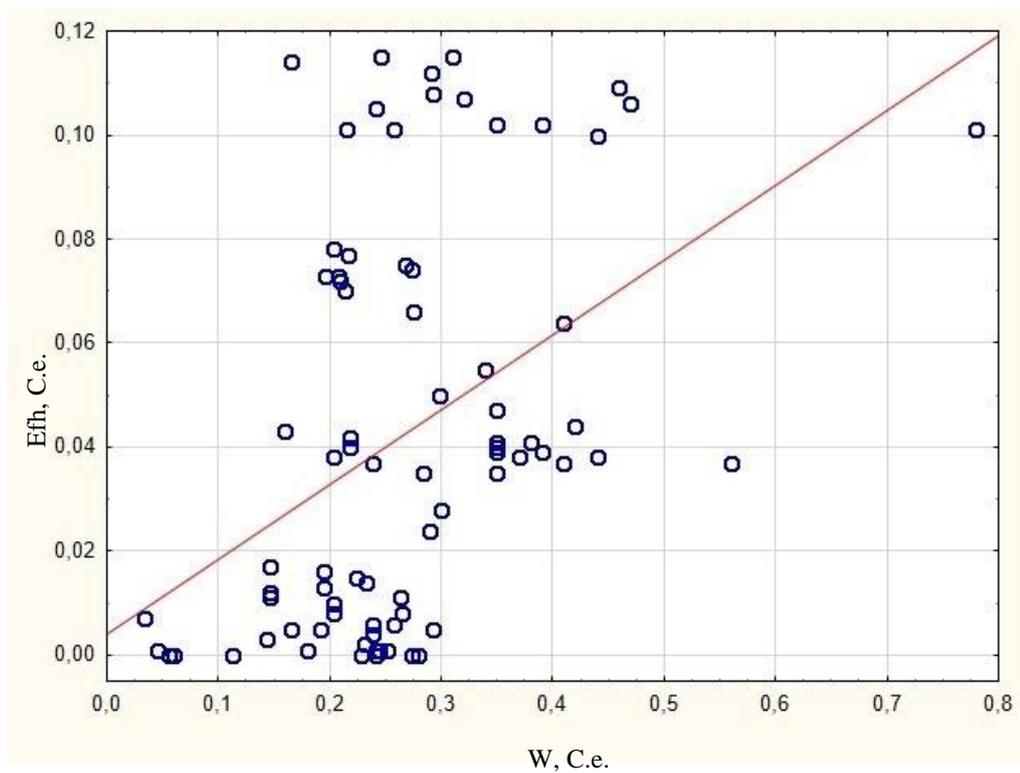


Figure 2.18 - Graph of dependence of the relative frost heaving deformation on the natural moisture content

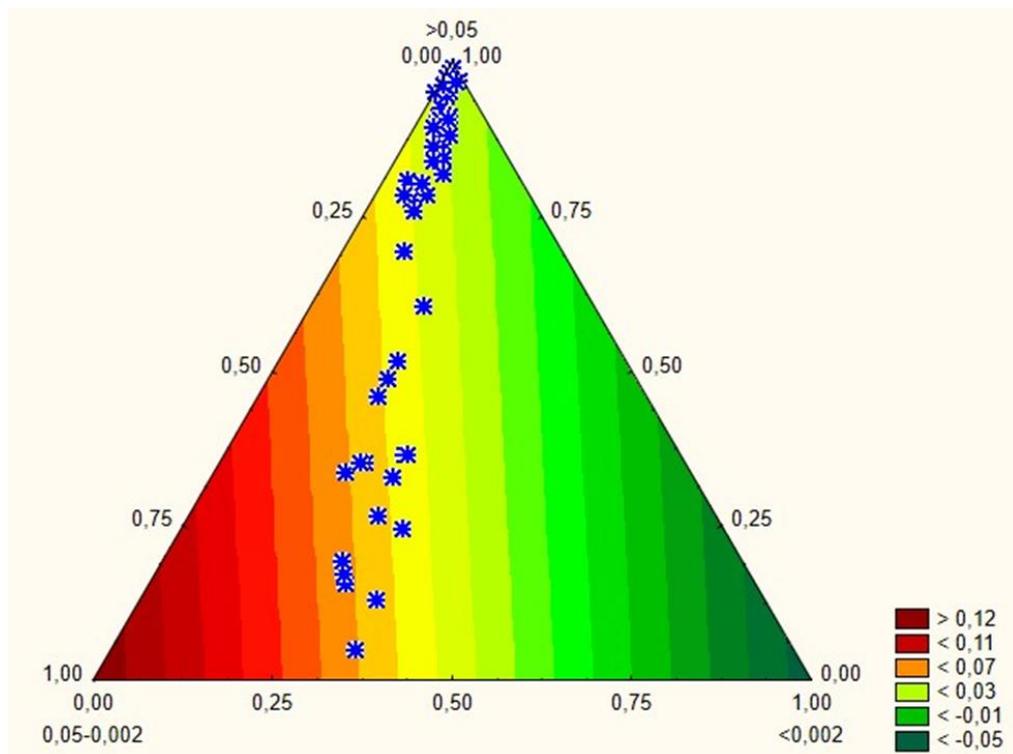


Figure 2.19 - Distribution of values of relative frost heaving deformation depending on the soil grading of the soils of the territory of the Uhut deposit.

In addition to the dependencies noted in connection with the relative frost heaving deformation, analyzing the correlation matrix compiled during the processing

of the data throughout the base of the heaving soils, we can emphasize some more vivid dependencies. Among such, for the whole mass of soils, the regularities that arise between the available physical characteristics of the soil (natural moisture, liquid limit moisture, lower plastic limit moisture) and the fraction of sandy particles 0.25-0.1 mm in diameter, as well as between the dust particles, with a diameter of 0.01-0.002 mm, and clay particles with a diameter of less than 0.002 mm.

Database of frost heaving soils was also separately analyzed for sandy and cohesive soils.

Characterizing the cohesive soils (sandy loam, loams, clays), it should be noted that they cover all types of soils when classifying them according to the degree of ripeness. The results of tests of cohesive soils have shown that in such soils the relative frost heaving deformation occurs with an increase in the natural moisture content (Fig. 2.20) ($E_{fh} = 0.0513 + 0.0438 * w$) and the liquidity index. Besides, an increase in the fraction of soil particles with a diameter of 0.1-0.05 mm is observed.

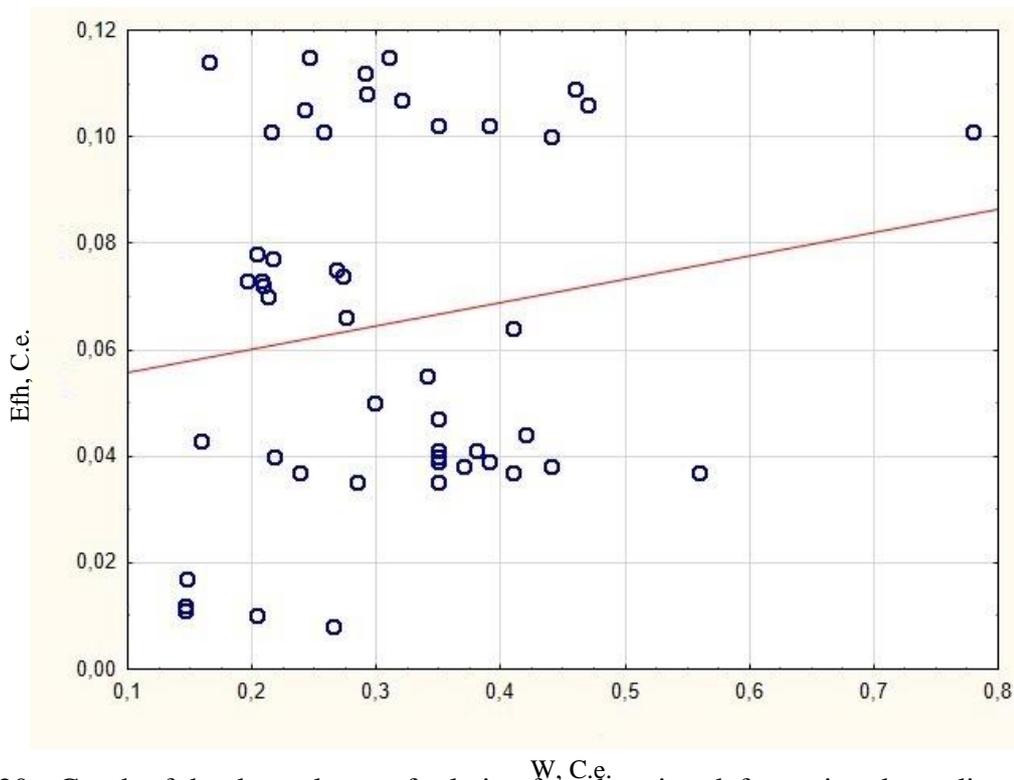


Figure 2.20 - Graph of the dependence of relative frost heaving deformation depending deformation from natural moisture for cohesive soils.

The decrease in the relative deformation of the tufting of cohesive soils correlates with the content of particles with a diameter less than 0.002 mm, which

indicates a regular increase in the content of clay particles with a decrease and quantitative characteristics of the frost heaving degree.

Most of the investigated sands proved to be non-heaving. The most pronounced regularity in sandy soils is found with natural moisture ($E_{fh} = 0.0005 + 0.0376 * w$), with increasing values of which, the relative frost heaving deformation increases (Fig. 2.21).

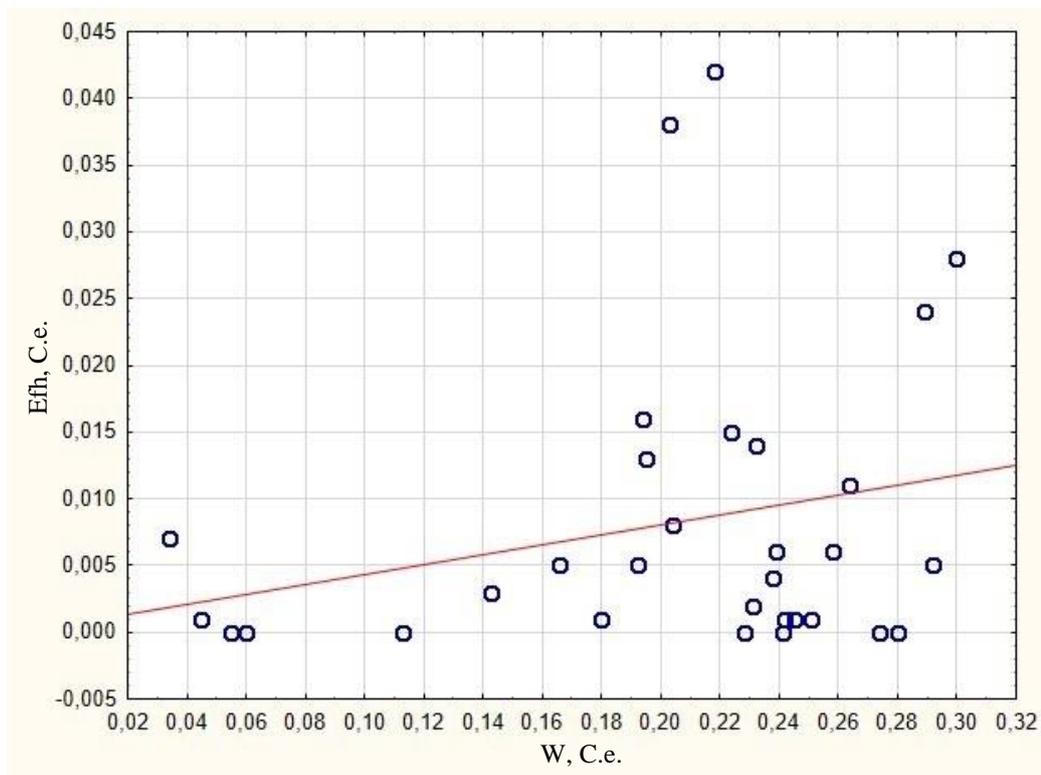


Figure 2.21 - Graph of the dependence of relative frost heaving deformation on the natural moisture content for sandy soils.

Correlation matrices were constructed for cohesive soils and sands. Based on it, according to the values of the correlation coefficients, a direct relationship between the content of sand particles with a diameter of 0.1-0.05 (<0.1) mm and relative frost heaving deformation, and for the sand ($r = 0.63$) and for dispersed soils ($r = 0.75$) is clearly noted.

According to all the revealed relationships, a cluster analysis was carried out to establish the main soil parameters (natural soil moisture, liquid limit, humidity of the lower plastic limit, vertical and relative frost heaving deformation, etc.) which were presented in the database.

Cluster analysis is a method used to classify objects (in our case soil samples) into relatively homogeneous groups, which are called clusters.

The cluster is selected according to the principle of the lowest Euclidean distances, where the magnitude of these distances characterizes the degree of interrelation or similarity of features between the objects. Euclidean distance is a geometric distance in a multidimensional space, and, the smaller it is, the closer the relationship between objects.

Dendrogram of cluster analysis in the base of heaving soils is shown in Fig. 2.23.

As a result of the cluster analysis of the available data, the following classes were identified, which subordination is presented in Fig. 2.22.

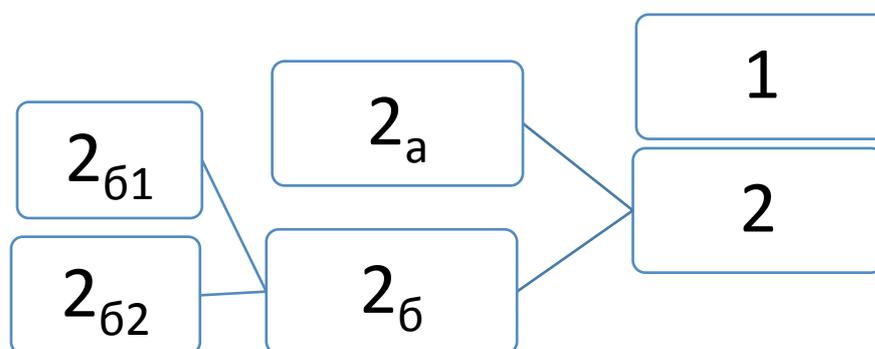


Figure 2.22 - Schema of the selected classes

The characteristics of the distinguished classes by the quantitative frost heaving deformation are given in Table 2.6. The characteristics of classes according to the granulometric composition are given in Table 2.7 and those by physical characteristics are in Table 2.8.

Table 2.6 - Class characteristic by quantitative frost heaving deformation

Class	h_f , mm				E_{fh} , C.e.			
	Means	N	Mini	Max	Means	N	Min	Max
1	15,68	11	9,85	17,23	0,10	11	0,07	0,12
2a	2,74	7	0,01	11,10	0,02	7	0,00	0,07
261	5,12	15	0,05	8,25	0,03	15	0,00	0,06
262	5,04	46	0,01	16,33	0,03	46	0,00	0,11
For all classes	6,33	79	0,01	17,23	0,04	79	0,00	0,12

Table 2.7 - Class characteristic by fractions of soil grading

Class	2-0.5				0.5- 0.25				0.25- 0.1				0.1- 0.05 (< 0.1)			
	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max
1	0,38	5	0,10	1,30	0,27	7	0,00	0,60	35,64	7	4,00	66,30	32,40	7	19,20	47,80
2a	0,08	4	0,00	0,10	1,36	7	0,20	2,60	81,00	7	49,60	93,00	12,49	7	5,60	31,10
261	0,32	12	0,00	2,30	1,57	15	0,00	16,40	25,26	15	0,20	83,30	21,34	15	5,40	36,20
262	0,13	26	0,00	0,70	1,75	39	0,00	16,30	69,31	39	0,70	93,80	17,06	39	1,80	39,90
For all classes	0,20	47	0,00	2,30	1,52	68	0,00	16,40	57,33	68	0,20	93,80	19,11	68	1,80	47,80

Table 2.7 (Continuation) - Class characteristic by fractions of soil grading

Class	0.05- 0.01				0.01- 0.002				менее 0.002			
	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max
1	16,81	7	5,50	33,20	4,36	7	0,70	8,70	10,24	7	3,50	16,60
2a	5,60	4	0,00	13,50	1,13	4	0,00	2,40	2,23	4	0,00	5,30
261	27,27	15	1,60	48,10	6,63	15	0,40	23,50	17,67	15	0,40	30,60
262	6,78	35	0,00	39,00	1,99	35	0,00	24,10	4,36	35	0,00	32,90
For all classes	12,89	61	0,00	48,10	3,35	61	0,00	24,10	8,17	61	0,00	32,90

Table 2.8 - Classification by physical characteristics

Class	W, д.е.				W _L , д.е.				W _p , д.е.				I _p , д.е.				I _L , д.е.			
	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max	Means	N	Min	Max
1	0,31	11	0,17	0,47	0,29	11	0,17	0,51	0,18	11	0,13	0,28	0,11	11	0,04	0,27	1,35	11	0,74	2,76
2a	0,20	7	0,06	0,27	0,18	2	0,17	0,18	0,15	2	0,14	0,15	0,03	2	0,02	0,05	1,34	2	-0,32	3,00
261	0,33	15	0,06	0,56	0,32	13	0,17	0,55	0,18	13	0,14	0,30	0,14	13	0,02	0,25	1,63	13	0,57	4,75
262	0,24	46	0,03	0,78	0,29	21	0,16	0,73	0,18	21	0,13	0,48	0,10	21	0,02	0,25	1,22	21	-0,04	2,68
For all classes	0,26	79	0,03	0,78	0,29	47	0,16	0,73	0,18	47	0,13	0,48	0,11	47	0,02	0,27	1,37	47	-0,32	4,75

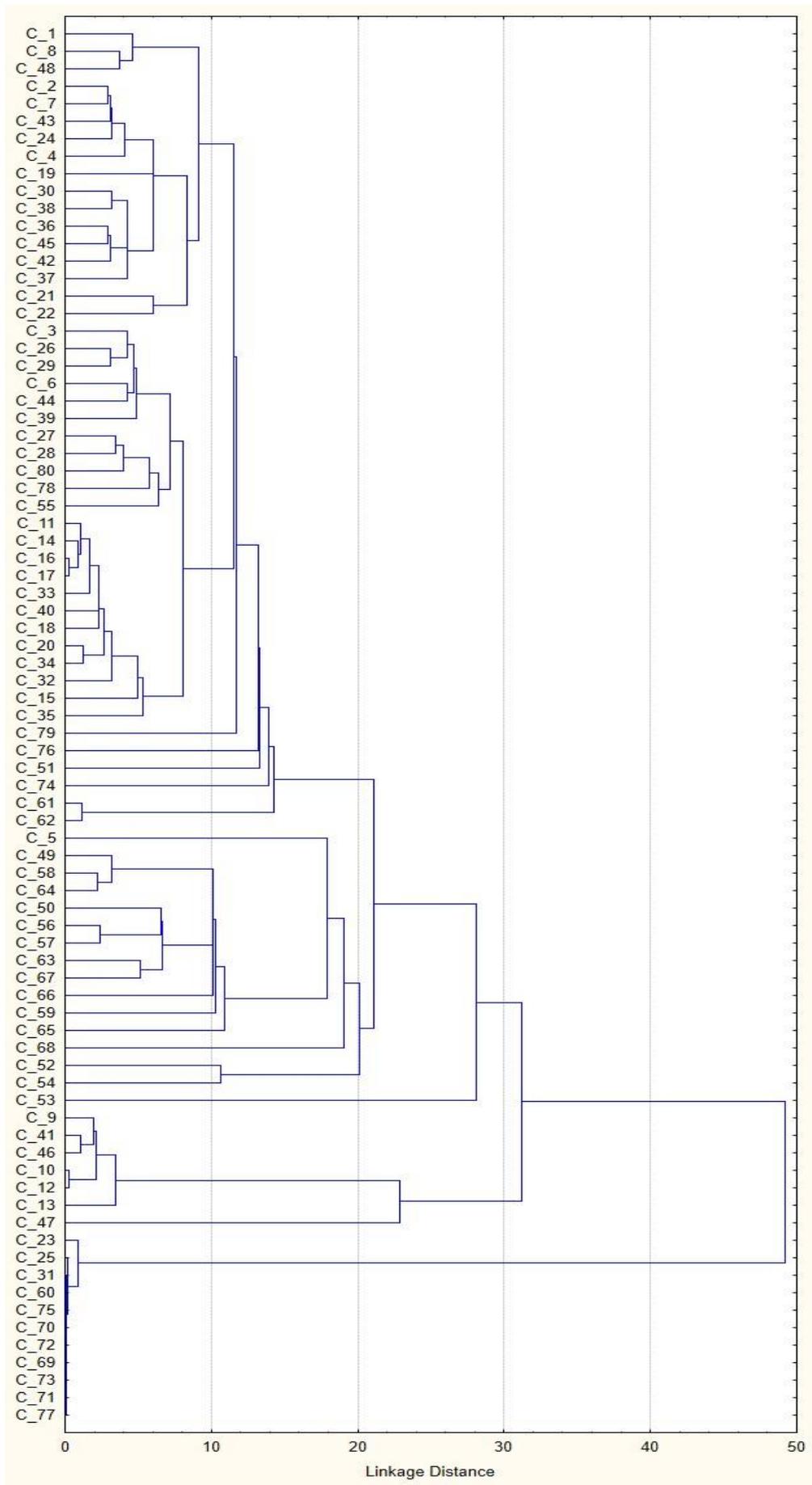


Figure 2.23 - Cluster analysis dendrogram

Class characteristic:

1 - this class is mainly represented by sandy loams and loamy sandy flowing or flowing plastic consistency. Soils included in this class are distinguished by high values of vertical ($hf = 9.85 - 17.23$ mm) and relative ($E_{fh} = 0.07-0.12$ DU) frost heaving deformation deformations, and are characterized as overheaving. Primers of the first class are characterized by the predominance of sand particles (more than 60%) with a diameter of 0.25-0.1 mm and 0.1-0.05 (<0.1) mm and an average moisture content of 31%.

2a - this class is represented by fine-grained sands and sandy sandy loams characterized mainly as weakly- and non-heaving. The mean values of the vertical and relative deformation frost heaving deformation are 2.74 mm and 0.02 d.u., respectively. The predominant fractions of the soil grading are also sand particles with a diameter of 0.25-0.1 mm and 0.1-0.05 (<0.1) mm. The average value of the natural moisture content of the soil group included in this class is 20%.

2b1 - according to the soil composition, this class is represented by light silty clays of mushy and high plasticity consistency, heavy silty loams of fluid consistency, and also sandy flowing sandy loams and fine sands. The soils of this class are generally characterized by a degree of frost heaving deformation as medium-heaving. The mean values of the vertical and relative deformation of the frost heaving are 5.12 mm and 0.03 d.u., respectively. The predominant fractions of the soil grading are sand particles with a diameter of 0.25-0.1 mm, 0.1-0.05 (<0.1) mm, and dust particles with a diameter of 0.05-0.01 mm. Since the soil composition of the soil of this class is diverse, the natural moisture content of soils within the class varies unevenly, and is characterized by an average value of 33%.

2b2 - this class is the largest in terms of the number of soil samples that is heterogeneous in terms of changes in soil characteristics and is very diverse in species composition. The class is represented by fine sands, sandy loams of predominantly flowable consistency, light soft and fluidly clay, and, to a lesser extent, light and heavy loams soft-plastic or flowing. In terms of the degree of frost heaving, this class is also very diverse and is characterized by the presence of all types of soils, from overheaving

to non-heaving. The mean values of vertical and relative frost heaving deformation are 5.04 mm and 0.03 d.u. respectively. The predominant fraction of the soil grading is sand particles with a diameter of 0.25-0.1 mm. The natural moisture content of soils within the class varies unevenly, and is characterized by an average value of 24%.

A feature of the isolation of these classes is the confinement of soils to the sites of the Uhut deposit.

The first class includes soils from the territory of the most dangerous sites in terms of the degree frost heaving deformation - these are № 9 and №10, as well as soils from site № 4. The class of soils 2a is typical for sites № 2 and № 6. Class 2b1 includes samples from the territory of the main site № 8 and partially № 7. The most numerous and heterogeneous class of 2b2 soils is present in the territories of all the studied sites of the Uhut deposit.

Forecasting methods to determine frost heaving deformation degree

The reliability of the analytical evaluation of the characteristics of the frost heaving freezing soils depends not only on the reliability of the calculating method, but also, to a large extent, the correct evaluation of the physical properties of soils and the justified designation of the initial normative values of the indices determining the frost heaving process [65].

To predict the soil frost heaving deformation characteristics, it is necessary to establish a number of normative values of the initial indicators, to which, first of all, there are:

- soil grading;
- density of the soil structure;
- density of solid particles of soil;
- the soil consistency;
- soil natural moisture content;
- the average temperature and the duration of the freezing period of the soil;
- the thickness of the layer of frozen soil.

The data of the first four items are sufficiently constant in time and are determined during the survey, which makes it possible to evaluate these indicators and make a prediction of the frost heaving without taking into account external geographic and climatic factors. The remaining parameters, depending on the differences in the annual climatic cycles and the arrangement of the building site, can undergo significant changes, thereby inducing uncertainty in the calculated values. It follows that the reliability of the forecast of the characteristics of the frost heaving mostly will depend on the optimal choice and proper provision of the last three initial parameters [82].

Identification of the relationship between the degree of frost heaving, its quantitative characteristics, and the properties of soils was carried out with the aim of making a further forecast of the degree of frost heaving in the physical characteristics of soils.

We estimate the reliability of the proposed methods for forecasting the frost heaving degree, comparing the actual frost heaving degree, obtained during laboratory tests on the UPG-MG4.01/H and the methods for predicting the relevant regulatory documents.

In the version of All Union State standard 25100-95, which is not topical to date, the table is given, where it is possible to predict the frost heaving degree from the values of the soil plasticity number and the fineness modulus.

Let us compare the classification of All Union State standard 25100-95 and All Union State standard 25100-2011. In All Union State standard 25100-95, the classification of soils according to the sheaves is based on the values of the relative frost heaving deformation, taking into account the characteristics of the soils, based on the index of liquidity for clay soils and the fineness modulus for sandy soils.

The disadvantage of this classification is the inadequate separation of soils from varieties depending on the value of the relative frost heaving degree, and also the combination of strongly- and overheaving soils into one variety. Moreover, the recommended forecast for the value of the index of liquidity for dispersed soils is erroneous. From the graph of the dependence of the relative frost heaving deformation the index of liquidity (Fig. 2.27), it can be seen that these characteristics have a weakly

expressed relationship, which excludes the forecasting of clay soils exclusively in terms of index of liquidity, which, in fact, confirms the comparative characteristics of All Union State standard classifications (Table 2.13).

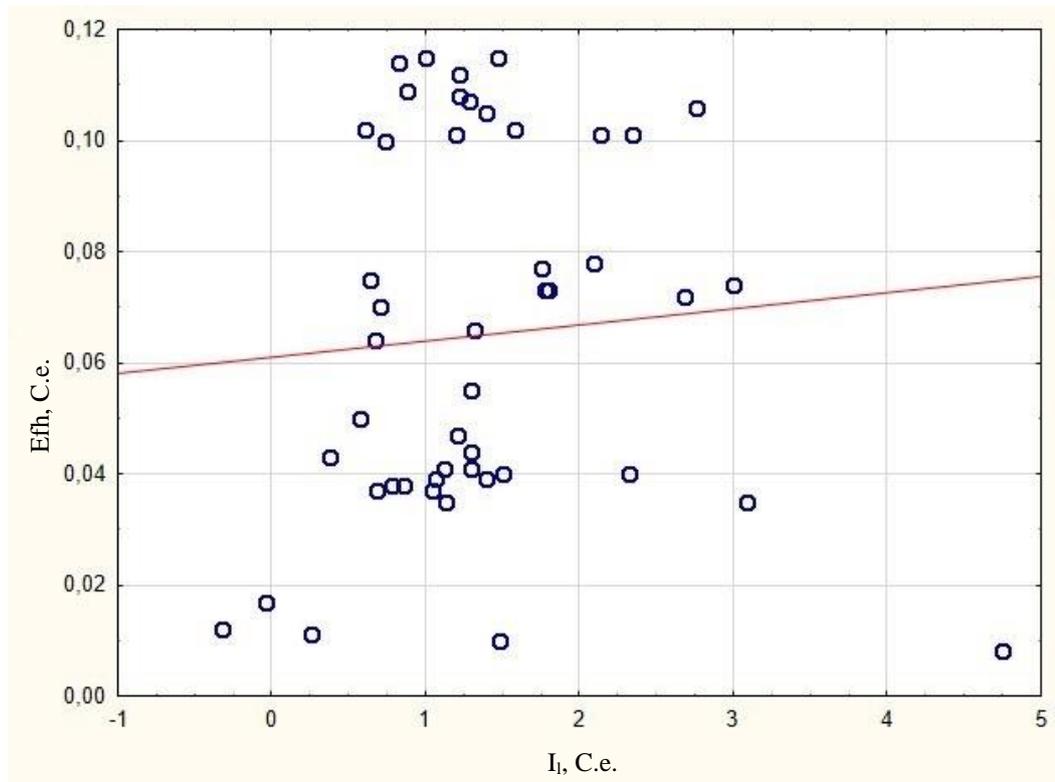


Figure 2.27 - Graph of dependence of relative frost heaving degree on the index of liquidity

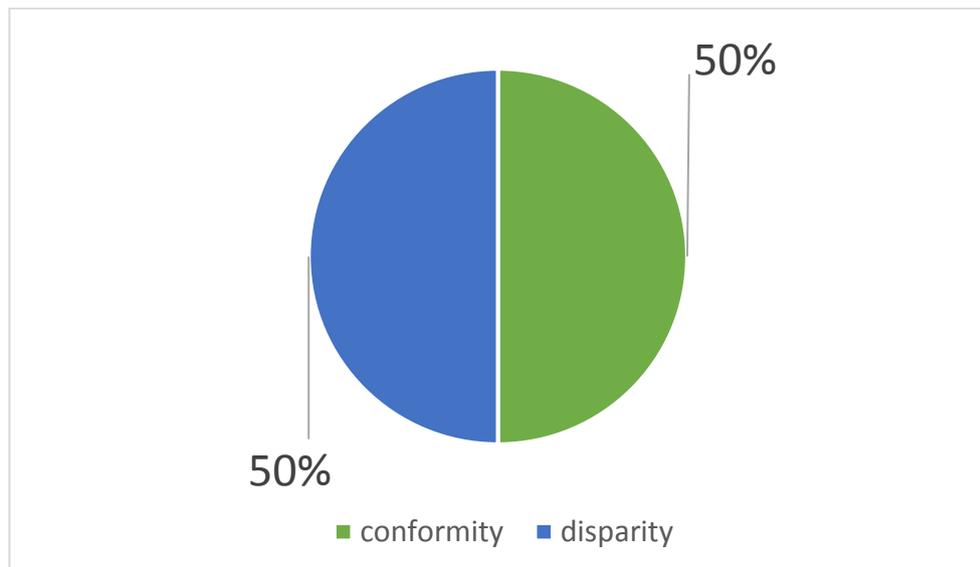


Figure 2.28 - Scheme of comparison results of the classification of All Union State standard 25100-2011 and All Union State standard 25100-95

Proceeding from the scheme (Figure 2.28), we note that only for 50% of soils frost heaving the degree of dispersed soils according to the classification given in All

Union State standard 25100-95 was confirmed by the All Union State standard 25100-2011 classification. For the remaining soils, the degree of frost heaving degree was, in most cases, overestimated. The overestimation of the frost heaving degree of ripeness is not a critical moment, on the contrary, the aggravation of the properties of specific soils on the territories of their distribution, help to design the most reliable anti-heaving measures. On the other hand, overestimated frost heaving degree leads to the designation of engineering measures to prevent deformations of structures that are not suitable for existing conditions of soils, which will entail the expenditure of excessive material and labor resources.

Analyzing the results of comparing the classification according to Industrial road standard 218.046-01 and All Union State standard 25100-2011, there is a complete inconsistency between the actual and predicted by the kind of soil degree of heaving. The reason for this discrepancy is the difference in the name of soils in the classification of ODN and GOST 25100-2011. Also, the forecast of the frost heaving degree, proceeding solely from the name of the soil, will give only a very rough estimate, allowing to determine whether the soil is prone to heaving, in principle, or not.

It is not possible to assess the degree of graininess of the investigated soils in accordance with the Recommendations on the registration and prevention of deformations and frost heaving forces of soils, due to the lack of some data necessary for calculating the parameters determining the frost heaving degree.

When assessing the frost heaving degree, guided by the methodology given in the recommendations for the design of the roadbed of roads in difficult engineering and geological conditions, it can be said that the values of the relative frost heaving degree, determined from the table, depending on the value of the natural moisture content and lower plastic limit moisture, do not completely correspond to the actual values. But, correlating the obtained values with the classification of frost heaving degree in accordance with All Union State standard 25100-2011, the variety of soils is either of the same degree as the actual one, or it has a certain permissible discrepancy, slightly overestimating or slightly underestimating the frost heaving degree.

To summarize, as a result of the analysis of the revealed relationships between the frost heaving degree and the properties of soils, an approximate assessment of the frost heaving degree and a forecast of soil behavior can be carried out basing primarily on the values of natural moisture and consistency indices. From the graph in Figure 2.29, it is evident that the simplest, according to the values of the natural moisture and liquid limit moisture and lower plastic limit moisture, is to diagnose the most dangerous variety of soils according to the frost heaving degree - overheating soils that differ in the maximum values of these characteristics.

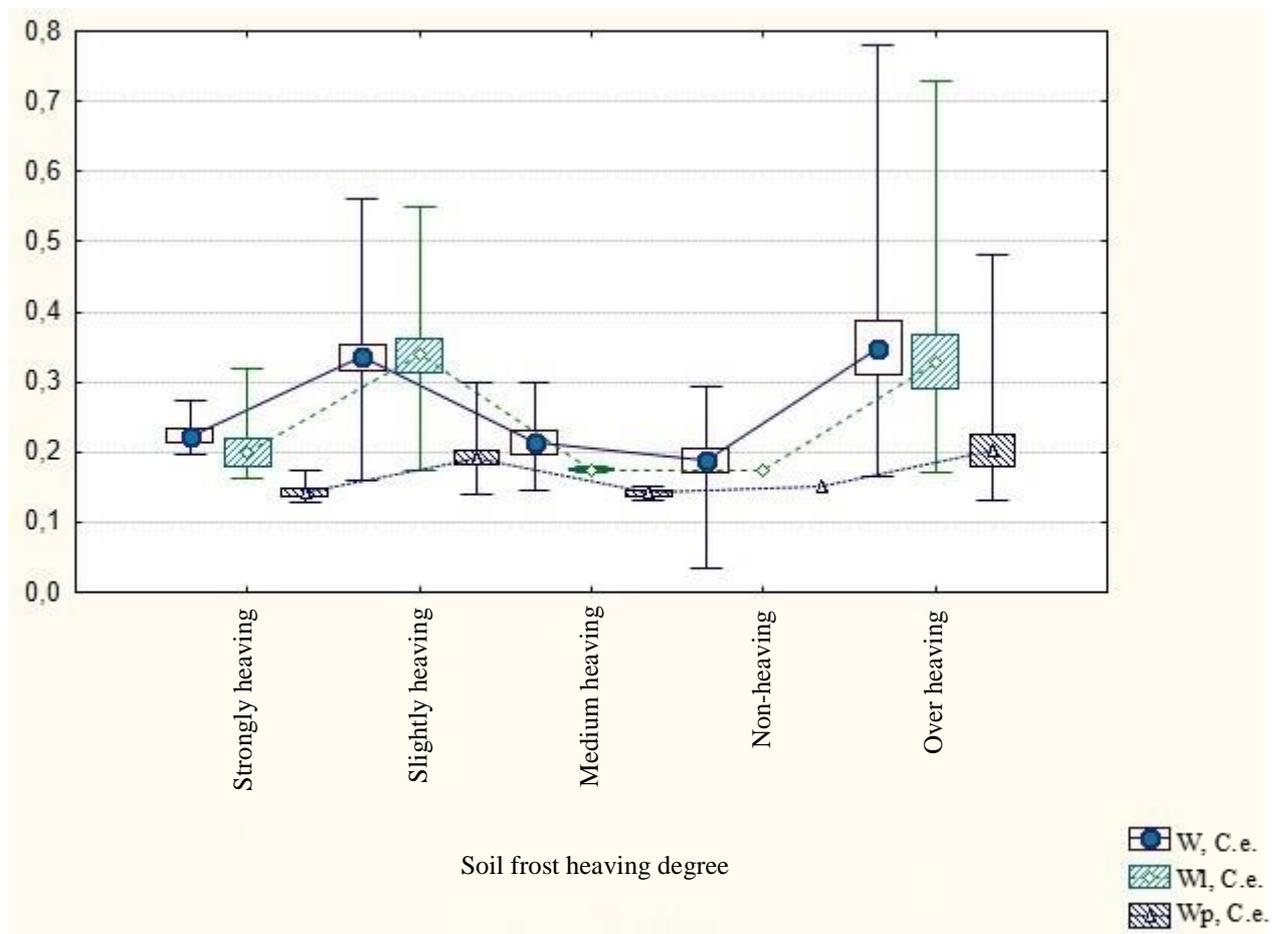


Figure 2.29 - Changes in the natural moisture and lower plastic limit moisture, depending on the soil frost heaving degree

In connection with the revealed regularities, for example, the soils of the territory of the Uhut deposit, we can say that to estimate the frost heaving degree it is sufficient to analyze the physical characteristics of the soil in order to predict its behavior during seasonal freezing-thawing, which gives the interrelations, identified a particular urgency. But it is not worth neglecting the laboratory tests for frost heaving

degree, in order to avoid the consequences of an incorrect evaluation of the Soil frost heaving degree or its inexact prediction

Anti-frost heaving measures

Frost susceptible and the forecast of their frost heaving characteristics for the purpose of design engineering measures to prevent deformations of structures can be determined with sufficient reliability only with a joint comprehensive consideration of all factors influencing on frost heaving process [65].

Soil frost heaving applied to not only from abroad during winter freezing, but also loss of bearing capacity in spring, after sedimentation and waterlogging of the thawing ground-base.

The applicability of the method is justified by the type of building, structure and facility, its level of responsibility, and the intended use, as well as the properties of soils and the external conditions of the natural environment [85].

The underreporting of the soils frost heaving in construction, as well as the untimely appointment of anti-frost heaving measures, cause enormous damage to the national economy: they reduce the time and deteriorate the conditions of operation of structures, cause unproductive labor, construction materials and financial resources.

Anti- frost heaving measures are focused on reducing the scope of interaction of the construction of the structure with such specific soils, as frost heaving soils, and are aimed at preventing the consequences of their manifestation. Thus, the design of measures of engineering protection of structures against frost heaving soils will undoubtedly bring economic benefit [65].

For the design of measures of engineering protection of structures frost heaving soils it is necessary to have a following data on:

- soil grading and soil mineral composition;
- soils density; water-physical properties of soils (pre-winter humidity, liquid limit moisture and lower plastic limit moisture, full moisture-holding capacity, soil permeability, capillary ascension);
- thermophysical properties of soil (heat storage capacity, heat conductance);

- groundwater level;
depth of seasonal freezing and thawing [85].

Anti- frost heaving measures are divided into the following types:

- engineering-meliorative (heat- and hydro-melioration);
- constructive;
- physico-chemical;
- combined [85].

Heat melioration is focused on accelerating the freezing of pile foundations along the lateral surface of the pile with soil, which leads to anchoring of the foundation and reduction of the forces of frost heaving. Heat melioration consists of the thermal insulation of the foundation, or the laying near the foundation along the outer perimeter of underground communications, which emits heat into the ground [73].

The hydro-meliorative measures are reduced to lowering of the groundwater level, drainage of soils within the seasonally frozen layer and the protection of soils from saturation of the surface with atmospheric and industrial waters. In this case, usually use open and closed drainage systems, which are designed according to All Union State standard Hydraulic engineering structures. Basic provisions and All Union State standard Engineering territories' protection from flooding and underflooding [73].

Structural anti- frost heaving measures provide an increase in the efficiency of the work of structures of foundations and structures in frost heaving - hazardous soils and are intended:

- effort reduction of heaving foundation;
- to anchor foundations in thawed and frozen ground, lying deeper than the seasonally freezing layer;
- adaptation the foundations and the ground part of the structure to uneven deformations of the frost heaving soils.

To reduce the tangential frost heaving forces, it follows:

- design facilities on columnar and pile foundations;

- reduce the number of stand-alone foundation supports to increase the load on each support;
- reduce the cross-section of columnar foundations and piles within the freezing layer;
- arrange sloping side faces ($1^\circ - 2^\circ$) at the reinforced concrete foundations, which provide an increase in the resistance of the foundation to the action of tangential frost heaving forces.

Physico-chemical anti-frost heaving measures are reduced to special treatment of the soil with astringent and stabilizing substances. Hydrophobization of soils is carried out by treating it with an environmentally friendly substance (polymer) under certain hydrothermal conditions [73].

If necessary, the project should include observations (monitoring) to ensure the reliability and effectiveness of the anti-frost heaving measures used. Observations should be carried out to reveal the moisture content of the ground, the regime of freezing of the ground, frost heaving deformation, and deformation of structures in the pre-winter and late winter period. The composition and regime of observations are chosen depending on the complexity of the engineering-geocryological conditions, the types of foundations used and the potential hazards of frost heaving processes in the developing territory [73].

Therefore, when designing foundations with the use of various anti-frost heaving measures, it is necessary to know not only the ground conditions of a given site in terms of engineering and geological reports, but also the basic properties of the soils in general, as well as the factors that cause the forces and deformations of frost heaving.

In general, anti-frost heaving measures are intended to reduce the scope of interaction of the construction of the structure with such specific soils as frost heaving, and are aimed at preventing the consequences of their manifestation.

The territory of the investigated sites of the Uhut deposit is heterogeneous in terms of geological, hydrological, geomorphological and hydrogeological conditions. Therefore, when choosing the measures of engineering protection of the building, an

individual approach is required that will take into account all the conditions of the work area.

The most suitable measure of engineering protection of the territory from the consequences of the manifestation of the soils in the study area is the replacement of the frost heaving soils with soils that are non-frost heaving. It should be replaced for some or all of the depth of seasonal freezing of the soil. It is also possible to apply padding (cushions) of gravel, sand, burnt rocks from scum and other drainage materials under the entire building or a layer by the calculated depth of frost heaving soil without removal of the frost heaving soil, or only under the foundations of frost heaving soil, with proper technical and economic justification by calculation [65]/ It is also permissible to use constructive solutions when working with frost heaving soil in the investigated area.

Summarizing all the work done, in the framework of research, the author also has developed a scheme for working frost heaving soils, shown in Figure 2.30.

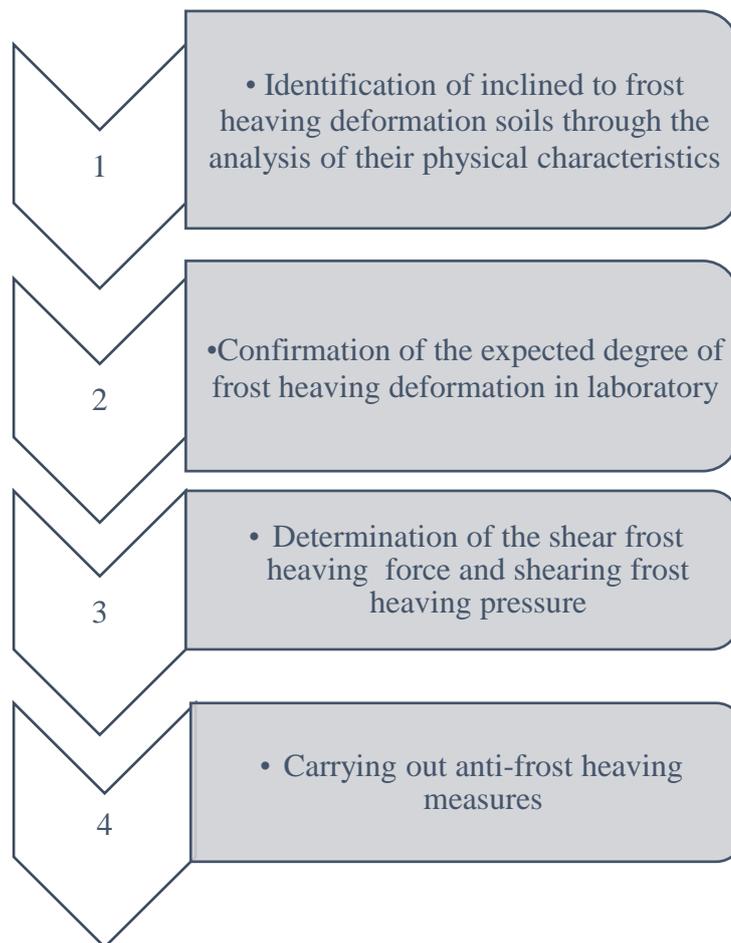


Figure 2.30 - Scheme for working with frost heaving soils

Conclusion

During the research in the frost heaving process, using as the example of soils from the territory of the sites of the Ugut deposit, the hydrometeorological and engineering-geological conditions of the research area were researched through the determination of quantitative characteristics of the frost heaving degree. The research objectives were focused on the characteristics of the frost heaving process based on the revealed interrelationships between the degree of heaving, composition and physical parameters of the soil.

According to the tasks set, the work reviewed the existing field and laboratory methods for determining the degree of ripeness, not only domestic, but also foreign ones. The author also described the laboratory method used to determine the frost heaving deformation used in the tests used in the Soil Research Laboratory of OJSC «TomskNIPIneft». This laboratory method for determining the relative frost heaving deformation is an express method for obtaining reliable information on the frost heaving degree. Its application revealed the presence of all categories of soils (from non-heaving to overheaving) at the sites of the Ugut deposit.

Within the framework of the research component of this work, the author has systematized the base of the soils, statistical processing of which was carried out in this work. By the example of the soil of the territory of the sites of the Ugut deposit, the dependences that arise from the indices of soil properties and the quantitative characteristics of the frost heaving degree (the vertical and relative frost heaving deformations) were revealed. The most striking relationships, characterized by high values of the correlation coefficients, are noted between the natural moisture content and the consistency indices and the relative frost heaving deformation.

The revealed regularities were the basis for the development of a scheme for working with frost heaving soils, based on a preliminary assessment of the frost heaving degree in soil property indicators, which allows predicting the behavior of soils during seasonal freezing-thawing. This scheme also involves the implementation of anti-frost heaving measures, the choice of which, in turn, also depends on the water-physical and thermophysical properties of the soil, etc.

The work presents safety engineering in the manufacture of laboratory works, as well as the estimated cost of complex laboratory tests, which amounted to 1,791,634.4 rubles.