

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Природообустройство и водопользование
 Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование состава и физико-механических свойств техногенных грунтов отвалов месторождений полезных ископаемых (на примере Ведугинского золоторудного месторождения Енисейского края)

УДК 622.271.45:622.342.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ81	Данилова Наталья Владимировна		10.06.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Крамаренко В.В.	к.г.-м.н.		10.06.2020

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
				10.06.2020

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	к.э.н.		10.06.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преп. ООД ШБИП	Скачкова Л.А.	-		10.06.2020

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Савичев О.Г.	д.г.н.		10.06.2020

Планируемые результаты обучения по ООП

Код	Результат обучения
P1	Демонстрировать глубокое знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах безопасности жизнедеятельности, быть компетентным в вопросах устойчивого развития
P2	Самостоятельно приобретать с помощью новых информационных технологий знания и умения и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P3	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, включая разработку документации и презентацию результатов проектной и инновационной деятельности.
P4	Использовать педагогически обоснованные формы, методы и приемы организации деятельности обучающихся, применять современные технические средства обучения и образовательные технологии образовательных программ «Природообустройство и водопользование» и «Прикладная геология»
P5	Проводить учебные занятия по учебным предметам, курсам, дисциплинам образовательных программ «Природообустройство и водопользование» и «Прикладная геология»
P6	Использовать знания в области водного хозяйства и природообустройства (мелиорации, рекультивации, инженерной защиты территорий) для надлежащей эксплуатации сооружений и систем природообустройства и водопользования, охраны водных объектов
P7	Разрабатывать документацию по эксплуатации мелиоративных систем, рекультивации нарушенных земель и водных объектов
P8	Проводить эксплуатацию и мониторинг сооружений и систем природообустройства и водопользования, обеспечивать выполнение требований по безопасности гидротехнических сооружений, охраны природы
P9	Использовать знания о геологических, геохимических, гидрологических, гидрогеологических, климатических процессах для определения параметров проектируемых сооружений и систем природообустройства и водопользования, выявления опасных природных и техногенных процессов
P10	Разрабатывать раздел проектной документации «Охрана окружающей среды»
P11	Проводить инженерно-геологические, инженерно-экологические, инженерно-гидрометеорологические изыскания, экологический мониторинг, руководить проведением инженерных изысканий и экологического мониторинга

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: Природообустройство и водопользование
 Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

_____ Савичев О.Г.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ81	Данилова Наталья Владимировна

Тема работы:

Исследование состава и физико-механических свойств техногенных грунтов отвалов месторождений полезных ископаемых (на примере Ведугинского золоторудного месторождения Енисейского края)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№111-13/С от 20.04.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Материалы с производственной и преддипломной практик, специальная литература, электронные источники.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>При исследовании решить следующие задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – систематизировать и анализировать методики исследования техногенных грунтов; – составить программы исследований техногенных грунтов на основе анализа методик; – апробировать программу-алгоритм испытаний на пробах, полученных при отборе из дамб отвалов; – выявить закономерности между характеристиками состава и физико-механических свойств грунтов.
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Привести обзорную схему расположения объекта исследования, геологическую схему, геологический разрез. В табличной форме представить: систематизированные методы исследования физико-механических свойств; программу исследования; сводные данные-физико-механических показателей.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Маланина Вероника Анатольевна, доцент ОСГН</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Скачкова Лариса Александровна, старший преподаватель ООД ШБИП</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>На русском языке:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Введение. 2. Обзор литературы. 3. Лабораторные методы исследования техногенных грунтов 4. Заключение 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 6. Социальная ответственность. 7. Заключение. <p>На английском языке:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы по теме «Техногенный грунт и обработка данных» / Literature review on the topic «Man-made soil and data processing» (приложение А). 	
<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>до 03.03.2020</p>

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крамаренко Виолетта Валентиновна	канд. геол.- минерал. наук		03.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ81	Данилова Наталья Владимировна		03.03.2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 20.04.02 «Природообустройство и водопользование»
 Уровень образования Магистратура
 Отделение геологии
 Период выполнения Осенний/весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
06.04.2020	Разработка расчётно-пояснительной записки ВКР	40
20.04.2020	Разработка графической части ВКР	40
09.06.2020	Устранение недочётов ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крамаренко Виолетта Валентиновна	канд. геол.-минерал. наук., доцент		03.03.2020

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Савичев Олег Геннадьевич	д. г. н., профессор		03.03.2020

РЕФЕРАТ

Дипломный проект 119 с., 29 рис., 31 табл., 59 источников и нормативных документов, 3 приложения.

Ключевые слова: ТЕХНОГЕННЫЕ ГРУНТЫ, СОСТАВЛЕНИЕ МЕТОДИКИ, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУНТОВ, СИСТЕМАТИЗАЦИЯ, ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ.

Объект разработки – техногенные грунты из отвалов пустых пород территории Ведугинского золоторудного месторождения в районе Енисейского кряжа, а также методики их исследования.

Цель проекта – систематизация методик работ по исследованию физико-механических свойств техногенных грунтов, составление программы их исследований и ее опробование на грунтах отвалов пустых пород Ведугинского золоторудного месторождения.

Задачи:

- систематизация и анализ методик исследования техногенных грунтов;
- составление программы исследований на основе анализа методик;
- апробация программы испытаний на пробах, полученных при отборе из дамб отвалов;
- выявление закономерностей между характеристиками состава и физико-механических свойств грунтов;
- рекомендации по применению результатов исследования техногенных грунтов.

Научная новизна полученных результатов заключается в составлении программы работ с техногенными грунтами Ведугинского месторождения на основе систематизации ранее использованных методик изучения различных техногенных грунтов, применение выбранных методик и получение новых данных о свойствах техногенных грунтов месторождений полезных ископаемых.

В основу работы положены материалы полученные автором во время работы в лаборатории Грунтоведение и механика грунтов ИШПР ТПУ. В процессе проводились анализ и обобщение литературных сведений, фондовых материалов, исследование состава и физико-механических свойств проб грунта, построение геологического разреза, статистическая обработка данных.

Оглавление

Введение	10
1 Общая часть	12
Природные условия	12
1.1 Физико-географические условия.....	12
1.2 Геологическое строение	15
1.3 Стратиграфия района.....	16
1.4 Гидрологические, геологические и инженерно-геологические условия и явления.....	22
2 Обзор литературы.....	25
3 Специальная часть.....	37
Лабораторные методы исследования техногенных грунтов	37
3.1 Физические свойства	40
3.1.1 Гранулометрический состав	40
3.1.2 Влажность, граница текучести, граница раскатывания.....	44
3.1.3 Уплотнение грунта.....	46
3.2 Физико-механические свойства	49
3.2.1 Истираемость грунта	49
3.2.2 Растяжение и сжатие образцов грунта	52
3.2.3 Компрессионное сжатие	53
3.2.4 Метод трехосного сжатия.....	60
3.2.5 Обработка полученных результатов	64
4 Финансовый менеджмент, и ресурсоэффективность и ресурсосбережение	73
4.1 Затраты времени и труда проводимых работ.....	73
4.2 Риски проекта.....	75
4.3 Основная заработная плата.....	76
4.4 Стоимость работ.....	79
5 Социальная ответственность	84
Введение.....	84

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	84
5.2 Производственная безопасность	86
5.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	87
5.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя	92
5.5 Экологическая безопасность	95
5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	96
Выводы.....	97
Заключение	99
Список публикаций студента.....	100
Список использованных источников.....	101
Приложение А	107
Приложение Б.....	117
Приложение В	119

Введение

Считается, что строительство на территории с широким распространением техногенных грунтов требует дополнительных исследований, более затратно в материальном отношении, а также не имеет чёткого перечня указаний для исследования физико-механических свойств грунтов при изысканиях. Действительно, для дамб отвалов пустых пород месторождений полезных ископаемых нет согласованной методики по исследованию и изучению физико-механических свойств техногенных грунтов, что затрудняет процесс получения данных и затрачивает временной ресурс. Так как строительство подобных объектов развивается широко, целью данной работы стала систематизация методик работ с техногенными грунтами, разработка программы и ее опробование на примере грунтов территории Ведугинского золоторудного месторождения Красноярского края.

В данном исследовании была проведена работа с двумя видами грунтов – это техногенные крупнообломочные, представленные сланцами, и суглинки, полученные из сланцев при отработке месторождения.

Цель работы – систематизация методик по исследованию физико-механических свойств техногенных грунтов, составление программы их изучения и ее применение на грунтах из дамб отвалов на территории Ведугинского золоторудного месторождения.

Задачи:

- систематизация и анализ методы исследования техногенных грунтов;
- составление программы их исследований на основе анализа методик;
- апробация программы-алгоритма испытаний на пробах, полученных при отборе из дамб на месторождениях;
- выявление закономерностей между характеристиками состава и физико-механических свойств грунтов;
- рекомендации по применению программы исследования техногенных грунтов.

Объект разработки – техногенные грунты площадок отвалов Ведугинского золоторудного месторождения в Северо-Енисейском районе Красноярского края на водоразделе рек Ведуга и Малая Ведуга, к северо-западу от поселка Брянка.

Научная новизна полученных результатов заключается в новых данных полученных в результате составления индивидуальной программы работ с техногенными грунтами отвалов на Ведугинском месторождении, необходимость которой, была определена специфичностью свойств суглинков полученных из сланцев. Исследуемые грунты отличаются от естественных присутствием остатков реагентов, разной степенью

уплотнения, проблематичностью отбора в естественном состоянии с сохранением структуры и применения стандартных схем исследования физико-механических свойств.

В основу работы положены материалы, полученные автором в лаборатории «Грунтоведение и механика грунтов ИШПР ТПУ». В процессе работ проводились анализ и обобщение литературных и фондовых материалов, лабораторные исследования состава и физико-механических свойств проб грунта, статистические расчеты, а также составлена смета на выполнение работ.

1 Общая часть

Природные условия

Ведугинское месторождение расположено в Северо-Енисейском районе Красноярского края. Сам район относится к районам крайнего севера, занимает территорию на правом берегу Енисея в центральной части Енисейского края. Площадь, занимаемая Северо-Енисейским районом равна 47 242 км².

Из-за расположения месторождения в лесной зоне, территория труднодоступна. 90% Северо-Енисейского района покрывают пихтовые, сосновые, темнохвойные и березово-осиновые леса.

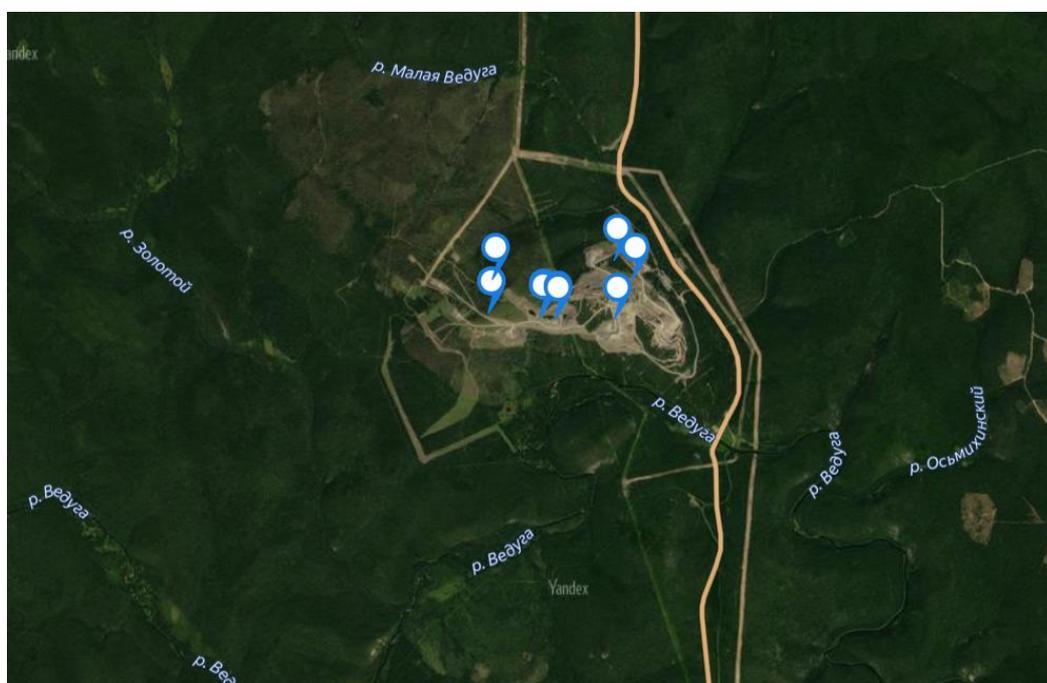


Рисунок 1 – Расположение Ведугинского месторождения

1.1 Физико-географические условия

Северо-Енисейский район – муниципальный район в центре Красноярского края. Входит в состав Нижнего Приангарья, относится к районам Крайнего Севера.

Административный центр – поселок городского типа Северо-Енисейский.

Расположен на правом берегу Енисея на Средне-Сибирском плоскогорье в центральной части Енисейского края. Высшая точка – гора Енашимский Полкан (1125

м) в 70 км к югу от районного центра. Площадь территории – 47242 км². Протяжённость района с востока на запад – 230 км, с севера на юг – 320 км.

Удалённость от Красноярска составляет 660 км. Ближайший город Енисейск, расстояние до которого составляет 300 км. Так как твердое покрытие на дорогах преимущественно отсутствует, то на автомобильном транспорте крайне трудно добраться до той или иной части района.

На западе и юге граничит с Мотыгинским и Енисейским районами, с востока и севера – с Эвенкийским районом.



Рисунок 2 – Административное положение Северо-Енисейского района

Северо-Енисейский район находится в северной части Красноярского края, климат его территории считается резко континентальным. Среднегодовая температура - 4,4 °С, так как в районе около полугода продолжительные морозы, снег выпадает в конце октября или начале ноября. Средняя температура в зимний период времени в среднем

варьируется от -25°C до минус 31°C. Из-за высокой влажности на территории нередко образуются туманы, как в зимнее, так и летнее время года.

Ежегодное количество осадков варьируется от 600 до 1000 мм.

Необычные климатические условия обуславливаются затаеженной территорией, так как лес охватывает около 70%.

Согласно данным, полученным с метеостанции Северо-Енисейская [27], приведена сводная таблица климатических характеристик района (табл.1).

Таблица 1 – Климатические характеристики участка

№	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С													
1	-27,0	-	-	-5,4	3,1	11,7	15,0	11,0	4,7	-4,8	-	-	-6,5
2	-21,5	-	-	-3,9	3,5	12,1	16,5	12,5	5,6	-4,1	-	-	-4,0
Абсолютный минимум температуры воздуха, °С													
1	-55	-54	-47	-39	-23	-10	-5	-10	-17	-40	-52	-56	-56
2	-49	-47	-40	-33	-15	-8	2	-4	-15	-30	-45	-50	-50
Абсолютный максимум температуры воздуха, °С													
1	-1	2	12	20	27	33	33	31	26	20	4	2	33
2	-1	3	10	18	28	32	34	31	26	19	5	3	34
Среднее месячное и годовое парциальное давление водяного пара, гПа													
1	0,8	0,8	1,6	2,9	5,0	8,9	12,3	10,6	6,9	3,8	1,7	1,0	4,7
2	1,0	1,1	1,8	2,9	4,7	8,8	12,2	10,7	7,1	3,9	1,8	1,2	4,8
Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха, %													
1	76	74	71	66	65	66	74	81	80	80	79	78	74
2	78	76	71	62	60	63	67	76	77	80	81	80	73
Среднее месячное и годовое количество осадков, мм													
1	20	14	17	22	42	58	75	77	59	48	33	24	489
2	21,4	16,1	18,4	25,7	47,0	67,9	65,6	77,8	66,3	49,0	36,6	27,2	519
Средняя высота снежного покрова по снегосъёмкам на последний день месяца (лес), см													
1	62	69	73	40		96 максимальная				20	40	53	
2	72	79	83	56		112 максимальная				20	46	60	
Запас воды в снежном покрове на последний день месяца, мм													
1	114	127	142	100		218 максимальный				29	63	90	
2	147	168	180	142		269 максимальный				30	78	114	
Средняя месячная и годовая скорость ветра, м/с													
1	1,3	1,3	1,9	2,5	2,7	2,2	1,5	1,6	1,9	2,2	1,7	1,3	1,9
2	3,0	3,0	3,6	3,8	3,7	3,3	2,5	2,6	3,0	3,9	3,4	3,0	3,2
Примечание 1 – Новоерудинская метеорологическая станция, 2 – Северо-Енисейская.													

1.2 Геологическое строение

Енисейский кряж является главной геологической структурой, которая представляет собой сложно построенный складчато-надвиговый пояс, обрамляя с западной стороны Сибирскую платформу.

Енисейский кряж регулярно исследуется: геолого-съёмочные, геохимические, геофизический, геохронологические, петрологические, разведочные, геологические работы в больших объемах часто проводятся на территории, постоянно дополняясь новыми методами, которые проводят и выполняют сотрудники научно-исследовательских институтов и сотрудники строительных организаций. За предыдущие сорок лет изучения кряжа, исходя из проводимых геофизических исследований, было определено, что характер глубинного строения – чешуйчатый, иначе складчато-надвиговый, а также исходя из полученных данных сделан вывод, что Заангарье Енисейского кряжа ярко выражено отделяется на глубине по сравнению со смежными региональными геологическими структурами, такими как Западно-Сибирская плита и Сибирская платформа, с уточнением, что границы располагаются по системам ступенчатых разломов, спускающихся к центру орогена.

Переход от Западно-Сибирской плиты к Енисейскому кряжу характеризуется возрастанием мощности земной коры от 41 до 47 км и сменой формы кривой магнитного поля с плавной на расчлененную, пилообразную [29].

Рассматривая показатели сейсмопрофилирования земная кора Енисейского кряжа значительно выделяется изменением количества горизонтальных плоскостных границ, а волновая картина коры слабо упорядочена, с непротяженными отражающими площадками.

По всей области Енисейского кряжа тип и форма рельефа достаточно различна, отличается друг от друга. Расчленяющие кряж на горные массивы речные долины часто куполовидные и уплощенные, многие из них крутосклонные и глубокие.

Весь горный массив кряжа разрезан речными долинами на разные по высоте отдельные части.

Енисейский кряж богат полезными ископаемыми.

По ходу изучения территории геологами были найдены различные виды. Самые распространенные из них – это магнезит, тальк, железная руда, боксит и другие. Кряж также богат золотом, которое было обнаружено в XIX веке. Большими запасами золота знаменит ручей под название Олимпиадинский, протекающий в горах Северо-Енисейского района. С тех времен здесь работали многочисленные прииски. В

исторический период до революции 1917 года добылось около пятисот тридцати двух килограмм россыпного золота, в связи с этим началась «золотая лихорадка».

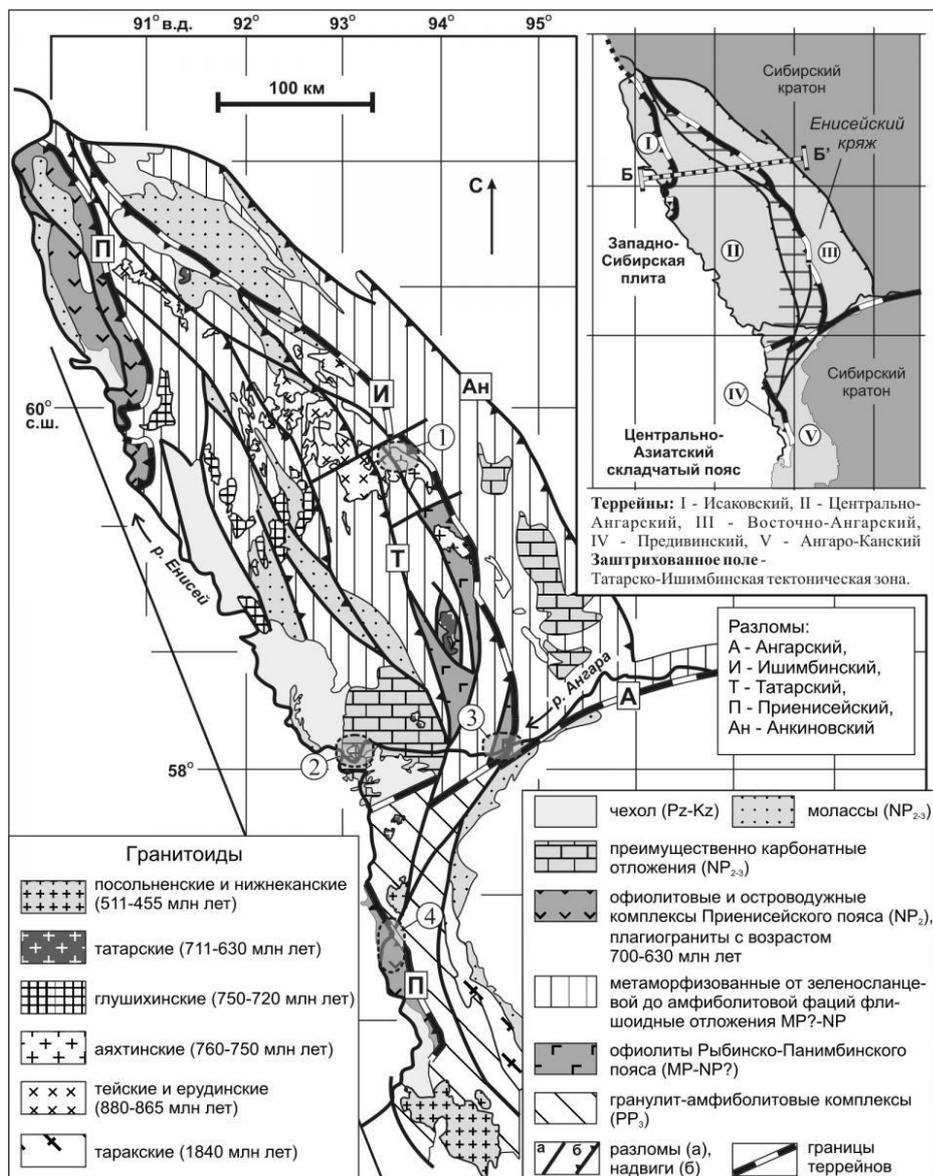


Рисунок 3 – Геологическая схема Енисейского кряжа [28]

1.3 Стратиграфия района

Согласно стратиграфическому подразделению докембрийские отложения Енисейского кряжа подразделяются на следующие серии: кузеевскую, атамановскую, исаевскую, среднянскую, тейскую, сухопитскую, тунгусикскую, киргетейскую, ослянскую, тасеевскую.

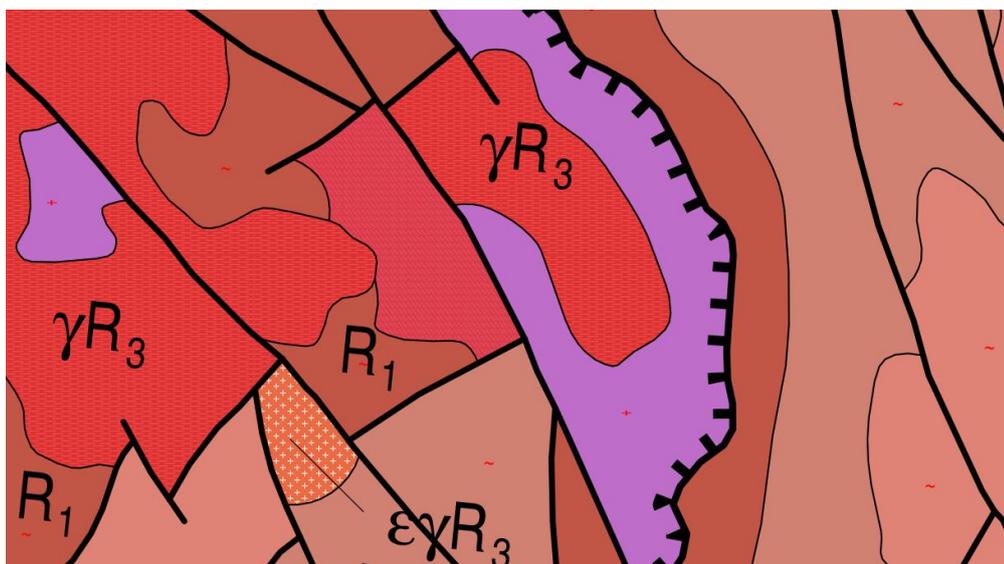


Рисунок 4 – Стратиграфическая карта района; условные обозначения R_1 – нижний рифей, γR_3 – граниты, гранодиориты, граносиениты, $\epsilon \gamma R_3$ – верхний рифей [34]

К нижнему архею относится Канский метаморфический комплекс (AR_{1kn}). В Ангаро-Канской части Енисейского кряжа располагаются самые древние породы. Весь Канский комплекс состоит из эффузивно-осадочной толщи глинистого и глинисто-мергелистого состава [14,15].

Кузеевская серия (AR_{1kz}) состоит из четырех минерально-петрографических групп пород: гнейсы, плагиогнейсы гиперстеновые; гнейсы двупироксеновые; гнейсы гранат-гиперстеновые; гнейсы биотит-гранатовые, гранат-биотитовые. Между этими четырьмя группами существуют породы с промежуточным составом. Мощность серии приблизительно 2,2-2,4 км на севере Енисейского кряжа, и достигает 3 км на юге района.

Атамановская серия (AR_{1at}) также относится к нижнему архею и включена в Канский комплекс. Граница между предыдущей серией и рассматриваемой характеризуется по резкому уменьшению гиперстеновых гнейсов. Атамановская серия включает в себя такие группы пород, как палиогнейсы, кристаллические сланцы гранат-двупироксеновые, гранат-силлиманит-кордиеритовые и гранат-биотитовые. Мощность данной серии до 2,2-2,7 км.

К верхнему архею относится Енисейский метаморфический комплекс (AR_{2kn}), который располагается на левом берегу реки Енисей. Верхний архей включает в себя исаевскую и среднянскую серии.

Исаевская серия (AR_{2is}) включает в себя плагиогнейсы биотитовые, гранат-биотитовые и амфибол-биотитовые. На территории преобладают зоны диафтореза и микроклизизации. Мощность рассматриваемой исаевской серии – 1,5-1,7 км.

Средняя серия (AR_{2sr}), которая также относится к верхнему архею, состоит из гнейсов и кристаллических сланцев биотит-амфиболовых, гранат-биотит-амфиболовых, биотитовых, двуслюдяных, а также мраморов, кальцифиров, кварцитов. На севере района мощность серии примерно 0,9-1,1 км, а на юге доходит до 1,6-1,8 км.

К нижнему протерозою относится Тейская серия (PR_{1ts}), которая в свою очередь включает в себя свиту хребта Карпинского (PR_{1hk}) и Пенченгинскую свиту (PR_{1pn}).

Свита хребта Карпинского включает в себя двуслюдяные высокоглиноземистые сероцветные сланцы преимущественно гнейсовидной текстуры, слюдистые кварциты и слюдисто-кварцевые кристаллосланцы. Мощность рассматриваемой свиты небольшая, около 950 м.

Пенченгинская же свита состоит из полосчатого мрамора с прослоями графитизированных сланцев, также присутствуют кварциты, амфиболовые микросланцы и амфиболиты. В тех местах, где характерен спад метаморфизма, возникают кварц-серицитовые сланцы с углистым материалом. Мощность характеризуемой свиты составляет 1-1,7 км.

Верхний протерозой сложен нижним-средним рифеем [10], который в свою очередь включает в себя сухопитскую серию (RF_{1-2sp}). Сухопитская серия составляет самую большую часть Енисейского кряжа, в частности заангарской его территории. Серия поделена на шесть свит.

Кординская свита (RF_{1kd}) состоит из кварцевых и кварцитовидных песчаников, метагравелитов, известково-глинистых сланцев, алевросланцев, кварцитов, мрамора, кристаллических сланцев. Местами встречаются сланцы, которые метаморфизированы до гнейсов с силлиманитом, дистеном и гранатом. В основании свиты преобладают конгломераты и гравелиты. Мощность кординской свиты составляет диапазон от 0,9 до 3,2 км.

Горбилоская свита (RF_{2gr}) в свою очередь состоит из зеленых и зеленовато-серых серцит-хлоритовых сланцев и филлитов. Мощность рассматриваемой свиты небольшая – около 0,6-0,9 км.

Удере́йская свита (RF_{2ud}) состоит из темно-серых и черных филлитизированных сланцев и кварц-серицитовых филлитов. В малом составе также присутствуют пачки кварцитовидных песчаников, вулканиты. Мощность удерейской свиты – 2,5 км.

Погорюйская свита (RF_{2pg}) состоит из глинистых, алеврито-глинистых и песчано-глинистых сланцев, а также из алевролитов и песчанников, встречаются прослойки карбонатных пород и вулканиты. Для данного состава преимущественна слоистая

текстура, так как темно-серые, светло-серые глинистые, алевролитовые и песчаные прослои чередуются. Мощность рассматриваемой свиты – 0,5 км.

Маркирующий горизонт – свита карточки (RF2al) – характеризуется тонкослоистыми пестроцветными известняками и известковыми сланцами, и очень малой мощностью около 0,5 км.

Аладьинская свита (RF2al) – последняя, относящаяся к сухопитской серии, состоит из брекчированного доломита, а мощность свиты составляет 0,1-05 км.

К верхнему рифею относится тунгусикская серия (RF3tn), которая в свою очередь включает в себя три свиты – потоскуйскую, шунтарскую, Серого ключа.

Потоскуйская свита (RF3pt) состоит из темных глинистых и филлитовидных сланцев с прослоями глинисто-алевритистых сланцев, алевролитов и песчаников. Иногда встречаются гематитовые породы, сидериты, а также строматолитовые доломиты и известняки. Мощность потоскуйской свиты составляет 0,8-1 км.

Шунтарская свита (RF3sn) состоит из глинистых, углеродисто-глинистых, глинисто-хлоритоидных сланцев. В породах иногда встречаются прослои карбонатных пород, кварцитовидных песчаников и алевролиты. Мощность свиты достигает 1,2 км.

Свита Серого ключа выделяется по границе, где выделяются светло-серые доломиты. Свита состоит из метаизвестняка, строматолитового метаизвестняка, сланца пестроцветного известняково-серцит-глинистого. Мощность рассматриваемой свиты примерно 0,7 км.

Палеозойское образование на Енисейском кряже характеризуется нижне-кембрийским. Оно характеризуется карбонатными и терригенными породами с остатками фауны. Наиболее молодые отложения располагаются в северной части рассматриваемой территории. Мезозойские отложения занимают незначительную площадь и представлены образованиями коры выветривания и траппами.

На рисунке 6 приведен схематический палеогеологический разрез Енисейской золоторудной провинции с размещением Ведугинского золоторудного месторождения – золоторудный объект №3 (по В. Д. Конкину с изменениями и добавлениями) [61].

На рисунке 7 приведен геологический план Ведугинского золоторудного месторождения и участок, где проводились исследования техногенных грунтов. Как видно из схемы, участок приурочен к территории распространения хлорит-серицитовых-кварцевых сланцев Средней подсвиты Удереиской свиты.

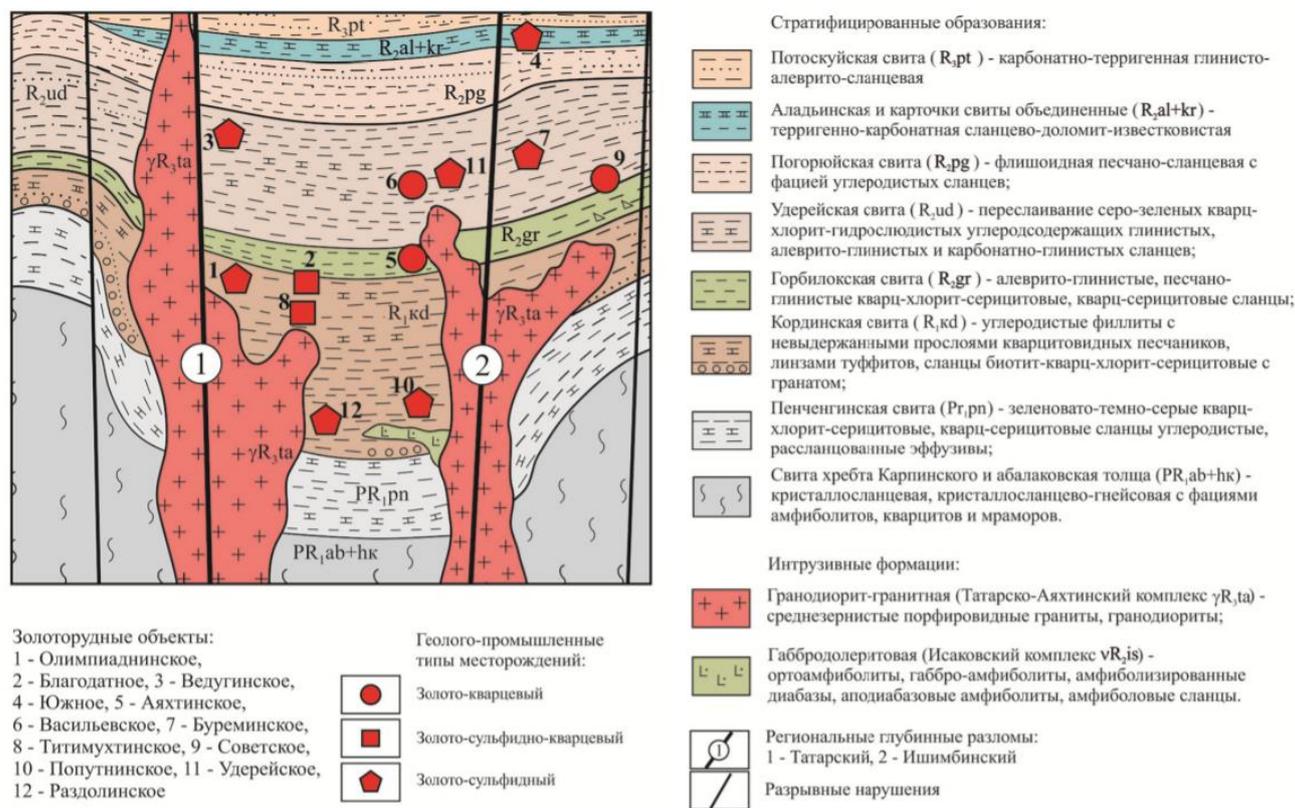
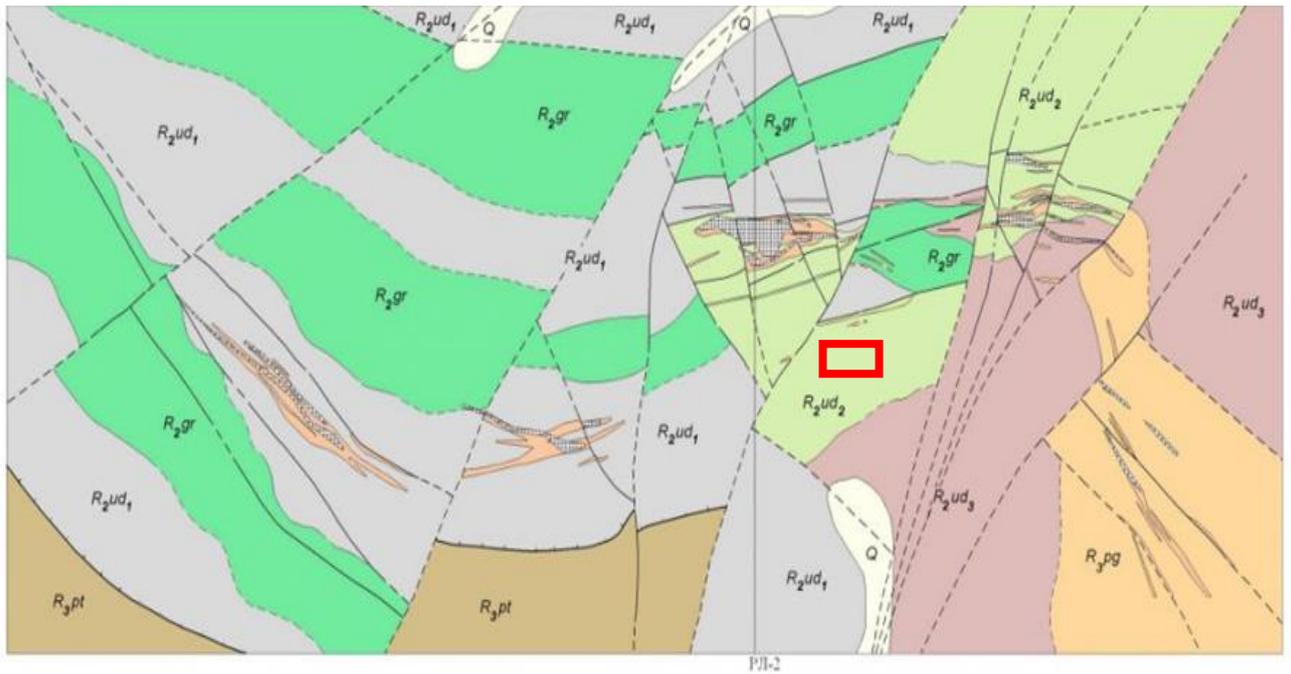


Рисунок 5 – Схематический палеогеологический разрез Енисейской золоторудной провинции с размещением золоторудных месторождений и проявлений (по В. Д. Конкину с изменениями и добавлениями) [61]

Средняя подсвита (R_{2ud2}) согласно перекрывает нижнюю и имеет выдержанный состав. В ее разрезе в верховьях р. Зырянки профилем скважин (2) снизу вверх вскрыты: 1. Сланцы кварц-серицитовые темно-серые до черных (участками зеленоватые) флишеидные с ритмичным переслаиванием темноцветных метапелитов и тонких прослоек, линз (до 5 мм) зеленовато-серых метаалевролитов - 250-300 м 2. Сланцы кварц-серицит-хлоритовые зеленовато-серые толстоплитчатые - 150 м 3. Филлиты кварц-серицитовые темно-серые неравномернослоистые с прослойками и линзами (1-2 мм) белесо-серых метаалевролитов - 200-250 м Мощность вскрытого разреза 600-700 м. 27 Ритмичнослоистые сланцы темно-серые линзовиднослоистые сланцеватые и микроплоччатые. Характерно макро- и микрослоистое чередование слоев хлорит-серицит-кварцевых с существенно хлорит-серицитовыми, иногда обогащенными углеродистым веществом. Структура метапелитов микролепидобластовая, алевролитовых прослоек - микрогранобластовая. В составе пород: кварц 40%, хлорит и серицит 55-60%, углеродистое вещество, лейкоксен. В метаалевролитовых слоях присутствует кальцит (до 3%). В серицит-хлоритовых сланцах повышено содержание хлорита (до 30%).



Условные обозначения

- | | | |
|------------------|---|---|
| | Четвертичные пролювиальные, аллювиально-пролювиальные и депювиальные отложения. Суглинки, супеси, пески, глины | |
| | Потосгуйская свита. Черные углеродистые и зеленые хлоритоидные кварц-серицитовые сланцы, метаалевролиты, прослой метапесчаников | |
| | Погорюйская свита. Алевро-пелитовые метаритмиты тонко-, широко-слоистые метаалевролиты, пласты кварцевых метапесчаников | |
| Удереиская свита | | Верхняя подсвита. Черные углеродистые кварц-хлорит-серицитовые сланцы, алевритистые |
| | | Средняя подсвита. Хлорит-серицит-кварцевые сланцы зеленовато-серые желтовато-серые, серые, иногда карбонатсодержащие, неотчетливо слоистые |
| | | Нижняя подсвита. Темно-серые, черные углеродистые хлорит-серицит-кварцевые сланцы. В низах пачка тонкослоистых алевропелитовых метаритмитов |
| | Горбилкокская свита. Метаалевролиты зеленовато-серые, светлосерые серицит-хлорит-кварцевые тонкослоистые. В кровле прослой метаалевролитов и метапесчаников | |
| | Метасоматиты нарасчлененные: серицитолиты, кварцитолиты, варцитолито-серицитолиты, серицитизированные породы, сульфидизированные, графитизированные сланцы | |
| | Рудные тела окисленных и первичных руд, выделенные по результатам опробования | |
| | а | |
| | б | |
| | а | |
| | б | |
| | - участок работ | |

Рисунок 6 – Геологический план Ведугинского золоторудного месторождения, масштаб 1:5000 (Терещенко В.В., Лейбович М.И., 1995 г.)

Именно из этих пород после сложной химической переработки с добавками реагентов образуются похожие на суглинки грунты, обладающие особенными характеристиками, отличающими их от перемещенных грунтов.

1.4 Гидрологические, геологические и инженерно-геологические условия и явления

Енисейский кряж представляет собой низкогорную возвышенность, расположенную на юго-западе Среднесибирского плоскогорья, которая находится между реками Кан и Подкаменная Тунгуска, протекающими в Красноярском крае. Самые значительные водные артерии рассматриваемой площади – это Большой Пит, Вельмо, Енашимо, Сухой Пит, Тея, которые относятся к правобережному бассейну реки Енисей, такое явление, как ледоход проходит обычно в середине апреля-начале мая. Как было отмечено ранее, на территории преобладают такие полезные ископаемые, как золото, железные и марганцевые руды, уголь, уран, торий, сурьма.

Касательно самого участка проводимых работ – Ведугинского месторождения, то он расположен в 32 км севернее поселка Брянка на водоразделе рек Ведуга и Малая Ведуга в северо-западной части Енисейского кряжа Красноярского края, в пределах Енисейской гидрогеологической складчатой области, в центральной части Большепитского гидрогеологического массива.

В гидрогеологическом отношении в процессе ранее проводимых полевых работ выделены четыре водоносных комплекса: подземные воды болотных отложений, элювиально-делювиальных отложений, аллювиальных отложений, трещинные воды, приуроченные к коренным породам. Данные получены на основании буровых и опытно-фильтрационных работ. Подземные воды изучены до глубины 15,0–30,0 м.

Из опасных геологических и инженерно-геологических процессов, классифицированных согласно СП 11-105-97 часть II [12], на объекте изысканий отмечены такие опасные геологические процессы, как морозное пучение, подтопление и выделено восемь оползнеопасных участков.

Морозное пучение грунтов весьма характерно для рассматриваемой территории. В пределах района изысканий сезонное пучение грунтов развито почти повсеместно. По степени пучинистости и по относительной деформации пучения, согласно ГОСТ 25100 2011 [1], грунты оцениваются как:

- практически не пучинистые;
- слабопучинистые;

- среднепучинистые;
- сильно- и чрезмернопучинистые.

Эти грунты при определенной влажности, промерзая в зимний период, увеличиваются в объеме, что может привести к подъему слоев грунта в пределах глубины промерзания.

Около 50% площади изысканий приходится на территории, где пучинистые грунты залегают до глубины сезонного промерзания, что приводит к развитию процесса морозного пучения. Категория опасности развития процесса морозного пучения в соответствии со СП 115.13330.2016 – опасные (табл.2) [30].

Таблица 2 – Категории опасности природных воздействий

Показатели, используемые при оценке категории опасного природного процесса	Категории опасности процессов			
	Чрезвычайно опасные (катастрофические)	Весьма опасные	Опасные	Умеренно опасные
Пучение				
Потенциальная площадная пораженность территории, 5	-	Более 75	25-75	Менее 25
Площадь проявления на одном участке, тыс. км ²	-	0,01-10	0,01-10	0,01-10
Скорость развития см/год	-	До 50	5-10	Менее 5

Подтопление. На площадках с наличием подземных вод в интервале от 0,0 до 3,0 м от дневной поверхности наблюдается процесс подтопления. По наблюдениям за изменением уровней подземных и поверхностных вод реки Малая Ведуга, гидрогеологической службой ГРК «Амикан», фиксируется колебание годового уровня подземных вод 3,8 м.

Режим подземных вод в равной степени определяется как режимом рек, так и инфильтрацией атмосферных осадков. Формирование постоянного горизонта, незначительные скорости фильтрации подземных вод, увеличение инфильтрационного питания могут привести к локальному подтоплению.

Наледообразование. Учитывая разнообразие форм рельефа, на площадке изысканий в местах разгрузки грунтовых вод на дневной поверхности при строительстве, техногенном вмешательстве, выемках грунта возможно промерзание разгрузочных трактов подземных вод, что приводит к образованию наледи. Во время изысканий процесса наледообразования не наблюдалось.

Водные процессы проявляются в форме эрозионных процессов – сплывов и речной эрозии.

Сплывы – это мелкие оползни по берегам, они проявляются фрагментарно вдоль береговых уступов на участках разгрузки грунтовых вод в основном в период их высокого стояния и на интенсивно подмываемых берегах. В пределах участка изысканий сплывы проявляются по берегам ручья Золотой и вызваны тем, что при весенне-осеннем подъеме грунтовых вод слабые грунты в основании уступа переходят в псевдо-пльвинное состояние и способствуют сползанию залегающих выше суглинков. При строительстве и изменении уровня режима ручья процессы мелких оползней могут проявиться, что потребует мероприятий по укреплению берегов.

Русловая эрозия, которая бывает боковой и глубинной, проявляется в случае, если высок уровень размываемости грунта, либо по берегам и дну рек. К грунтам повышенной размываемости относятся супеси и пески, а глинистые породы относятся к наименее размываемым, так как зависят от степени размокания. Русловая эрозия выражена в долинах рек Ведуга и Малая Ведуга.

Карсты. По данным геолого-разведочных работ на площадке узел водоснабжения в интервале от 24,6 до 50,0 м обнаружено образование карстовых каверн вскрытой мощностью 6,0 м.

Оползневые процессы. В настоящее время склоны на площадках изысканий задернованы. На территории изысканий наблюдаются склоны с выходом скальных грунтов на поверхность.

На участках изысканий, находящихся у подножья и склоне горы Ведугинской, на которой локализовано золоторудное месторождение Ведуга: фабрика, инфраструктура горных работ, вахтовый поселок и т.д., сглаженность форм рельефа и залесенность как вершин гор (возвышенностей), так и склонов, свидетельствует о равновесном состоянии рельефообразования и об отсутствии опасных геологических процессов, устойчивости склонов. Сплошная залесенность горы и ее склонов свидетельствует об отсутствии в современный (четвертичный) геологический период движений обломочного материала на склонах и стабильности склоновых процессов [13].

2 Обзор литературы

Тема о необходимости исследования техногенных грунтов развивается с XX века. Первым о такой значимой проблеме заговорил советский инженер-геолог и гидрогеолог Фёдор Петрович Саваренский, занимаясь подразделением культурных слоев. Исследованием техногенных грунтов занимались такие учёные, как В.И. Крутов, Ю.М. Абелева, Ф.В. Котлов и другие. При работе учёных с техногенными грунтами анализировался состав таких грунтов, реакция грунтов при нагрузке и самоуплотнении, многие исследователи занимались также вопросом о возможности использовать антропогенный насыпной грунт в качестве оснований для зданий и сооружений. Ю.М. Лычко считал, что из-за неоднородных свойств насыпных грунтов необходимо рассматривать, помимо основных инженерно-геологических требований по изучению, состав, способ насыпки грунта, как давно тот был перемещен, какова толщина и сжимаемость данного грунта. Для выбора площадки для будущего строительства зачастую не принимается территория с насыпным техногенным грунтом из-за высокой стоимости дополнительных изысканий, что также освещал в своих исследованиях Ю.М. Лычко.

Изученность техногенных грунтов на настоящий момент времени невысока из-за трудоёмких, дорогостоящих и длительных исследований, и сложнопрогнозируемых условий эксплуатации. Необходимо изучать и исследовать антропогенные грунты, обобщать и систематизировать имеющийся материал, а также комплексно изучать свойства данных грунтов [3].

На данный момент можно разделить техногенные грунты на [1]:



насыпные грунты - техногенные грунты, перемещение которых осуществляется с использованием транспортных средств, взрыва;

намывные грунты - техногенные грунты, перемещение и укладка которых проводилась при помощи гидромеханизации;

бытовые отходы - твердые отходы, образованные в результате бытовой деятельности человека;

промышленные отходы – твердые отходы производства, полученные в результате химических и термических преобразований материалов природного происхождения;

шлаки – продукты химических и термических преобразований материалов природного происхождения;

шламы – высокодисперсные материалы, образующиеся в горно-обогатительном, химическом производствах;

золы - продукты сжигания твердого топлива;

золошлаки – продукты комплексного термического преобразования горных пород и твердого топлива.

Также необходимо выделить в отдельную категорию нарушенные земли [16]. Некоторые из авторов предлагают различные классификации техногенных грунтов и отложений, антропогенно-измененных почв и специфических отложений (культурного слоя), характерных в основном для урбанизированных или промышленных территорий [21, 22].

В ГОСТ 25100 Грунты. Классификация [1] выделяется два вида техногенного грунта: измененный в условиях естественного залегания и перемещенный грунт – природный грунт, перемещенный тем или иным искусственным способом с места его естественного залегания и подвергнутый при этом частичному преобразованию. Измененный техногенный грунт представлен природным, на который воздействуют химически, физически, биологически, либо физико-химически, в то время, когда природный грунт расположен на месте залегания. Когда к грунту применяется способ его перемещения (искусственно), он не находится в месте своего естественного залегания, и становится частично преобразован, то такой техногенный грунт называется перемещенным.

Таблица 3 – Классификация насыпных грунтов [2]

Подразделение насыпных грунтов	Виды насыпных грунтов и их характеристики
По способу укладки	Отсыпные автомобильным или дорожным транспортом, скреперами, бульдозерами и т.п.
По однородности состава и сложения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Планомерновозведенные насыпи и подсыпки, характеризующиеся практически однородным составом, сложением равномерной сжимаемостью 2. Отвалы грунтов и отходов производств, имеющие практически однородный состав и сложение, но равномерную плотность и сжимаемость 3. Свалки грунтов, отходов производств и бытовых отходов, характеризующиеся неоднородным составом и сложением, неравномерной плотностью и сжимаемостью, а также содержанием органических включений

Продолжение таблицы 3

<p>По виду исходного материала, составляющего основную часть насыпи</p>	<p>1. Естественные грунты: крупнообломочные, песчаные, глинистые. 2. Отдожи производств: шлаки, золы, формовочная земля, хвосты обогатительных фабрик и т.п. 3. Бытовые отходы</p>
<p>По степени уплотнения от собственного веса</p>	<p>1. Слежавшиеся – процесс уплотнения от собственного веса завершился. 2. Неслежавшиеся – процесс уплотнения от собственного веса продолжается</p>

Выделяют шесть отличительных особенностей, которые объединяют техногенные грунты. Для того, чтобы отличить грунты искусственные от грунтов естественных и других природных разностей, необходимо учесть следующее:

1. Массивы техногенных грунтов формируют специфические формы техногенного рельефа.

2. Состав и строение техногенных грунтов отличается от природных разностей, так как в природных минералогических ассоциациях не наблюдаются отдельные минералы и их сочетания, которые входят в состав техногенных грунтов.

3. Состав природных грунтовых вод отличается от состава грунтовых вод, которые возникают в толще техногенных грунтов. При изучении состава грунтовых вод, отобранных из массива техногенного грунта, зачастую наблюдаются загрязняющие компоненты.

4. Для техногенных грунтов характерны процессы, связанные с литогенетическими преобразованиями их состава и строения, что соответствует природным процессам прогрессивного и регрессивного литогенеза;

5. Свойства техногенных грунтов напрямую зависят от их состава, и при его изменении меняются показатели свойств.

6. Все вышеперечисленные особенности техногенных грунтов протекают «мгновенно» в геологическом времени.

Из перечисленных отличительных особенностей следует вывод о том, что техногенные грунты – это специфические грунты, для которых необходимо проводить

лабораторные, а также полевые испытания. Полевые исследования следует проводить для того, чтобы детально описать площадь их распространения, а также определить состав и свойства конкретно на территории исследования, чтобы спрогнозировать дальнейшее взаимоотношение такого грунта с окружающей средой на предпроектных этапах строительства. Специальные исследования техногенных грунтов также необходимы, так как нормативная база, регламентирующая производство изысканий на таких грунтах, практически не разработана из-за существующего многообразия техногенных грунтов и их малой изученности. В подтверждение вышесказанного проанализируем несколько примеров [9].

Как показывает практика многолетних изучений исследуемого типа грунта, из-за его неоднородности свойств, использование техногенных грунтов в качестве оснований для фундаментов зданий и сооружений пытаются избежать. Крайняя неоднородность состава, неравномерная сжимаемость, протекающий длительное время процесс самоуплотнения, просадочность, наличие линз льда, засоленность, пониженная прочность – это некоторые из особенностей, которые встречаются при строительстве на техногенных грунтах. Нежелание использования техногенного грунта в качестве основания фундамента имеет такую тенденцию из-за того, что изученность техногенных грунтов в настоящее время недостаточна, так как это экономически затратно, обусловлена трудностью, довольно большими объемами и долгим временем исследований. Также существует опасность строительства в столь сложных, трудно прогнозируемых условиях [4]. Важными характеристиками при изучении техногенного грунта являются оценка его деформируемости и прогноз осадки фундаментов. Для получения более точных деформационных свойств грунта в практике строительства применяется уплотнение грунтов. Из-за разрыхления грунта при его технологической разработке возникает необходимость его. В результате разрыхления происходит ухудшение свойств грунта, повышается его сжимаемость под нагрузкой, водопроницаемость и влагоемкость [5].

Методика уплотнения грунтов – это процесс искусственного преобразования свойств грунтов в строительных целях без коренного изменения их свойств. Известно, что уплотнение грунтов представляет собой процесс взаимного перемещения частиц грунта, в результате которого увеличивается число контактов между ними в единице объема вследствие их перераспределения под действием прилагаемых к грунту механических нагрузок. В то же время недоуплотнение грунтов основания может привести к неравномерным осадкам фундаментов, деформациям конструкции полов, устраиваемых по грунту, нарушению гидроизоляции и, как следствие, нарушению условий нормальной эксплуатации здания вплоть до возникновения аварийной ситуации [6].

Основным контролируемым параметром при подготовке основания является коэффициент уплотнения, требуемое значение которого можно определить в зависимости от нагрузки на поверхность, типа грунта и толщины отсыпки по табл. М.2 СП 45.13330 [31]. Исходя из того, что осадка оснований здания или сооружения зависит от модуля деформации грунта, можно сделать вывод о том, что есть эмпирическая зависимость между коэффициентом уплотнения и модулем деформации грунта. Поэтому, если задавать собственный коэффициент уплотнения, можно делать прогноз осадки фундаментов зданий и сооружений, подстраивая их под нужные грунтовые условия. Метод стандартного уплотнения заключается в установлении зависимости плотности сухого грунта от его влажности при уплотнении образцов грунта с постоянной работой уплотнения и последовательным увеличением влажности грунта по ГОСТ 22733 [7].

Также на одной из территорий была рассмотрена ситуация, когда после получения результатов проанализированных и проведенных дополнительных изысканий было установлено, что с поверхности залегают насыпные грунты, представленные суглинками коричневого цвета, от текучепластичной до тугопластичной консистенции, с примесью органического вещества, а между слоями встречаются линзы льда толщиной до 10 см и включения строительного мусора и щебня. Исследуемые техногенные отложения подстиланы четвертичными аллювиальными грунтами толщина которых была представлена глинистыми грунтами. На основе анализа имеющихся данных и выполненных дополнительных инженерно-геологических изысканий были сделаны выводы, что основными особенностями данного геологического массива являются: развитие осадки за счет самоуплотнения насыпного грунта от собственного веса, а также внешней нагрузки, в том числе динамической; развитие дополнительной осадки за счет уплотнения подстилающих грунтов от веса насыпи; развитие осадок слоя частично замороженного грунта в результате его оттаивания.

Для данной территории с перечисленными выше характеристиками была применена следующая методика исследования техногенных грунтов: установка температурных датчиков в грунтовом массиве; мониторинг распределения температурных полей в грунтовом массиве; численное моделирование процесса оттаивания грунтов во времени; прогноз времени оттаивания грунтов. Для определения возможных деформаций массива насыпного грунта при устройстве наружных инженерных сетей и благоустройстве территории было проведено численное моделирование процесса развития деформации и выполнены соответствующие аналитические расчеты [8].

Специфические формы рельефа возникают из-за эксплуатации техногенных грунтов, их использовании и отвалов, которые образуются после работы на таких

территориях. В таблице 4 показаны типы техногенного рельефа, сформировавшегося при добыче полезных ископаемых открытым способом.

Таблица 4 – Типы рельефа, сформировавшегося при добыче полезных ископаемых открытыми горными выработками [16]

Типы отвалов	Формы рельефа	Техногенные факторы, обуславливающие формирование рельефа	Элементы рельефа
Внутренние	Платообразные, близкие к уровню естественной по поверхности	Отсыпка отвалов при добыче полезных ископаемых при пологом падении пластов, малой мощности (до 20 м), мощности вскрыши до 30 м	Плато
	Платообразные, террасированные	Отсыпка в несколько ярусов. Мощность вскрыши более 40 м	Плато по рабочему борту
	Гребневидные	Формирование вскрыши экскаваторами, отвалообразователями или транспортно-отвальными мостами	Системы гребней
Внешние	Платообразные, террасированные средневысокие	Формирование одноярусных отвалов транспортными системами	Плато, террасы по откосам
	Высокие	Отсыпка 2-х ярусных отвалов при транспортных системах разработки	
	Гребневидные с террасированными склонами	Отсыпка верхнего яруса на многоярусных отвалах отвалообразователями	Система гребней террасы по откосу

Особое внимание следует уделить отходам горнодобывающей промышленности, поскольку они накоплены в значительных количествах и занимают огромные площади. Эти техногенные минеральные образования (ТМО) не являются пока объектом массовой

переработки на базе существующих технологий, хотя находятся в природном состоянии. Нетрадиционные минеральные ресурсы – это техногенные минеральные образования, которые характеризуют данное понятие.

Помимо уже сформированных в районах действующих горнодобывающих предприятий техногенных образований актуально исследование проблемы целенаправленно сформированных техногенных минеральных объектов.

Большую часть техногенных минеральных образований можно отнести к ТМО, так как они имеют высокую минерально-серьевую ценность, а также могут вторично использоваться в промышленности, после полного комплексного изучения.

Шламохранилище — крупные земляные наземные сооружения объемом до десятков миллионов кубических метров и глубиной до пятидесяти метров, и срок службы которых около десяти лет. Шламохранилища строят при горно-химических предприятиях. Их создают на равнинных участках местности и обваловывают со всех сторон или частично на участках местного понижения рельефа.

Шламохранилища располагают также в пологих оврагах и балках. Для дамб обвалования и перегораживающих плотин в качестве строительного материала используют суглинистый грунт, который используется насыпным способом. Шламовую пульпу подают в шламохранилища по таким же схемам, что хвостовую пульпу в хвостохранилища. Шламонакопители предназначены для сбора шлама шлаковых материалов. Эти земляные сооружения подобны хвостохранилищам и шламохранилищам [25].

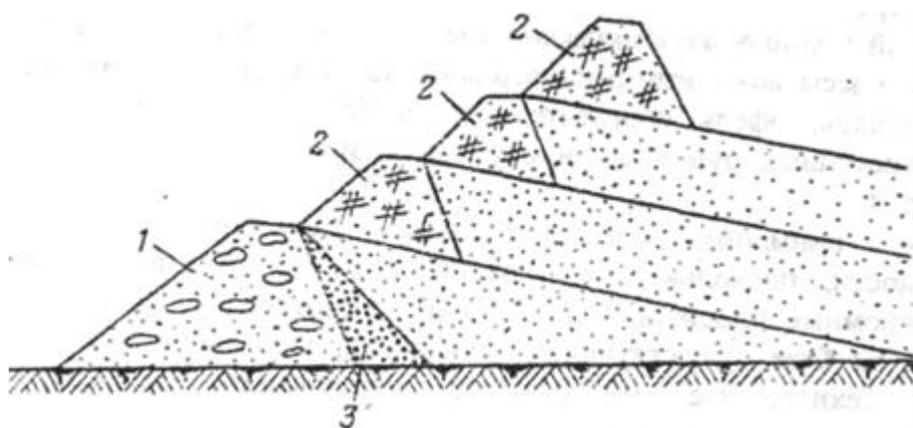


Рисунок 7 – Схема плотины хвостохранилища: 1 – плотина первой очереди, 2 – вторичные дамбы, 3 – плотина второй очереди

Техногенные грунты могут представлять экологическую опасность, так как состав и свойства таких грунтов может значительно отличаться от природных и естественных грунтов. Также это отличие характеризуется тем, что техногенный грунт может не иметь природного аналога. Из-за этого факта на предпроектных этапах строительства необходимо проводить инженерно-экологические изыскания на территориях, где характерен и где возможно распространение техногенного грунта. Строение техногенных грунтов и их массивов связано с технологией их накопления – это может быть неоднородное распространение по площади, неоднородное распространение по глубине, формирование слоя намывом, переотложение разностей. Гидрохимический состав подземных вод, которые формируются в массивах техногенного грунта, определяется составом водовмещающих грунтов [9].

Так как техногенный грунт может значительно различаться по составу, отталкиваясь от его вида необходимо грамотно составить список необходимых испытаний, для сокращения денежных ресурсов для экономической выгоды, а также временных для высокоэффективности, такой грунт обязательно должен оцениваться по основным показателям физико-механических свойств, такими как: степень однородности, самоуплотнение, содержание органических веществ и так далее.

Необходимо проводить и геохимические испытания из-за возможности техногенных насыпных грунтов содержать в составе метан или диоксид углерода – это является важным аспектом, исходя из геоэкологических позиций. Все работы по использованию в строительстве специфических грунтов, в частности техногенных, особенно при отсыпке или намывке, должны проходить при надлежащем геотехническом контроле.

Как было отмечено ранее, при выявленной недостаточной несущей способности техногенные грунты следует уплотнять, это можно делать с помощью такого оборудования, как катки, тяжелые трамбовки, вибрационные машины, а также при возможности реализации и необходимости в конкретных условиях это могут быть грунтовые сваи и глубинное уплотнение гидровиброуплотнителем.

Зачастую из-за экономической выгоды и целесообразности надежнее прорезка всей глубины таких грунтов глубокими свайными фундаментами, в случае, если есть опора на малосжимающие подстилающие грунты, а также если это соответствует инженерно-геологическому обоснованию. Следует отметить, что если есть возможность неравномерных осадок, то рекомендуется использовать конструктивные мероприятия, чтобы повысить прочность и жесткость сооружений, приспособив их к неравномерным деформациям.

Систематизация данных позволила составить и применить общую программу исследования техногенных грунтов, для проб которые были отобраны на Ведугинском месторождении полезных ископаемых (табл. 5).

Таблица 5 – Систематизация методов исследования физико-механических свойств

Показатель	Метод определения	Область применения	Ссылка на норматив
Скальные грунты			
Природная влажность	Высушивание до постоянной массы	Все грунты	ГОСТ 5180
Плотность	Расчетный	Все грунты, кроме засоленных и набухающих	ГОСТ 5180
Коэффициент выветрелости	Испытание на полочном барабане	Скальные и крупнообломочные грунты	ГОСТ 31436
Предел прочности грунта	Одноосное сжатие	Скальные грунты/полускальные грунты	ГОСТ 21153.2
Крупнообломочные грунты			
Сопротивление одноосному сжатию	Определение прочностных характеристик по трещине	Скальные грунты/полускальные грунты	ASTM D5607-16
Гранулометрический состав	Ситовой без промывки водой/ситовой с промывкой водой	Пески с крупностью зерен от 10 до 0,1 мм	ГОСТ 12536
Природная влажность (для заполнителя)	Высушивание до постоянной массы	Все грунты	ГОСТ 5180

Продолжение таблицы 5

Плотность (для заполнителя)	Взвешивание в воде парафинированных образцов	Глинистые немерзлые грунты, склонные к крошению или трудно поддающиеся вырезке	ГОСТ 5180
Плотность частиц грунта	Пикнометрический	Все грунты, кроме засоленных и набухающих	ГОСТ 5180
Коэффициент выветрелости/ коэффициент истираемости	Испытание на приборе полочный барабан	Скальные и крупнообломочные грунты	ГОСТ 31436
Дисперсные, песчаные			
Природная влажность	Высушивание до постоянной массы	Все грунты	ГОСТ 5180
Гранулометрический состав	Ситовой без промывки водой/ситовой с промывкой водой	Пески с крупностью зерен от 10 до 0,1 мм	ГОСТ 12536
Плотность	Метод режущего кольца	Все грунты, кроме засоленных и набухающих	ГОСТ 5180
Плотность частиц грунта	Пикнометрический	Все грунты, кроме засоленных и набухающих	ГОСТ 5180
Угол естественного откоса	Испытание на приборах УВТ, УВТ-3М	Песчаные грунты	РСН 51-84
Коэффициент фильтрации	Фильтрационный прибор	Песчаные, глинистые грунты	ГОСТ 25584
Дисперсные глинистые грунты			
Коэффициент сжимаемости; модуль деформации	Компрессионное сжатие	Все дисперсные грунты	ГОСТ 12248

Окончание таблицы 5

Угол внутреннего трения, удельного сцепления	Трехосное сжатие	Глинистые грунты	ГОСТ 12248
Сопротивление срезу	Сопротивление срезу	Глинистые грунты	ГОСТ 12248
Устройство одноосного растяжения и сжатия	Сопротивление одноосному сжатию	Полускальные и глинистые грунты	ГОСТ 12248
Размокаемость	Испытание на приборе ПРГ-2	Дисперсные грунты	РСН-51
Дисперсные, органические			
Коэффициент пористости	Плотность частиц грунта	Органические грунты	ГОСТ 5180
Влажность	Высушивание до постоянной массы	Все грунты	ГОСТ 5180
Границы текучести	Влажность грунта на границе раскатывания	Глинистые, органические грунты	ГОСТ 5180
Дисперсные: зола, шлаки, насыпные грунты			
Набухание	Испытание на приборе ПНГ	Дисперсные грунты	ГОСТ 12248
Модуль деформации	Одноосное сжатие	Глинистые, полускальные грунты	ГОСТ 12248
Сжимаемость	Испытание на компрессионном приборе	Дисперсные грунты	ГОСТ 23908

3 Специальная часть

Лабораторные методы исследования техногенных грунтов

Состав инженерно-геологических изысканий на территории распространения техногенных грунтов и общие технические требования к выполнению отдельных видов работ и комплексных исследований следует устанавливать с учетом положений раздела 5 СП 11-105-97, в зависимости от генезиса техногенных грунтов, степени завершенности процессов их самоуплотнения и упрочнения во времени и консолидации – то есть каждый техногенный грунт требует индивидуального подхода.

С Ведугинского золоторудного месторождения Енисейского кряжа было доставлено в лабораторию УНИЛ ГиМГ 32 образца грунта. Грунты отобраны заказчиком, организацией ООО «ГЕОТРЕСТ».

При ранее проведенных изысканиях было выделено два инженерно-геологических элемента ИГЭ: суглинок техногенный и сланцы. Инженерно-геологический разрез участка работ приведен в приложении В.

Пробы были отобраны из тела дамбы, которая изучается для реконструкции – это пробы крупнообломочных грунтов представленные метаморфизированными сланцами – 20 проб и 12 проб – по предварительному заключению суглинков (рис. 6), полученных после переработки сланцев.

Программа их исследования приведена в таблице 6.

Если для крупнообломочных грунтов были применены стандартные методы для определения классификационных показателей в соответствии с требованиями нормативов для грунтов и пород горных, то исследуемый тонкодисперсный техногенный грунт обладает особенными характеристиками, поэтому для него необходима собственная программа по изучению свойств. При испытании грунта на определение границы текучести и раскатывания возникла проблематичность в исполнении тестов. Были трудности в проведении испытания, так как грунт был водонасыщен, трудно раскатывался – рассыпался как песчаные грунты, при проведении испытания балансирным консуом Васильева для получения необходимой консистенции было затрачено достаточно много времени. Присутствие частиц сланцев придавала сыпучесть грунту, а остатки химических реагентов связность отличающуюся по природе от связности обычных глинистых грунтов.

В связи с тем, что тонкодисперсные грунты сложно было отобрать и доставить в лабораторию в естественном состоянии, было принято решение на месте определять

плотность, а в лаборатории пробы нарушенного состояния доводить до естественной плотности и сохраняя естественную влажность.

Согласно СП 11-105-97 (Часть 3): прочностные характеристики техногенных грунтов следует определять методом консолидированно-дренированных испытаний при оптимальной влажности на образцах с заданной плотностью и при полном водонасыщении. Так как грунты в естественных условиях водонасыщены – дополнительного водонасыщения не потребовалось.

Сложно получить образцы с заданной плотностью, и в то же время с оптимальной влажностью, поэтому часть испытаний было решено проводить при оптимальной влажности и максимальной плотности, чтобы получить образцы с постоянными исходными характеристиками, что позволит коэффициенты уплотнения и относительно естественного состояния на данном этапе, и после консолидации грунтов отвала.

Для получения деформационных показателей также были использованы образцы уплотненные до максимальной и естественной плотности.

Всего было проведено 12 испытаний на стабилометрах на трехосное сжатие для определения физико-механических показателей, кроме этого определялись показатели первичной и вторичной консолидации, чтобы знать степень завершенности процессов их самоуплотнения и упрочнения. После предварительного уплотнения до максимальной плотности было испытано 10 проб и 2 образца с естественной плотностью.

Для крупнообломочных грунтов были применены стандартные методы для определения классификационных показателей в соответствии с требованиями нормативов для грунтов.



Рисунок 8 – Пробы техногенных грунтов доставленные для исследования

Таблица 6 – Программа исследования

Грунты	Показатель	Метод определения	Область применения	Норматив (пункт норматива)
Суглинок	Гранулометрический состав	Ареометрический метод	Дисперсные грунты	ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава (пункт 4.3)
Суглинок	Влажность	Высушивание до постоянной массы	Все грунты	ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик (пункт 5)
	Плотность	Метод режущего кольца	Дисперсные грунты, поддающиеся вырезанию	ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик (пункт 9)
Суглинок	Максимальная плотность и оптимальная влажность	Метод определения максимальной плотности	Дисперсные грунты	ГОСТ 22733-2016 Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности (пункт 7)
	Граница текучести	Пенетрация конусом	Дисперсные грунты	ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик (пункт 7)
	Граница раскатывания	Влажность грунта на границе раскатывания, метод прессования	Дисперсные грунты	ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик (пункт 8)

Продолжение таблицы 6

Суглинок	Угол внутреннего трения, удельное сцепление, деформационные показатели	Трехосное испытание, схема – консолидированно-дренированное (КД) испытание	Дисперсные грунты	ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости (пункт 5.3)
Суглинок	Характеристики консолидации	Консолидационные испытания	Дисперсные грунты	ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости (пункт 5.4)

3.1 Физические свойства

Физические свойства грунтов – это характеристики, которые описывают их физическое состояние при условии их естественного злегания и описывают их состояние в случае взаимодействия со зданиями и сооружениями. Данные показатели позволяют качественно оценить прочность и деформируемость.

Главные физические свойства – это влажность, пористость, плотность, они являются основными показателями, помогают в прогнозировании механических свойств грунтов.

3.1.1 Гранулометрический состав

Гранулометрический состав, или как иначе – зерновой, определяют по такому нормативному документу, как ГОСТ 12563 [32]. Существует несколько видов определения состава – ситовой метод, ареометрический и пипеточный (табл.7). В рамках исследования образцов из Ведугинского месторождения были применены методы: ситовой (рис. 9) и ареометрический (рис.10). Суть исследования состава заключается в

определении в грунте частиц различной крупности, сопоставленных в процентном отношении к объему сухой пробы. Полученные результаты приведены в таблице 8.



Рисунок 9 – Набор сит для проведения ситового анализа

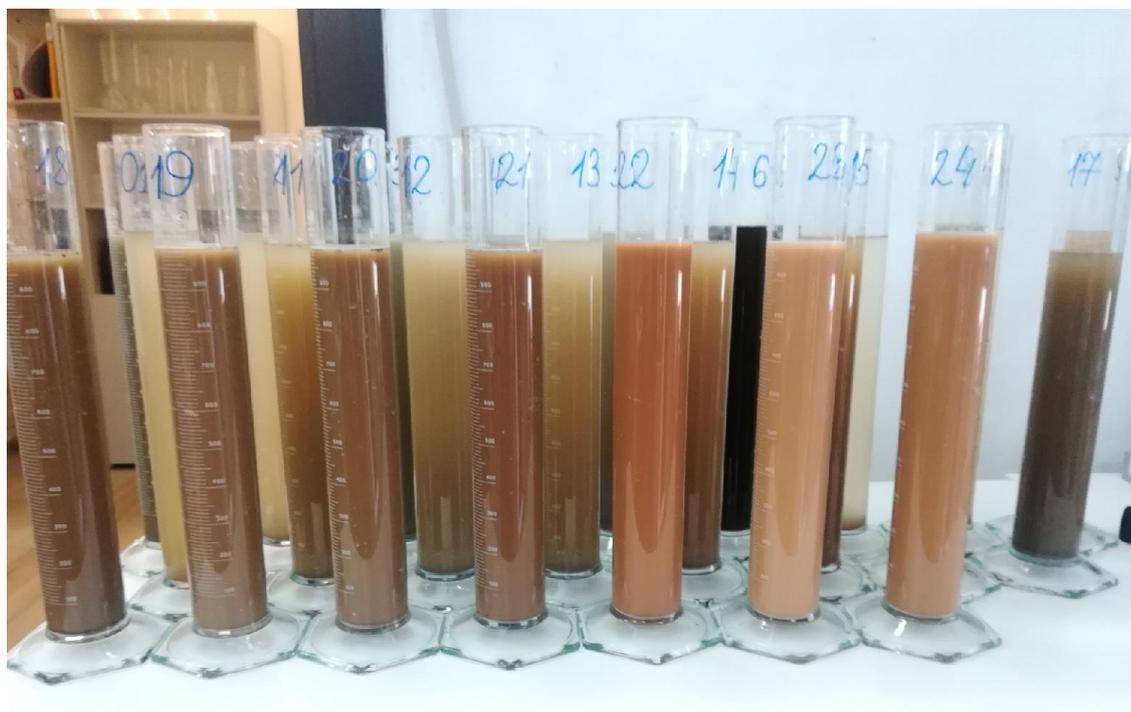


Рисунок 10 – Колбы со взвесями при проведении ареометрического метода

Таблица 7 – Методы определения гранулометрического состава грунта

Наименование грунтов	Размер фракции грунта, мм	Метод определения	Разновидность метода определения
Песчаные, при выделении зерен песка крупностью	От 10 до 0,5 мм	Гранулометрический (зерновой)	Ситовой без промывки водой
	От 10 до 0,1 мм		Ситовой с промывкой водой
Глинистые	Менее 0,1	Гранулометрический (зерновой)	Ареометрический
	Менее 0,1	Гранулометрический (зерновой) и микроагрегатный составы	Пилеточный. Применяется только для специальных целей, предусмотренных заданием

Таблица 8 – Гранулометрический состав проб исследуемого грунта

Лаб. №	Гранулометрический состав, %, размер фракций, мм						
	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,002	<0,002
1	0,22	1,36	20,81	22,79	47,96	4,89	1,96
2	0,49	0,98	19,28	24,57	45,65	7,55	1,48
3	0,41	1,25	13,62	26,53	47,16	7,45	3,58
4	0,35	1,52	16,69	24,44	46,79	8,81	1,40
5	0,14	1,13	14,03	26,81	49,06	5,66	3,17
6	0,12	1,11	19,33	26,26	44,84	6,34	2,00
7	0,83	2,09	16,80	23,70	45,23	9,15	2,20
8	0,83	1,06	18,98	24,60	43,81	7,53	3,19
9	0,82	1,10	20,78	22,99	43,75	7,48	3,08
10	0,55	1,28	19,33	23,07	42,06	8,26	5,45
11	1,25	1,93	16,78	22,79	44,43	8,80	4,02
12	0,52	1,72	21,34	24,06	42,36	7,58	2,42
Ср. знач.	0,54	1,38	18,15	24,38	45,26	7,46	2,83

Испытания показали, что в составе данного грунта преобладают фракции размера 0,05-0,01 мм – 45,26% (пылеватые частицы), тем не менее глинистой фракции всего 2,83%, следовательно, грунты к суглинкам по классификации Охотина не относятся.

Также, если рассмотреть определение классификации грунта по «треугольнику Ферре» (рис.11), то исследуемый грунт относится к супеси или пылеватому песку, а не к суглинкам.

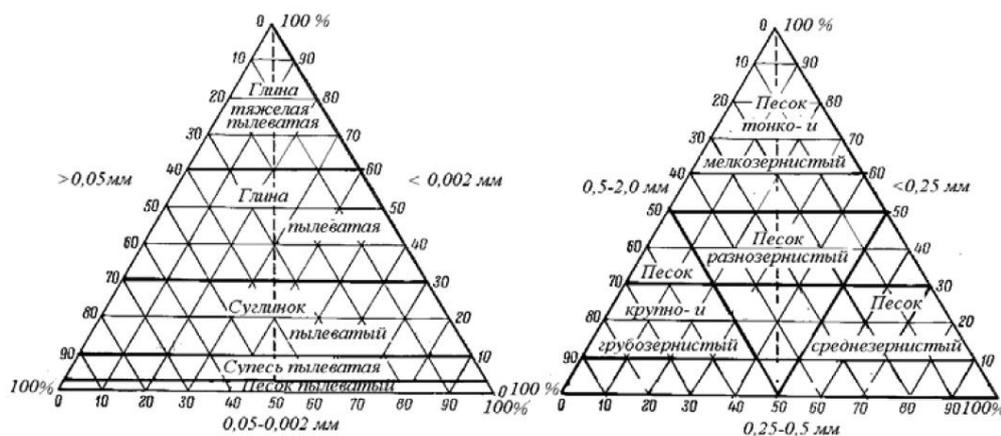


Рисунок 11 – Треугольная диаграмма Ферре для песчаных и глинистых грунтов

3.1.2 Влажность, граница текучести, граница раскатывания

Показатели границы текучести W_L (Liquid Limit) и раскатывания W_P (Plastic Limit) представляют собой значения, которые показывают интервалы влажности грунта, в которых он находится в пластичном состоянии и его способность удерживать воду соответственно.

Для того, чтобы определить границу текучести, необходимо в подготовленную пасту грунта опустить балансирный конус (рис.12), если его погружение на 10 мм происходит за 5 секунд, то это показатель того, что грунт имеет влажность, которая соответствует границе текучести, если такой результат не достигается за такое время, то, исходя из консистенции грунта, следует добавить дистиллированной воды, либо немного «подсушить» грунтовую пасту, а затем повторить метод. Масса, необходимая для определения данного показателя, 15-30 грамм, которая отбирается в бюкс по достижении границы текучести [33].

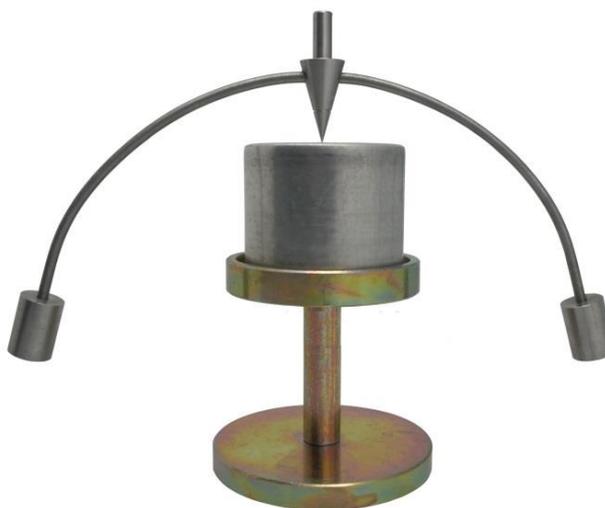


Рисунок 12 – Балансирный конус Васильева

Для определения границы раскатывания также готовят грунтовую пасту, из которой далее раскатываются жгуты. Если при раскатывании жгута тот распадается на кусочки диаметром около 3 мм, а длиной в диапазоне 3-10 мм, то готовые жгуты собираются в бюкс и высушиваются до постоянной массы (рис.13). Если же процесс раскатывания протекает неверно – жгут истончается, но не распадается, либо не катается, то в грунтовую пасту зачастую следует добавить дистиллированную воду, либо же пораскатывать жгут, чтобы тот подсох, в случае избытка влаги.



Рисунок 13 – Жгуты из исследуемого грунта для определения границы раскатывания

Число пластичности (I_p) определяется по формуле (1):

$$I_p = w_L - w_p \quad (1)$$

Такая характеристика, как показатель текучести, определяется по формуле (2):

$$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p} = \frac{w - w_p}{I_p}, \quad (2)$$

где w – естественная влажность грунта.

Далее были произведены все необходимые расчёты, была использована программа Excel, а результаты испытаний внесены в журнал определения границ текучести и раскатывания пылевато-глинистых грунтов (Приложение Б), где были учтены все допустимые разницы результатов параллельных определений. Полученные данные сравниваются с показателями, приведенными в ГОСТ 25100 [1].

При проведении данного исследования была трудность в раскатывании грунта, образец трудно раскатывался, для того, чтобы исследовать его с помощью балансного конуса, требовалось тщательно подготавливать грунтовую пасту, опытным путем подбирая необходимую влажность.

В результате испытаний грунты классифицированы как супеси, что соответствует результатам определения гранулометрического состава.

На предыдущих стадиях изысканий были также проведены аналогичные испытания и согласно полученным результатам было определено, что образцы – суглинки мягкопластичные и текучепластичные (табл. 9).

Таблица 9 – Физические свойства исследуемого грунта

№ п/п	Влажность природная	Плотность частиц грунта	Влажность на границе текучести	Влажность на границе раскатывания	Число пластичности	Показатель текучести	
1	27,17	2,80	31,44	20,68	10,76	0,60	
2	25,67	2,80	29,48	19,24	10,24	0,63	
3	24,89	2,80	31,75	20,89	10,86	0,37	
4	24,79	2,80	29,63	18,02	11,61	0,58	
5	27,14	2,80	30,55	20,19	10,36	0,67	
6	26,53	2,81	30,05	18,31	11,74	0,70	
7	29,25	2,83	30,15	19,46	10,69	0,92	
8	26,16	2,81	28,07	17,83	10,24	0,81	
9	26,21	2,81	28,77	18,18	10,59	0,76	
10	28,54	2,81	30,16	19,77	10,39	0,84	
11	29,24	2,82	30,43	19,81	10,62	0,89	
12	29,21	2,84	30,11	18,23	11,88	0,92	
	w, %	ρ г/см ³	ρ_d г/см ³	ρ_s г/см ³ **	n, д.ед. **	e, д.ед. **	Sr, д.ед. **
1	17,97	1,99	1,69	2,8	0,4	0,66	0,76
2	18,86	2,02	1,7	2,8	0,39	0,65	0,82
3	20,43	1,95	1,62	2,8	0,42	0,73	0,78
4	17,89	1,96	1,64	2,8	0,41	0,68	0,73
5	17,8	1,99	1,69	2,8	0,4	0,66	0,76
6	20,43	2	1,66	2,81	0,41	0,69	0,83
7	18,05	2,03	1,72	2,83	0,39	0,65	0,79
8	17,69	2,01	1,7	2,81	0,39	0,65	0,77
9	18	1,96	1,66	2,81	0,41	0,69	0,73
10	19,88	1,98	1,65	2,8	0,41	0,7	0,8
11	18,43	1,97	1,64	2,82	0,41	0,7	0,75
12	20,46	2	1,66	2,84	0,42	0,71	0,82

Несмотря на разницу результатов, полученных при исследовании консистенции и гранулометрического состава образцов, было принято решение классифицировать грунт как суглинок, и дальнейшие испытания проводить по методикам для суглинка.

3.1.3 Уплотнение грунта

При дальнейшем исследовании был применён метод уплотнения грунта (рис.14).

Оптимальную влажность и плотность сухого грунта возможно определить с помощью метода стандартного уплотнения грунта. В высушенный и просеянный через сито грунт массой 10 кг добавляют дистиллированную воду, для постепенного увеличения влажности. При первом испытании влажность грунта для суглинков равна 10-12%, согласно ГОСТ 22733 [24].

Влажности, которые необходимо получить по процентному содержанию – это 4, 6, 8, 10, 12, 14%, то есть при каждом последующем испытании влажность грунта следует увеличивать на 2%-3% - для связных грунтов.



Рисунок 14 – Устройство для механизированного уплотнения грунта падающим грузом с постоянной высоты

Чтобы определить необходимое количество воды, необходимо воспользоваться формулой (3):

$$V_W = 300 * (w_i - w_g) * 0,001, \quad (3)$$

где w_i – заданная влажность, %;

w_g – влажность просеянного грунта в воздушно-сухом состоянии, %

Подготовленный грунт переносят в металлическую чашу, тщательно его перемешивая, далее згружают в собранную форму уплотнительного прибора, проводят

уплотнение, устанавливая 40 ударов грузом с высоты 30 см по наковальне, зафиксированной на направляющей штанге. Аналогичную операцию проводят с каждым из трех слоев грунта, последовательно загружаемых в форму. Перед загрузкой второго и третьего слоев поверхность предыдущего уплотненного слоя взрыхляют ножом на глубину от 1 до 2 мм. Извлекают из цилиндрической части формы уплотненный образец грунта. При этом из верхней, средней и нижней части образца отбирают пробы для определения влажности грунта.

Извлеченный из формы грунт присоединяют к оставшейся в чашке части пробы, измельчают и перемешивают. Размер агрегатов не должен превышать наибольшего размера частиц испытуемого грунта. Испытание следует считать законченным, когда с повышением влажности пробы при последующих двух испытаниях происходит последовательное уменьшение значений массы и плотности уплотняемого образца грунта, а также когда при ударах грузом происходит отжатие воды или выделение разжиженного грунта через соединения формы.

По полученным в результате последовательных испытаний значениям плотности и влажности грунта вычисляют значения плотности сухого грунта и строят график зависимости изменения значений плотности сухого грунта от влажности (рис.15).

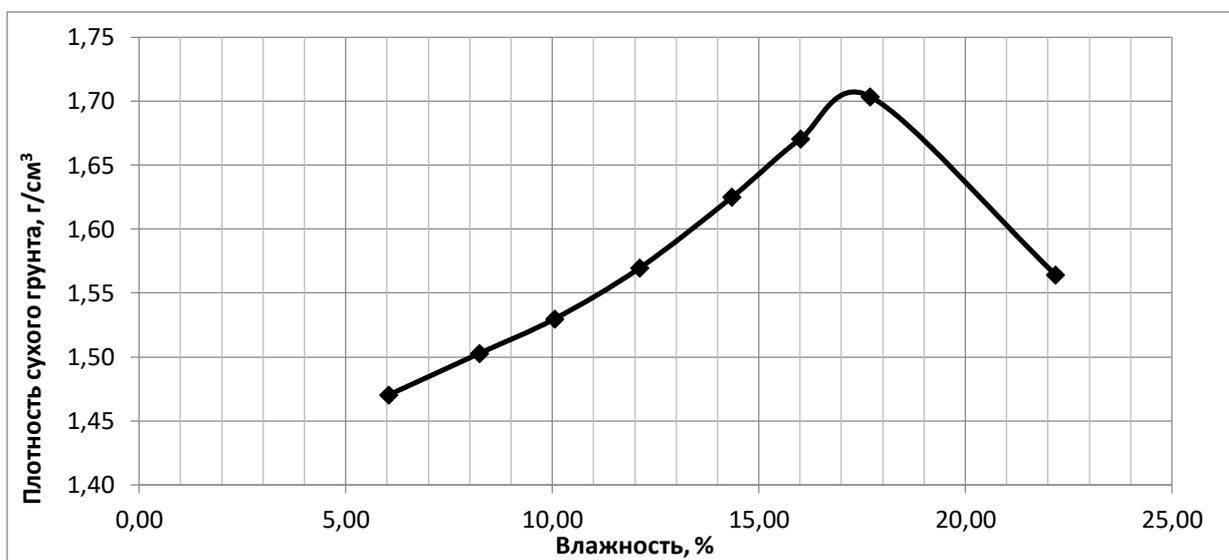


Рисунок 15 – График уплотнения грунта

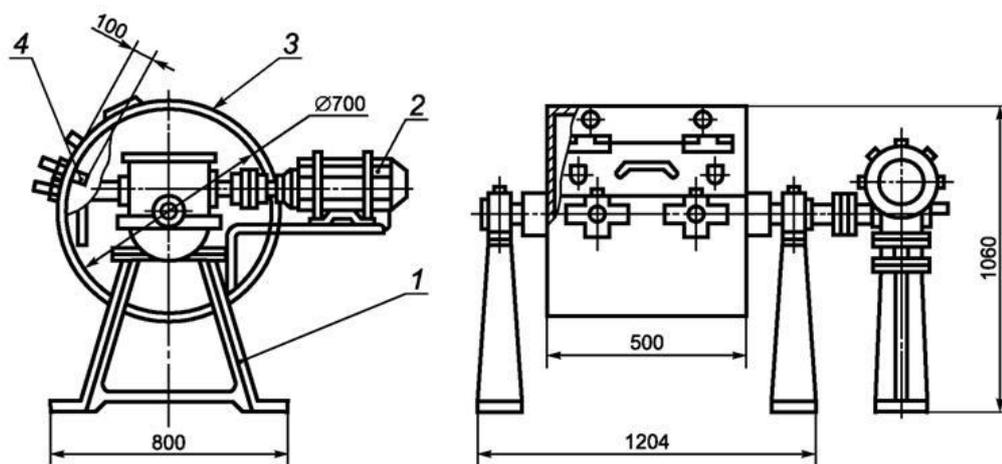
Согласно графику, максимальная плотность исследуемого грунта достигается при плотности сухого грунта, равного 1,7 г/см³. Образцы приводили к максимальной плотности, затем вырезали образцы для консолидационных и трехосных испытаний. Два образца грунта были доведены до естественной плотности перед испытаниями.

3.2 Физико-механические свойства

Физико-механические свойства грунта определяют и показывают, как возникают, распределяются и изменяются механические напряжения и деформации в исследуемых грунтах, при условии влияния на них механических нагрузок. Определяют деформационные свойства грунта, которые не приводят к его разрушению, и прочностные свойства, при которых достигается критическая отметка и грунт начинает разрушаться.

3.2.1 Истираемость грунта

Истираемость щебня (гравия) определяют по потере массы зерен при испытании пробы в полочном барабане с шаром и [37]. Исследование проводилось на поступивших в лабораторию образцах сланца.



1 — станина; 2 — двигатель; 3 — барабан; 4 — полка барабана



Рисунок 16 – Схема строения полочного барабана [37]

Испытываемый щебень (гравий) не должен содержать пылевидных и глинистых частиц более 1 % по массе. В противном случае щебень (гравий) предварительно промывают и высушивают. Истираемость щебня K_{fr} , %, определяют по формуле (4):

$$K_{fr} = \frac{m - m_1}{m} * 100, \quad (4)$$

где m - масса пробы щебня (гравия), г; m_1 - суммарная масса остатков на сите с отверстиями диаметром 5 мм и контрольном сите, г.

Для контроля полученных данных проводятся параллельные испытания на двух образцах, принимая за результат их среднее арифметическое значение.

Полученные результаты сравнивают со значениями таблицы коэффициентов истираемости грунта по ГОСТ 25100 [1] (табл.10).

Таблица 10 – Классификация крупнообломочных грунтов по коэффициенту истираемости

Грунт	Коэффициент истираемости K_{fr}
Очень прочный	$K_{fr} \leq 0,05$
Прочный	$0,05 < K_{fr} \leq 0,20$
Средней прочности	$0,20 < K_{fr} \leq 0,30$
Малопрочный	$0,30 < K_{fr} \leq 0,40$
Пониженной прочности	$K_{fr} > 0,40$

Для классификации скальных грунтов по степени выветрелости [1], необходим вычисленный коэффициент выветрелости K_{wr} , который рассчитывается по формуле (5):

$$K_{wr} = \frac{K_1 - K_0}{K_1}, \quad (5)$$

где K_1 – отношение массы частиц размером менее 2 мм к массе частиц размером более 2 мм после испытания на истирание в полочном барабане; K_0 – то же в природном состоянии.

Полученные результаты сравнивают со значениями таблицы коэффициентов выветрелости грунта по ГОСТ 25100 [1] (табл.11).

Таблица 11 – Классификация грунтов по коэффициенту выветрелости

Грунты	Коэффициент выветрелости K_{wr}
Слабовыветрелый	$0,9 \leq K_{wr} < 1$
Средневыветрелый	$0,8 \leq K_{wr} < 0,9$
Сильновыветрелый	$K_{wr} < 0,80$

Полученные данные испытания приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Показатели выветрелости грунта

Лабораторный номер	Масса пробы грунта, г	Масса, г				Коэффициент выветрелости (K_{wrt})
		До испытания		После испытания		
		менее 2 мм.	более 2 мм.	менее 2 мм.	более 2 мм.	
13	2452,82	36,38	2416,44	373,04	2043,40	0,92
14	2549,85	44,51	2505,34	394,98	2110,36	0,91
15	5546,27	49,06	5497,21	884,67	4612,54	0,96
16	6438,47	26,11	6412,36	1101,09	5311,27	0,98
17	5139,45	40,14	5099,31	673,69	4425,62	0,95
18	5987,43	31,95	5955,48	969,88	4985,60	0,97
19	6234,51	33,17	6201,34	913,69	5287,65	0,97
20	3285,60	50,30	3235,30	601,80	2633,50	0,93
21	5788,62	26,17	5762,45	804,77	4957,68	0,97
22	5024,62	38,98	4985,64	740,04	4245,60	0,96

Сравнивая полученные в ходе испытания результаты с показателями ГОСТ 25100, можно сделать вывод, что исследуемый метаморфизированный сланец (рис.17) – слабовыветрелый.



Рисунок 17 – Метаморфизированный сланец

3.2.2 Растяжение и сжатие образцов грунта

При проведении испытания для определения предела прочности используют прибор на одноосное растяжение (рис.18), при этом образец исследуемого грунта подвергают нагрузке до разрушения, нагрузка проводится равномерно с устанавливаемой скоростью 0,1-0,5 кН/с. Испытание считается действительным после того, как образец разорвется на две части по поверхности, проходящей через ось нагружения. Величину площади поверхности разрыва образца записывают в квадратных сантиметрах [38].

Предел прочности при одноосном растяжении R_p , МПа, для каждого образца вычисляют по формуле (6):

$$R_p = 7,5 * \frac{P}{S} * k, \quad (6)$$

где P – разрушающая сила, кН; S – площадь поверхности разрушения образца, см^2 ; k – безразмерный масштабный коэффициент, принимаемый равным 1.00 при $S=(15\pm 3) \text{ см}^2$.



Рисунок 18 – Прибор на одноосное растяжение

Полученные результаты сравнивают со значениями таблицы коэффициентов выветрелости грунта по ГОСТ 25100 [1].

Испытание проводилось согласно ГОСТ 21153.3-85 [38] встречными сферическими инденторами. Полученные результаты приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Предел прочности при одноосном растяжении

Прочностные характеристики грунта						Влажность, W, %
На растяжение			На сжатие			
Прочность, R _c , МПа	Среднее квадратическое отклонение, S, МПа	Коэффициент вариации, V, %	Прочность R _c , МПа	Среднее квадратическое отклонение, МПа	Коэффициент вариации, V, %	
0,22	0,05	22	4,01	0,89	22	9,5

№ образца	Предельная нагрузка, кН	Площадь поверхности разрушения, S, см ²	Масштабный коэффициент	Корреляционная зависимость $\sigma_p > 1 \text{ МПа}$	Прочность на растяжение, R _p , МПа	Прочность на сжатие, R _{спж} , МПа
1	0,163	3,80	0,710	18	0,23	4,12
2	0,120	2,90	0,540		0,17	3,03
3	0,156	3,54	0,697		0,23	4,15
4	0,193	2,55	0,540		0,31	5,52
5	0,135	3,60	0,520		0,15	2,64
6	0,253	5,32	0,770		0,27	4,95
7	0,222	3,56	0,510		0,24	4,30
8	0,183	8,50	1,550		0,25	4,51
9	0,223	7,39	0,832		0,19	3,40
10	0,173	5,20	0,766		0,19	3,44

Прочность на растяжение образцов сланцев варьируется от минимального значения равного 0,15 до максимального значения, которое равно 0,31 МПа, а диапазон прочности на сжатие от минимального значения 2,64 до максимального значения 5,52 МПа.

3.2.3 Компрессионное сжатие

Для определения таких параметров деформационных свойств, как коэффициент сжимаемости m_0 , модуль деформации E_0 , коэффициенты фильтрационной и вторичной консолидации c_v и c_α для песков мелких и пылеватых, глинистых грунтов, органо-минеральных и органических грунтов. Для получения данных параметров образцы испытывают на специальных приборах – одометрах (рис.19, 20). Принцип работы данного прибора в том, что он не позволяет воздействовать боковому расширению образца при условии приложения к нему вертикальной нагрузки.

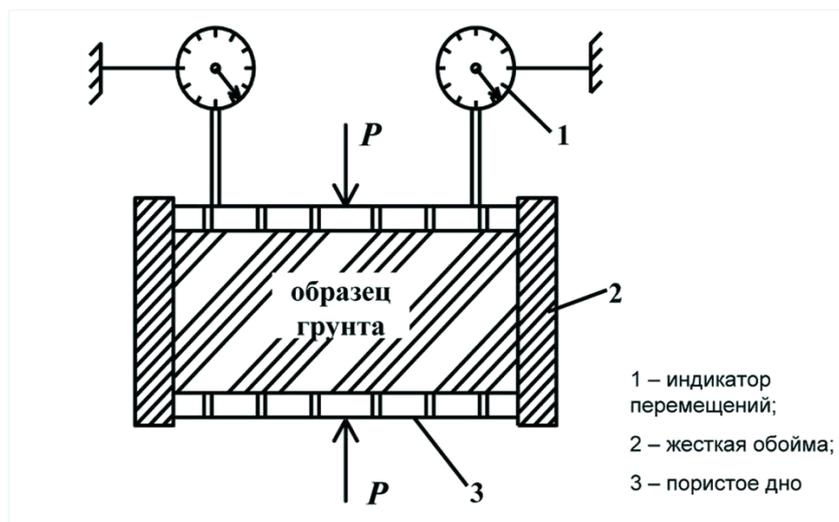


Рисунок 19 – Схема компрессионного прибора – одометра



Рисунок 20 – Прибор компрессионного сжатия

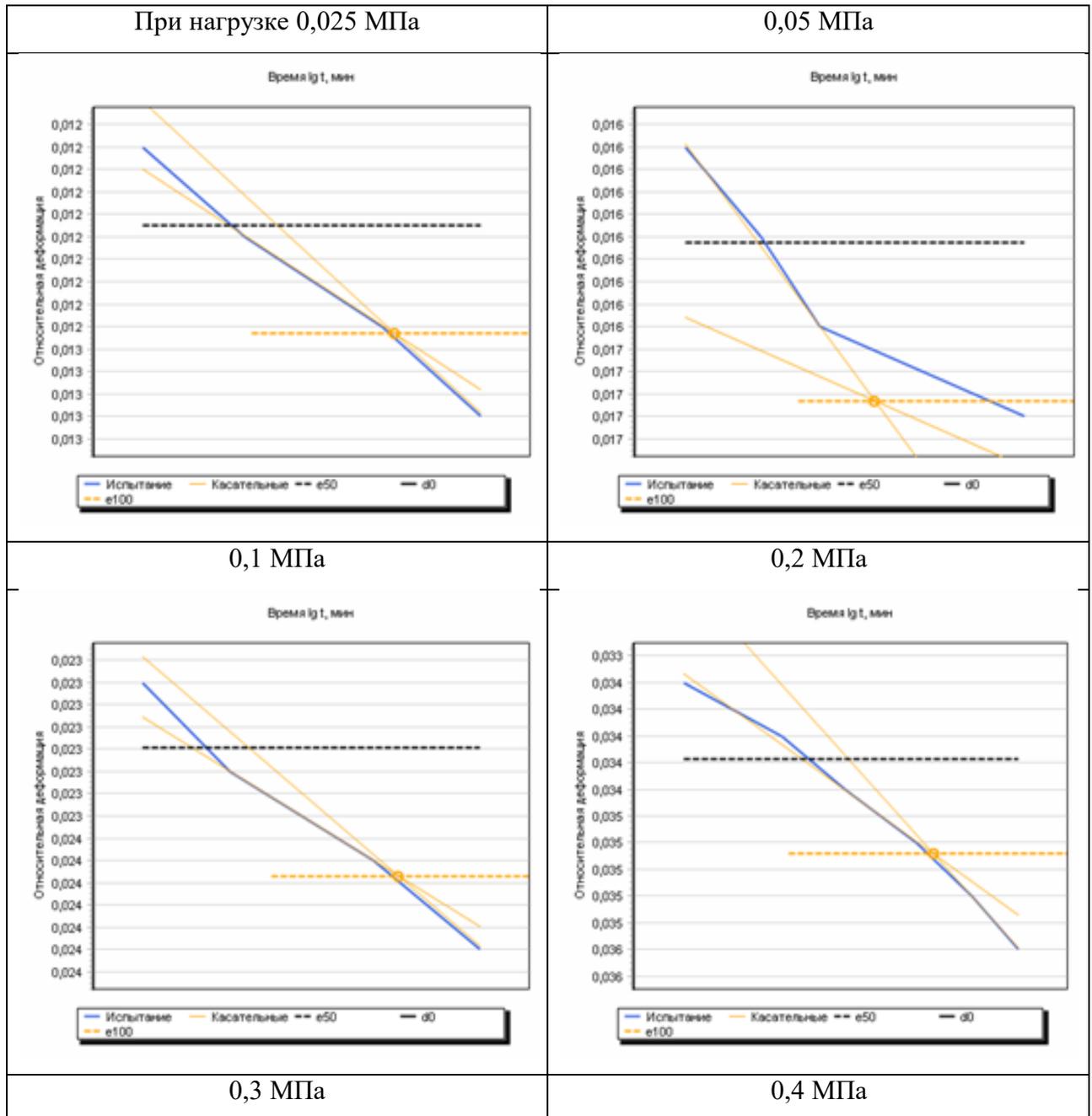
Для испытаний используют образцы грунта ненарушенного сложения с природной влажностью или водонасыщенные или образцы нарушенного сложения, задавая при этом рассчитанные ранее показатели плотности и влажности. Образец грунта должен иметь форму цилиндра диаметром не менее 70 мм и отношение диаметра к высоте должно составлять от 2,8 до 3,5 [11].

Полученные результаты испытаний необходимо оформить в сводные графики, где отображается зависимость деформаций образца от нагрузки на него (рис.17, 18).

Диапазон давлений, при которых проводят испытания, определяется в программе испытаний с учетом напряженного состояния грунта в массиве, то есть с учетом

передаваемых на основе нагрузок и бытового давления. Во всех случаях конечное давление должно быть больше бытового давления на глубине залегания образца грунта.

В процессе испытания строят кривую консолидации в координатах относительная деформация – корень квадратный из времени или используют логарифмическую шкалу времени. На кривой консолидации выделяют участки фильтрационной и вторичной консолидации [35].



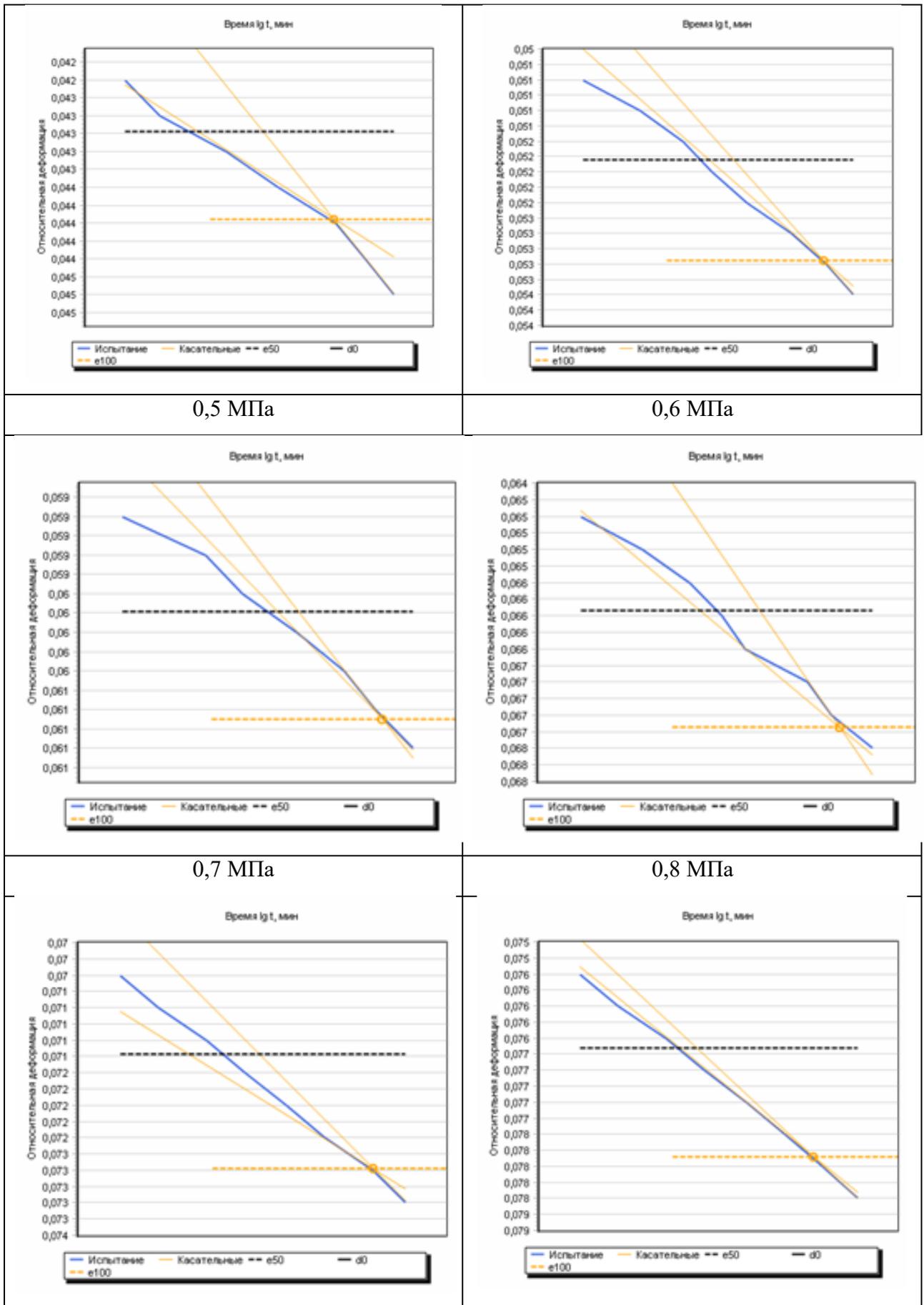
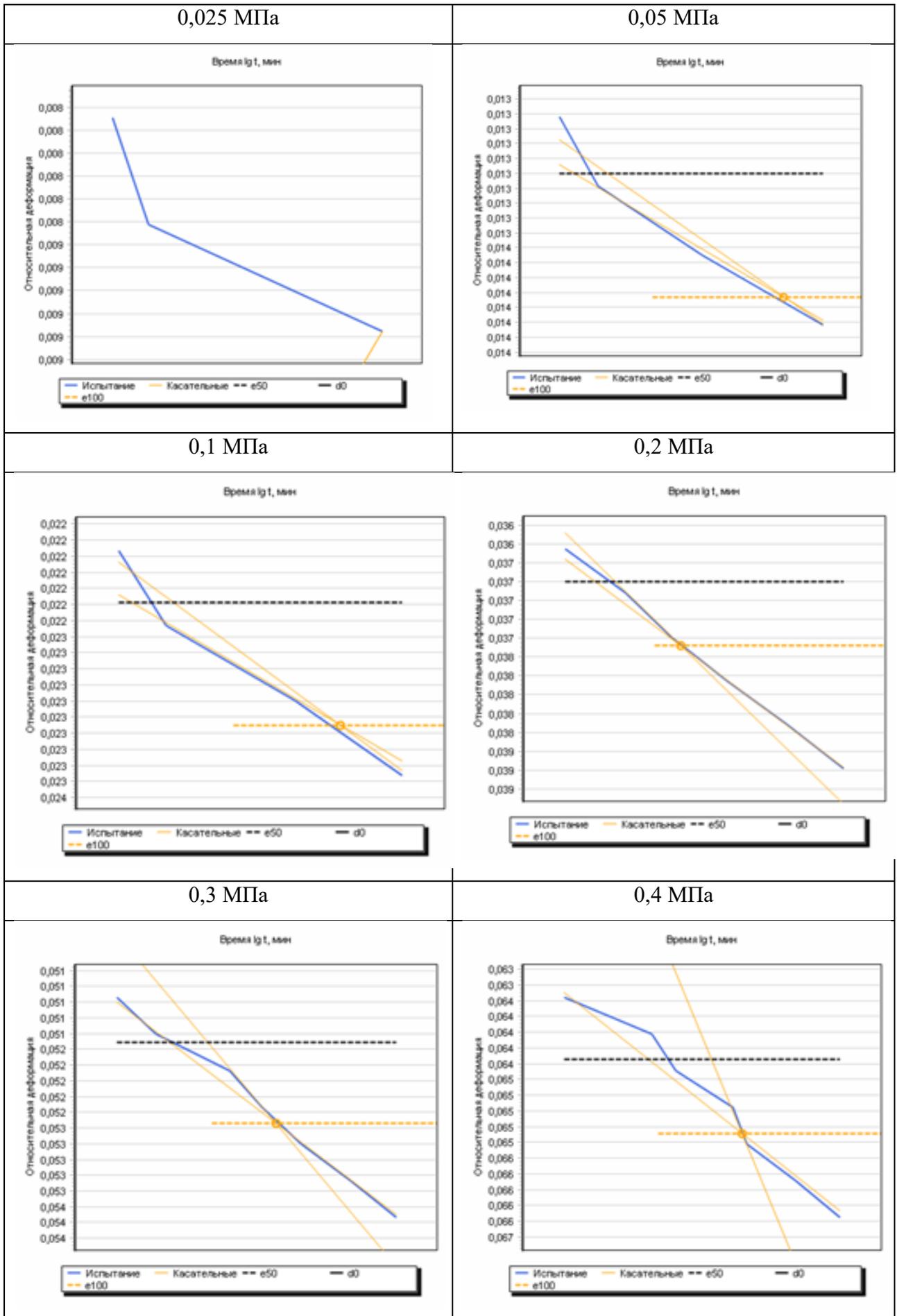


Рисунок 21 – Графики нагрузки для образца №6



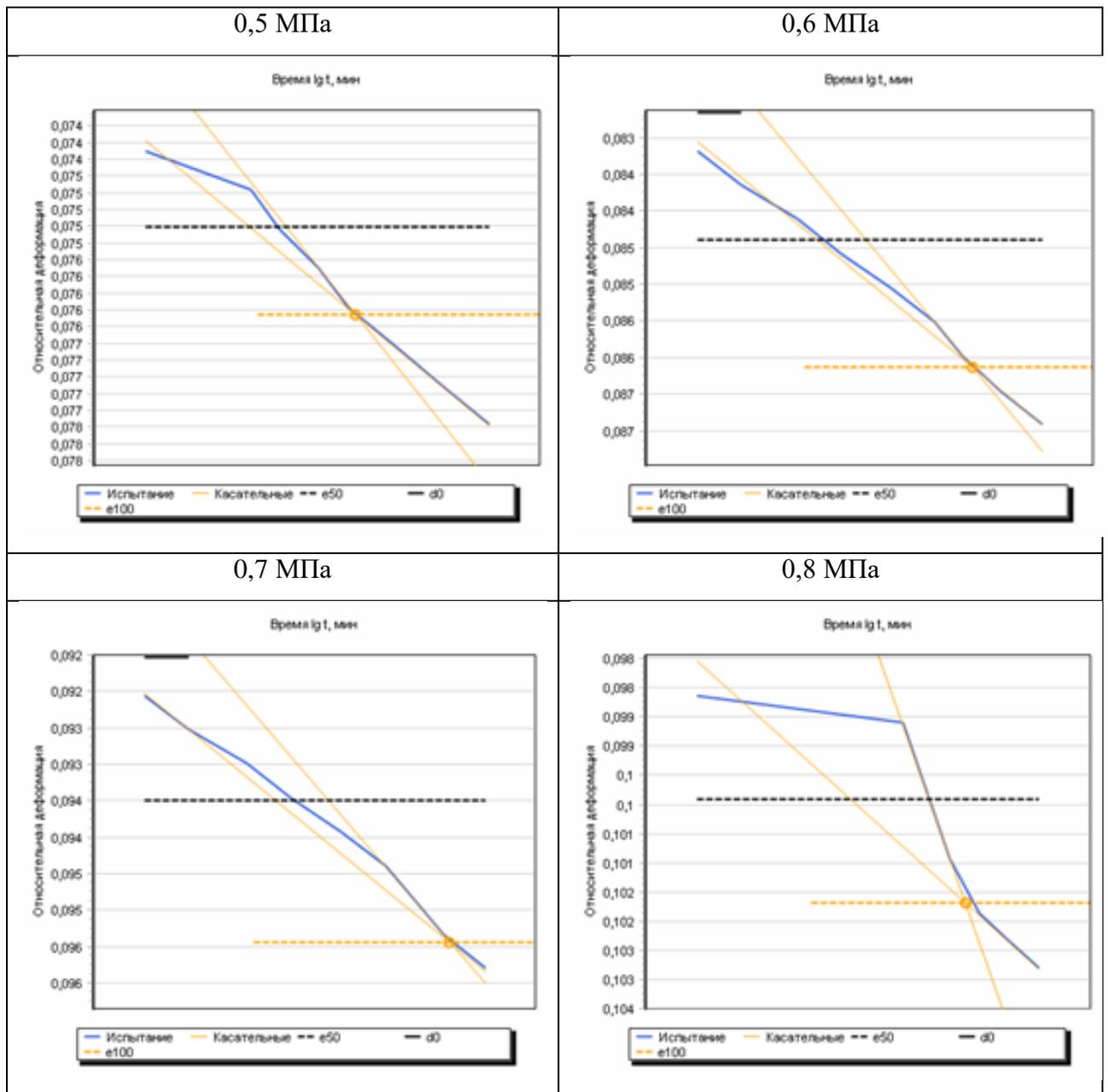


Рисунок 22 – Графики консолидации для образца №12

После обработки графиков, приведенных выше, после воздействия на исследуемый грунт различных ступеней нагрузки были получены результаты, которые приведены в таблицах 14 и 15.

Таблица 14 – Пример полученных результатов коэффициентов консолидации на примере образцов №6 и №12

Коэффициент консолидации	Степень нагрузки, МПа									
	0,025	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Первичной, $C_{v, см2/мин}$ (образец 6)	0,26194	н/о	0,61332	0,09536	0,30680	0,04652	0,03113	0,04565	0,12142	0,13992
Вторичной, C_{α} (образец 6)	0,00039	0,00019	0,00043	0,00077	0,00103	0,00107	0,00083	0,00081	0,00100	0,00094
Первичной, $C_{v, см2/мин}$ (образец 12)	н/о*	0,92946	1,07633	0,59814	0,48204	0,11983	0,10158	0,09909	0,06025	0,01064
Вторичной, C_{α} (образец 12)	н/о*	0,00032	0,00046	0,00062	0,00080	0,00082	0,00097	0,00105	0,00106	0,00154

Примечание: н/о – показатель не определялся;

н/о* – стадии первичной и вторичной консолидации разграничить невозможно.

Такие характеристики грунта, как первичная и вторичная консолидация, определяются за счет фильтрации воды и ползучести грунта.

Таблица 15 – Коэффициенты первичной и вторичной консолидации

Степень нагрузки, МПа	Номер образца										Ср. знач.	Номер образца		
	1	7	8	3	10	4	11	5	6	12		6е	12е	
Первичная консолидация, см2/мин														
0,025	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	0,34	н/о	0,34	0,26	н/о
0,05	0,29	0,15	н/о	0,51	0,18	н/о	н/о	н/о	1,52	н/о	0,53	0,35	1,03	
0,1	0,64	0,84	0,41	1,34	0,92	0,26	1,05	н/о	0,40	н/о	0,73	0,57	1,07	
0,2	0,14	0,51	0,08	0,20	0,14	0,44	0,25	0,00	0,29	н/о	0,227	0,08	0,60	
0,3	0,10	0,07	0,27	0,47	0,13	0,25	0,05	0,40	0,17	0,42	0,233	0,31	0,48	
0,4	0,04	0,06	0,27	0,04	0,05	0,05	0,12	0,05	0,35	0,49	0,152	0,06	0,12	
0,5	0,11	0,04	1,24	0,20	0,34	0,10	0,10	0,09	0,22	0,26	0,27	0,03	0,10	
0,6	н/о	н/о	0,77	0,41	0,21	0,05	0,04	н/о	0,04	0,83	0,3357	0,05	0,10	
0,7	н/о	н/о	0,09	0,00	0,00	0,03	0,01	н/о	0,09	0,04	0,037	0,01	0,06	
0,8	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	0,14	0,01	

Продолжение таблицы 15

Степень нагрузки, МПа	Номер образца										Ср. знач.	Номер образца	
	1	7	8	3	10	4	11	5	6	12		6е	12е
Вторичная консолидация													
0,025	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	0,00026	н/о	0,00026	0,00390	н/о
0,05	0,00055	0,00100	н/о	0,00031	0,00037	н/о	н/о	н/о	0,00025	н/о	0,0005	0,00019	0,00030
0,1	0,00046	0,00027	0,00030	0,00023	0,00072	0,00026	0,00020	н/о	0,00027	н/о	0,00034	0,00043	0,00045
0,2	0,00067	0,00031	0,00061	0,00037	0,00060	0,00037	0,00043	0,00000	0,00044	н/о	0,00042	0,00077	0,00062
0,3	0,00094	0,00037	0,00052	0,00039	0,00042	0,00044	0,00063	0,00037	0,00066	0,00043	0,00052	0,00100	0,00080
0,4	0,00094	0,00046	0,00075	0,00061	0,00062	0,00052	0,00059	0,00062	0,00053	0,00049	0,00061	0,00100	0,00082
0,5	0,00097	0,00063	0,00065	0,00058	0,00081	0,00062	0,00060	0,00056	0,00062	0,00052	0,00066	0,00080	0,00097
0,6	н/о	н/о	0,00088	0,00066	0,00057	0,00084	0,00074	н/о	0,00067	0,00060	0,00071	0,00081	0,00105
0,7	н/о	н/о	0,00100	0,00160	0,00119	0,00054	0,00143	н/о	0,00071	0,00072	0,00103	0,00100	0,00107
0,8	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	0,00083	0,00154
0,7	н/о	н/о	0,00100	0,00160	0,00119	0,00054	0,00143		0,00071	0,00072	0,00103	0,00100	0,00107
0,8	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	0,00083	0,00154

Примечание: н/о – показатель не определен

Образцы под номерами 6е и 12е соответствуют естественному состоянию грунта без предварительного уплотнения до максимальной плотности. Сравнивая полученные значения образцов с показателями уплотненного грунта под номерами 6 и 12, можно сделать вывод, что показатели первичной и вторичной консолидации при одинаковых степенях нагрузки у грунтов в естественном состоянии меньше, чем у уплотненных грунтов.

Обработывая полученные данные, были получены следующие результаты: наивысший результат преимущественно у всех исследуемых образцов достигается при степени нагрузки равной 0,1 МПа в пределах 0,4-1,3 для первичной консолидации и 0,0002-0,00072 для вторичной консолидации. Последующие значения коэффициентов консолидации при повышении степени нагрузки равномерно уменьшаются.

3.2.4 Метод трехосного сжатия

Техногенные насыпные и намывные грунты отличаются необходимостью определять показатели консолидации, которые применяют для расчета осадки во времени. Коэффициенты консолидации для исследуемых грунтов ранее не определялись, поэтому их поведение при проведении исследования было нехарактерным.

Испытание грунта методом трехосного сжатия проводят для определения следующих характеристик прочности и деформируемости в соответствии с заданием и

программой испытаний: угла внутреннего трения φ , удельного сцепления c , сопротивления недренированному сдвигу c_u , коэффициента фильтрационной консолидации для водонасыщенных в природных условиях песков, глинистых, органо-минеральных и органических грунтов и модуля деформации E и коэффициента поперечной деформации для любых дисперсных грунтов ν .

Эти характеристики определяют по результатам испытаний образцов в камерах трехосного сжатия, дающих возможность бокового расширения образца грунта в условиях трехосного осесимметричного статического нагружения при:

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 = \sigma_3$$

где σ_1 - максимальное главное вертикальное напряжение;

σ_2, σ_3 - минимальные, они же промежуточные главные горизонтальные напряжения.

Испытания проводят по следующим схемам:

- неконсолидированно-недренированное (НН) испытание - для определения сопротивления недренированному сдвигу водонасыщенных в природных условиях глинистых, органо-минеральных и органических грунтов природной плотности;
- консолидированно-недренированное (КН) испытание с измерением порового давления - для определения характеристик прочности для водонасыщенных в природных условиях дисперсных грунтов;
- консолидированно-дренированное (КД) испытание - для определения характеристик прочности и коэффициента консолидации водонасыщенных в природных условиях дисперсных грунтов и характеристик деформируемости для любых дисперсных грунтов.

Консолидация – это процесс уплотнения грунта во времени вследствие отжатия воды из пор при их стабильном состоянии. В природных условиях большинство грунтов находятся в высокой степени водонасыщения, поэтому в настоящее время принято исследовать грунты в их состоянии полного водонасыщения. Согласно ГОСТ 12248 [35] все образцы предполагаются полностью водонасыщенными ($S_r > 0,8$), а неводонасыщенные в природных условиях грунты следует водонасыщать перед испытанием. Во времени отжимается жидкость из порового пространства, происходит доуплотнение образца.

Если исследуемые грунты не в стабильном состоянии, то есть когда процесс уплотнения под собственным весом невозможен по какой-то причине (грунты слабые, залегающие близко к поверхности, новые/шельфовые отложения), то перед испытанием грунт не доуплотняется – происходит неконсолидированное испытание грунта.

Механическое нагружение бывает двух видов: при открытом дренаже – дренированное, при закрытом дренаже – недренированное. Дренированный режим применяется в случае медленного нагружения образца, постепенном увеличении нагрузки, когда грунт успевает уплотняться при каждой новой ступени нагрузки. Самый часто используемый способ при исследовании грунта – консолидированно-дренированный, так как скорость нагружения ниже скорости консолидации, а также можно определить модуль деформации E .

Недренированные испытания проводят при неравномерной нагрузке на грунт, при этом скорость нагружения выше скорости консолидации, оценить можно только прочность, так как в образце не успевает образоваться процесс трения.

Консолидированно-денированное испытание – испытание образца, в котором процессы консолидации в естественных условиях уже завершились, а на этапе эксплуатации грунта нагружение происходит достаточно медленно и грунт успевает уплотниться. В результате проведения испытания будет получено наибольшее значение угла внутреннего трения и сцепления, а также можно будет достоверно судить о деформационных характеристиках образца.

Консолидированно-недренированное испытание – испытание образца, когда процесс консолидации в природе завершился, грунт находится в стабилизированном состоянии, однако подвергается быстрому нагружению, то есть поровое давление вследствие нагружения не успевает рассеиваться. Благодаря полученным результатам оцениваются эффективные значения угла внутреннего трения и сцепления, но сжимаемость оценить не получится, так как поровая жидкость не позволит грунту упрочняться. Эффективные значения угла внутреннего трения и сцепления зачастую совпадают со значениями, полученными при проведении консолидированно-дренированного испытания.

Неконсолидированно-недренированное испытание – испытание грунта, когда процесс консолидации в естественном залегании грунта не завершился, а любое нагружение на грунт будет достаточно быстрым, то есть наблюдается рост давления поровой жидкости. При проведении испытания получают только значения сопротивления недренированному сдвигу из-за того, что поровое давление возрастает сразу же с увеличением давления в камере и приложением нагрузки к образцу исследуемого грунта, трение не возникает, а прочность исследуемого образца ограничено только силой сцепления между частицами.

В состав установки для испытания грунтов методом трехосного сжатия должны входить (рис.13):

- камера трехосного сжатия с набором жестких сплошных и перфорированных штампов и уплотнителей к ним;
- устройство для создания, поддержания и измерения давления в камере;
- механизм для вертикального нагружения образца;
- устройства для измерения вертикальных и объемных деформаций образца;
- устройства для измерения порового давления, основанные на компенсационном принципе, и датчики давления высокой жесткости;
- система противодействия.

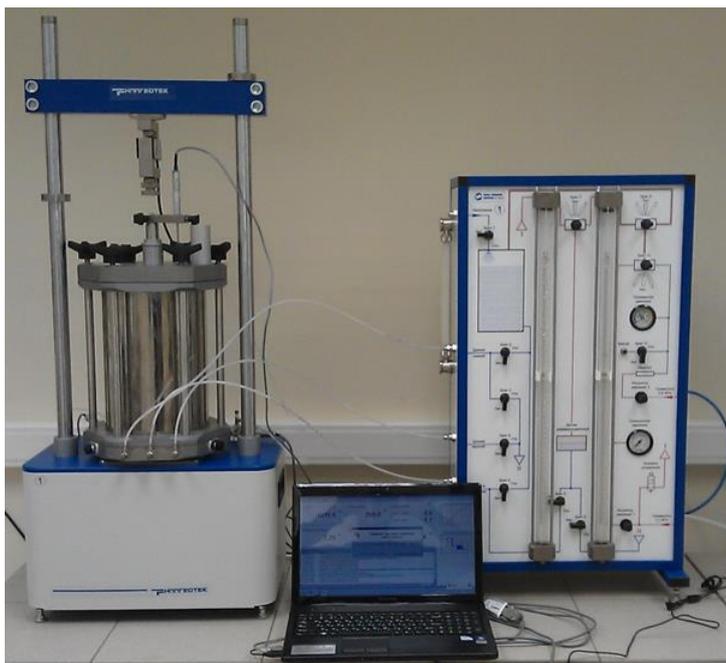


Рисунок 23 – Прибор трехосного сжатия

Схема испытаний грунта в условиях трехосного сжатия приведена на рис. 24.

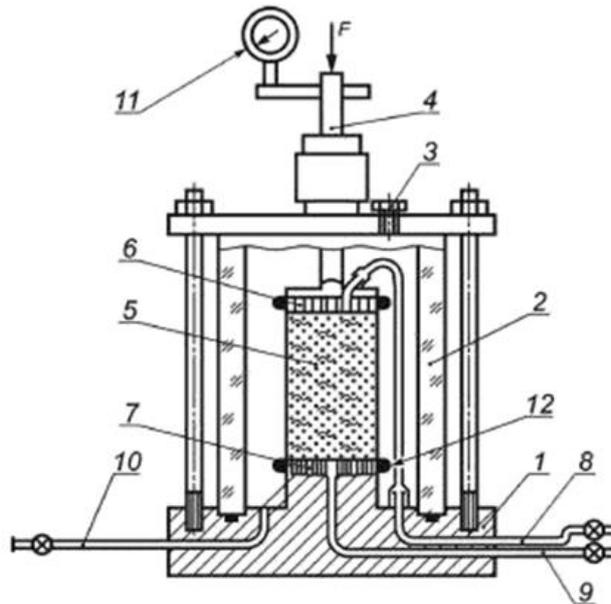


Рисунок 24 – Схема прибора трехосного сжатия: 1 – основание камеры; 2 – корпус камеры; 3 – вентиль для выпуска воздуха; 4 – шток; 5 – образец грунта в оболочке; 6 – верхний штамп, 7 – нижний штамп, 8 и 9 – магистрали системы дренажа, противодействия и измерения порового давления, 10 – магистраль давления в камере, 11 – индикатор перемещений, 12 – уплотняющее кольцо

3.2.5 Обработка полученных результатов

Таблица 16 – Механические показатели исследуемого грунта

№	Прочностные		Деформационные	
	φ , град	c , МПа	E , МПа	G , МПа
1	36	0,019	28,5	25,9
7	34	0,021	43,6	38,8
8	37	0,026	41,0	40,4
2	36	0,027	26,4	25,4
9	37	0,027	41,21	37,2
3	37	0,018	30,01	-
1	38	0,025	33,1	-
4	39	0,026	26,7	28,1
11	38	0,026	21,7	18,0
5	38	0,023	28,6	24,7
6	37	0,020	24,8	9,7
12	37	0,027	15,47	12,86

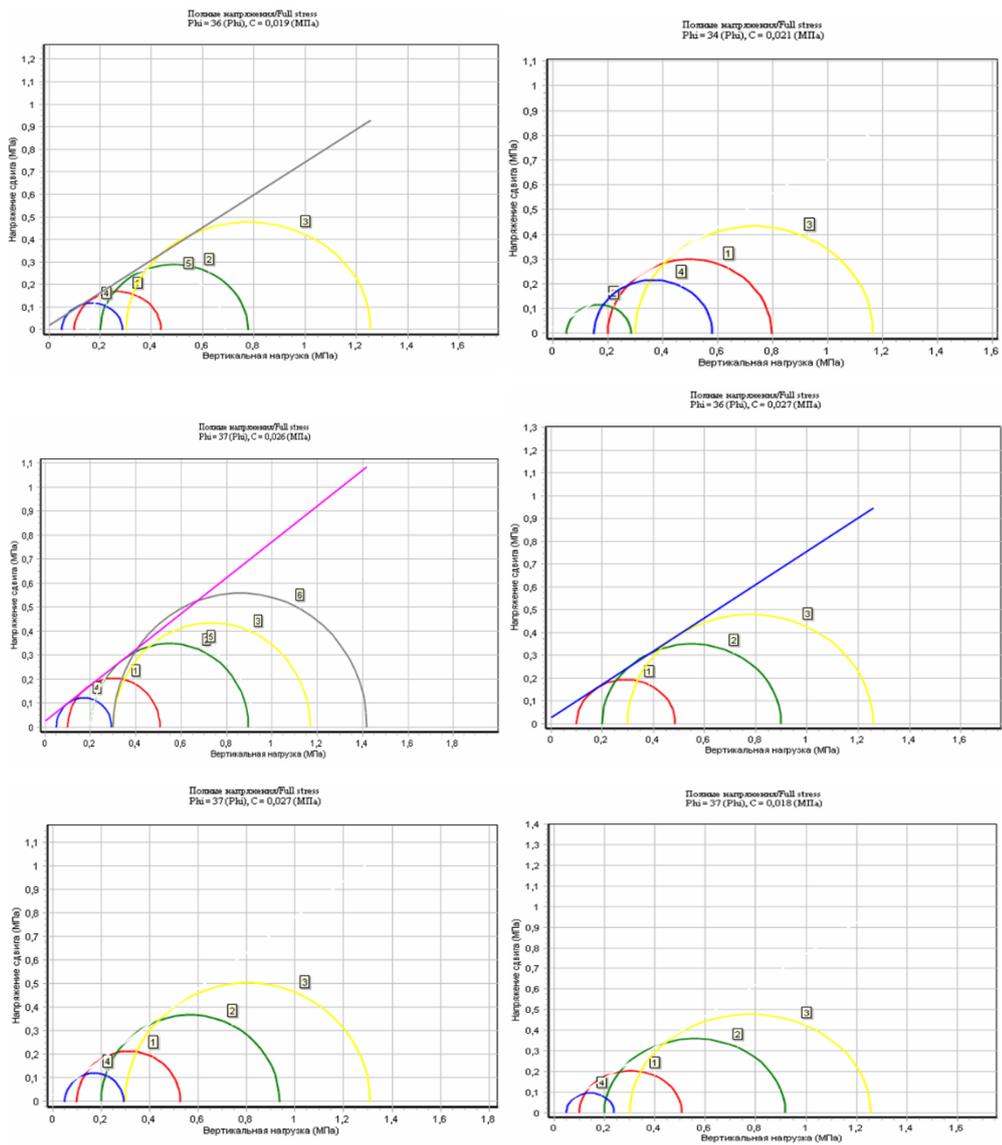


Рисунок 25 – Диаграммы Мора-Кулона для образцов №1, 7, 8, 2, 9, 3

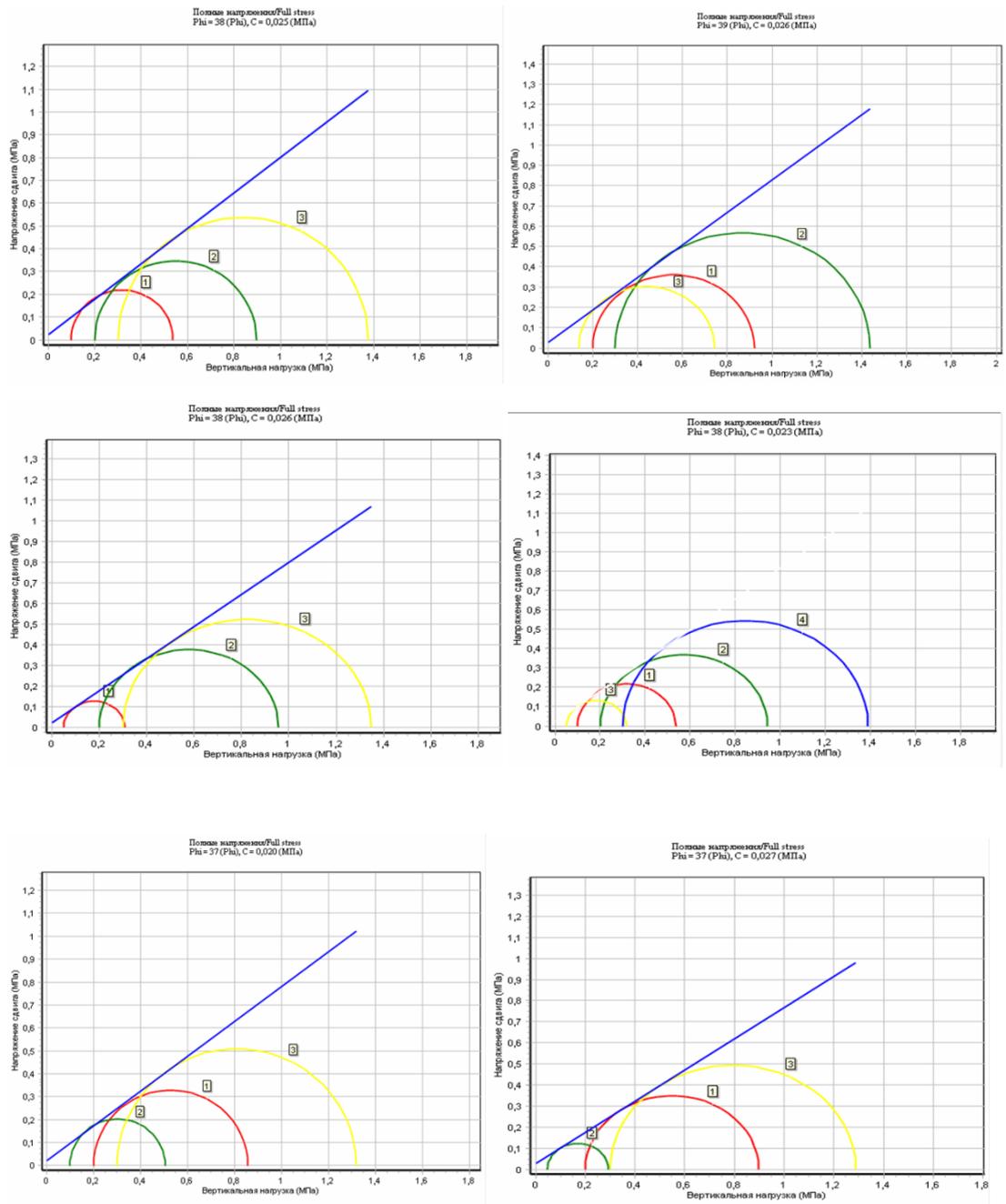


Рисунок 26 – Диаграммы Мора-Кулона для образцов №10, 4, 11, 5, 6, 12

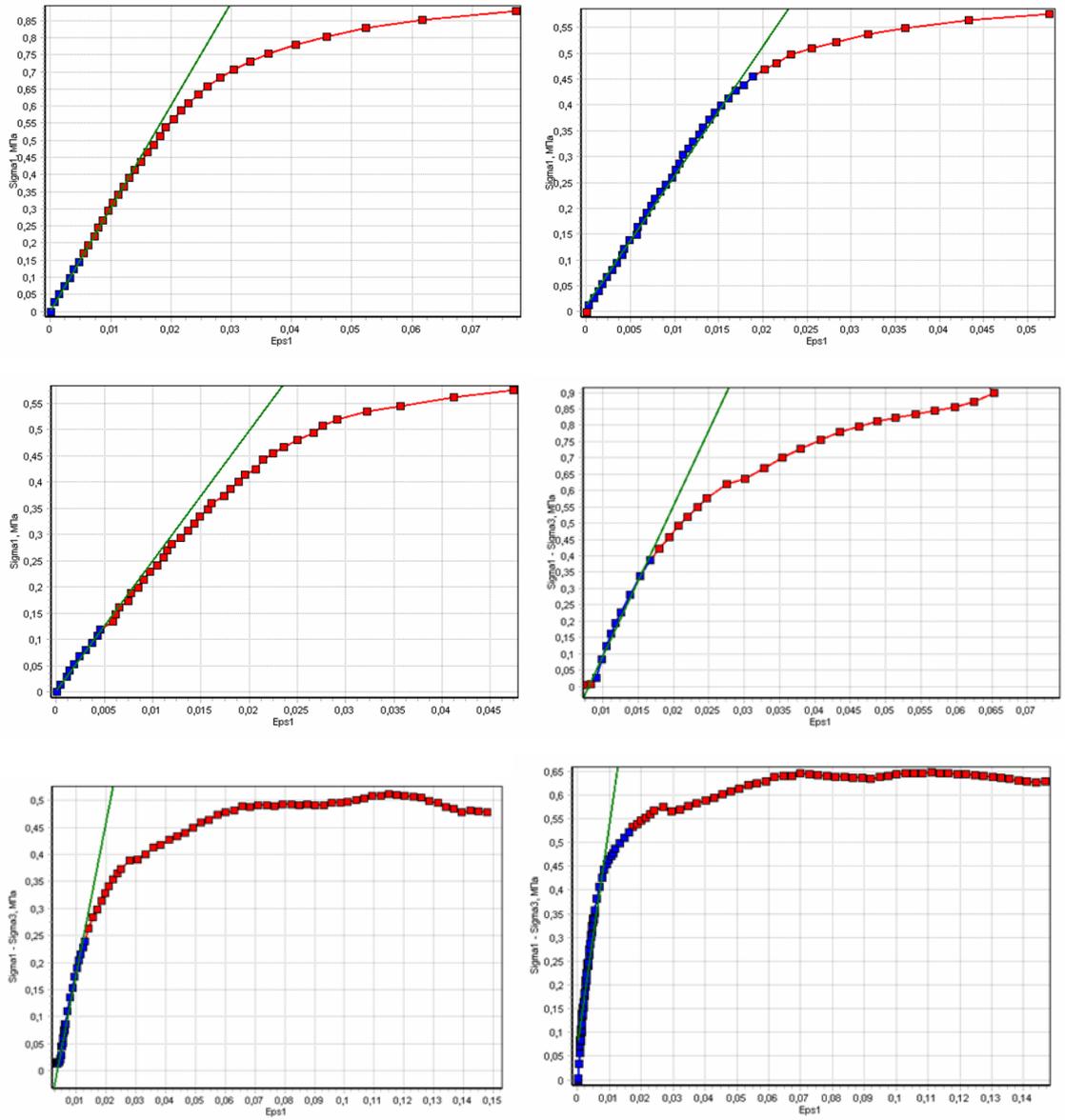


Рисунок 27 – Графики определения модуля деформации для образцов № 3, 4, 6, 8,

1, 7

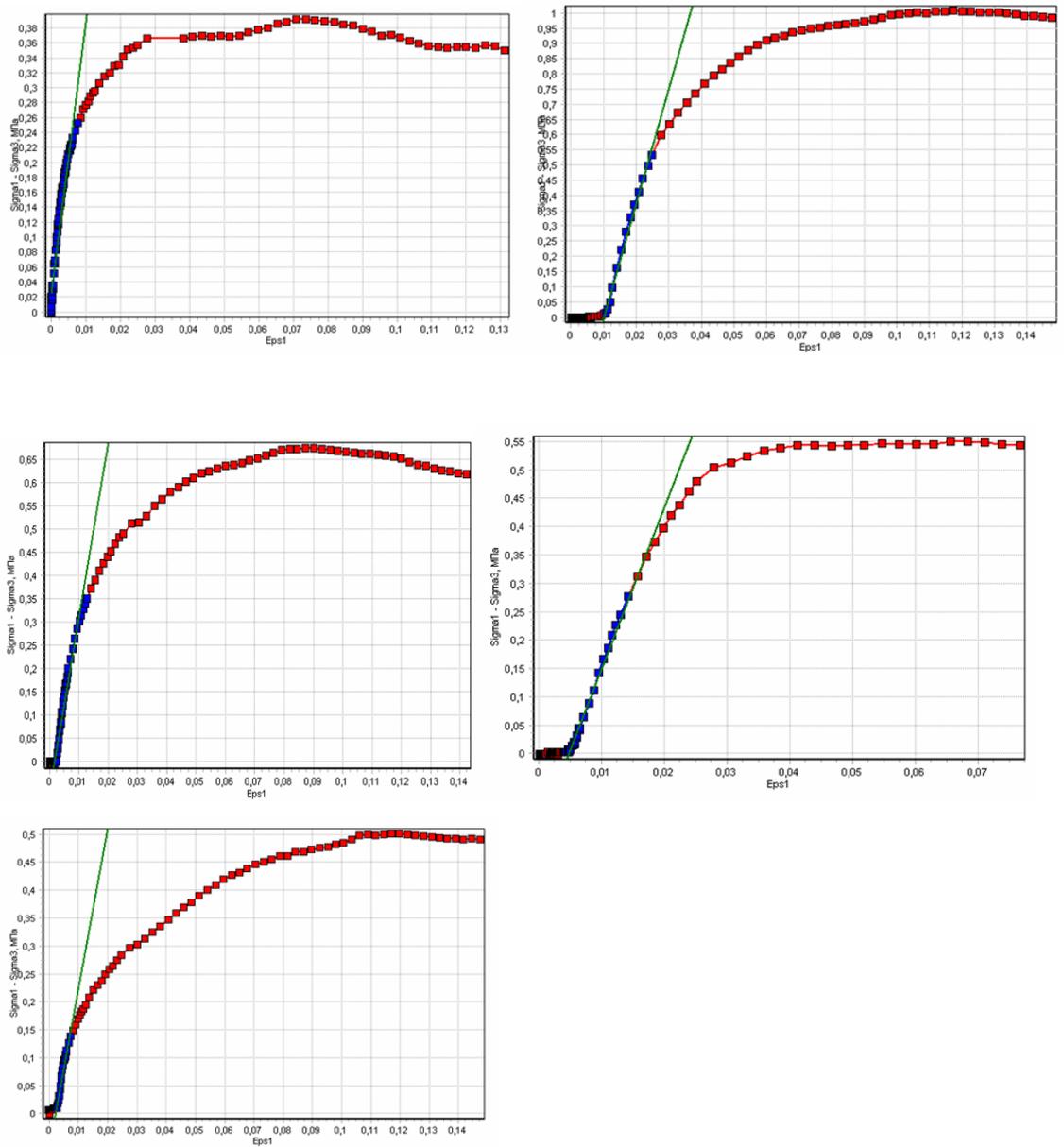


Рисунок 28 – Графики определения модуля деформации для образцов №2, 9, 10, 11, 5

Таблица 17 – Сводные данные физико-механических показателей

№	Физические свойства					Механические свойства						
	W _L , %	W _P , %	W, %	I _p	I _L	Прочностные		Деформационные				
φ, град						с, МПа	Е, МПа	G, МПа	Е50, МПа	Коэф. пуассона	Бытовое давление, Мпа	
1	30,41	18,88	17,97	11,53	-0,08	36	0,019	28,5	25,9	23,7	0,39	0,18
7	30,29	19,36	18,05	10,93	-0,12	34	0,021	43,6	38,8	32,29	0,39	0,22
8	30,05	19,92	17,69	10,14	-0,22	37	0,026	41,0	40,4	38,14	0,37	0,39
2	29,13	17,72	18,86	11,41	0,10	36	0,027	26,4	25,4	25	0,39	0,15
9	30,75	20,13	18,00	10,62	-0,20	37	0,027	41,21	37,2	37,76	0,39	0,42
3	30,72	20,27	20,43	10,45	0,02	37	0,018	30,01	-	29,64	-	0,24
10	29,52	19,25	19,88	10,28	0,06	38	0,025	33,1	-	23,44	0,38	0,13
4	28,61	18,23	17,89	10,38	-0,03	39	0,026	26,7	28,1	26,85	-	0,14
11	30,08	19,54	18,43	10,54	-0,11	38	0,026	21,7	18,0	20,02	0,39	0,12
5	30,45	19,24	17,80	11,22	-0,13	38	0,023	28,6	24,7	20,11	0,39	0,17
6	30,88	20,07	20,43	10,81	0,03	37	0,020	24,8	9,7	22,42	-	0,13
12	30,17	18,91	20,46	11,26	0,14	37	0,027	15,47	12,86	27,93	0,38	0,17
Ср. знач.	30,09	19,29	18,82	10,80	0,05	37	0,024	Не определяется, так как испытания проходили под разными бытовыми давлениями				

Проанализировав таблицу 17, можно сделать следующие выводы: средний показатель значения влажности равен 30,08%, его максимальное значение – 30,88, а минимальное – 28,61%; для показателя границы текучести среднее значение – 10,79, максимальное значение – 11,53, а минимальное – 10,14; для показателя границы раскатывания среднее значение составило -0,045, максимальное значение согласно таблице 0,14, а минимальный показатель составил -0,22.

Для механических показателей был проведен корреляционный анализ – совокупность методов, устанавливающих наличие связи между случайными величинами и оценивающих степень этой связи [39], в результате были выявлены взаимосвязи с бытовым давлением. По полученным данным для показателей механических свойств от бытового давления были составлены графики зависимости (рис.29).

Полученные регрессионные уравнения, которые можно применять для техногенных грунтов МПИ аналогичных по составу, которые располагаются в исследуемом районе.

Модуль сдвига (7):

$$y = 16,111 \ln(x) + 53,339 \quad (7)$$

$$R^2 = 0,9553$$

Модуль деформации (8):

$$y = 14,658 \ln(x) + 53,971 \quad (8)$$
$$R^2 = 0,9568$$

Модуль деформации E_{50} (9):

$$y = 13,343 \ln(x) + 49,631 \quad (9)$$
$$R^2 = 0,8173$$

где R^2 – квадрат корреляционного отношения.

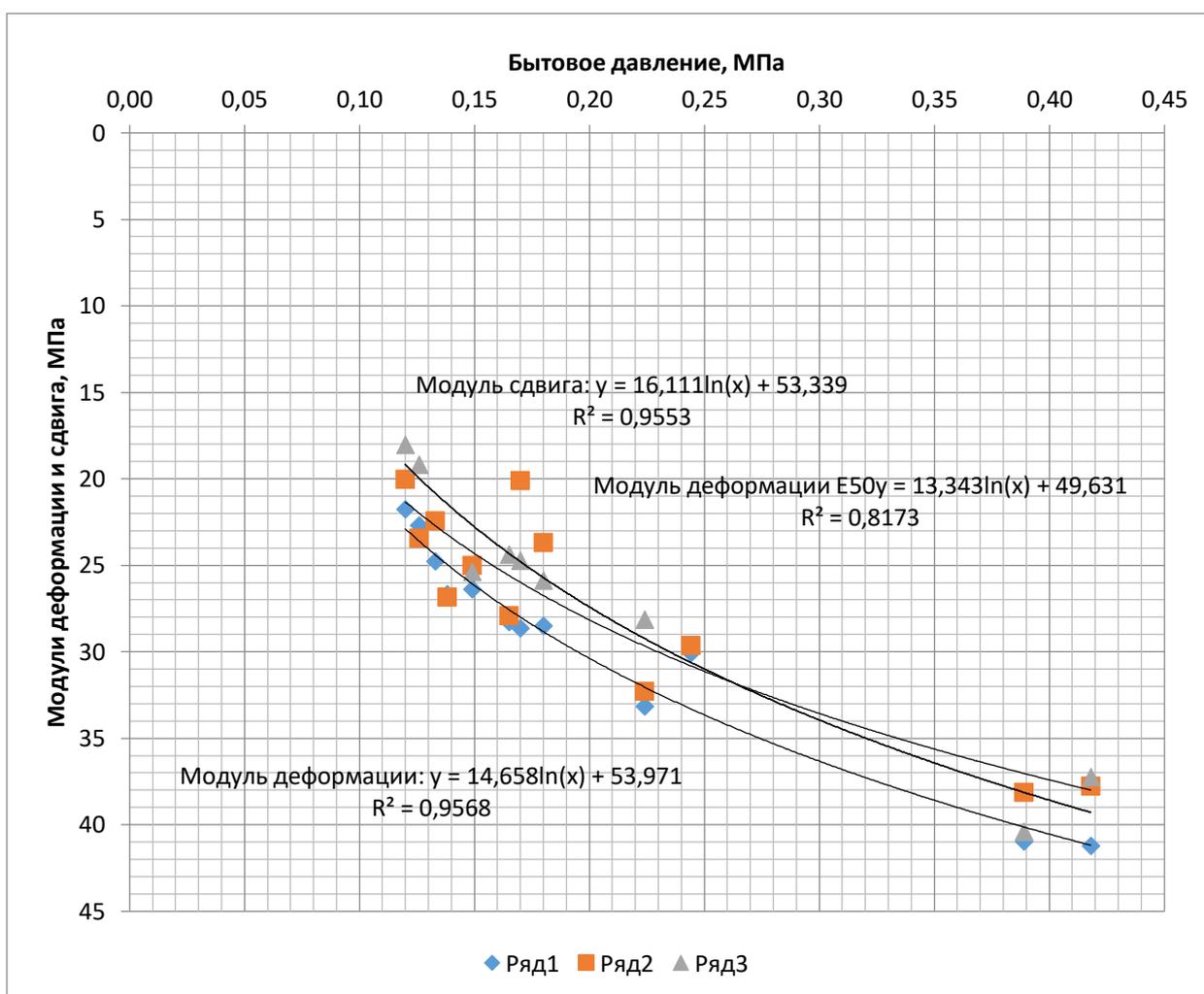


Рисунок 29 – Графики корреляции данных механических свойств исследуемого грунта, где ряд 1 – модули деформации E , ряд 2 – модули деформации E_{50} , ряд 3 – модуль сдвига G

Испытания грунтов показали, что процедуры, применяемые к естественным грунтам для техногенных грунтов не всегда подходят, как например показатели консистенции. Даже если, получается провести испытания в соответствии с методиками, классифицировать грунты техногенные по классификациям естественных глинистых грунтов также сложно. В связи с этим, для столь специфических грунтов определение характеристик консистенции не должно являться обязательной процедурой.

Лабораторные испытания для определения механических показателей техногенных грунтов насыпных и намывных трудно проводить из-за проблем отбора с сохранением естественной структуры, поэтому применяется предварительное уплотнение до естественной или максимальной плотности. Из-за разной степени уплотненности в слоях отвала, соответственно, при разном бытовом давлении, изменялись механические характеристики – модуль сдвига, модуль деформации и модуль деформации E_{50} .

Консолидационные испытания, необходимые для грунтов техногенных (и не только техногенных) проводятся крайне редко, и классификаций для коэффициентов первичной консолидации и ползучести пока нет.

Работа показала, что программа работ с техногенными грунтами может быть применена для грунтов отвалов месторождений твердых полезных ископаемых, но выявленные требуют дальнейшего изучения, корректировки методов и схем испытаний, для дальнейшего классифицирования техногенных грунтов МПИ.

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ81	Даниловой Наталье Владимировне

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость работ: 834 282,12 руб. Размер окладов и выплат исполнителям проекта: 211 667,9 руб. Расходы на материалы: 8 141,1 руб.
2. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления на социальные нужды: 63 923,7 руб.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Планирование работ, построение иерархической структуры ВКР
2. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Таблица проведения ВКР

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *График проведения и бюджет НИИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	к.э.н., доцент		03.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ81	Данилова Наталья Владимировна		03.03.2020

Существуют основные показатели, определяемые при инженерно-геологических изысканиях, а также определяемые в лабораторных условиях. Комплекс проводимых работ зависит от поставленных геологических задач. Прежде всего необходимо составить геологическое задание, спланировать поэтапное исполнение поставленных целей, учитывая временной ресурс на их исполнение – возможно ли параллельное исполнение, либо необходим определенный порядок. Далее необходимо определиться, какие материальные затраты вытекают из поставленных задач. В данной работе временные и материальные затраты складываются из следующих факторов:

- виды и объемы работ;
- геолого-географические условия;
- материально-техническая база предприятия;
- квалификация сотрудников;
- уровень организации работы.

4.1 Затраты времени и труда проводимых работ

Расчет затрат времени произведен по единым нормам времени в соответствии с ССН.

Расчет затрат времени (N_i) по каждому виду работ:

$$N_i = H_{Bp} * K * V_i, \quad (10)$$

где H_{Bp} – норма времени на выполнение единицы i -го вида проектируемых работ;

K – поправочный коэффициент, учитывающий изменение затрат времени в связи с отклонением условий от нормализованных;

V_i – объем i -го вида работ.

Проведем расчет времени, затраченного на получение необходимых данных при исследовании грунта. Согласно нормам времени на определения воднофизических и механических свойств горных пород (грунтов) при инженерно- геологических и гидрогеологических исследованиях (ССН вып.7, табл.7.1) была составлена таблица. (табл. 18)

Таблица 18 – Затраты времени на лабораторные работы

№ п.п	Виды работ	Объём работ	Нормы времени	Затраты времени на объём, ч
1	Гранулометрический состав	40	1,3	52
2	Определение природной влажности	40	0,17	6,8
3	Подготовка проб для определения пластичности	40	0,40	16
4	Пластичность, определение нижней границы текучести и границы раскатывания для супесей и суглинков	40	1,21	48,4
5	Определение плотности	40	0,86	34,4
6	Определение степени устойчивости грунта к выветриванию	12	1,17	14,04
7	Коэффициент выветрелости	12	1,78	21,36
8	Наблюдение за горизонтальными и вертикальными деформациями образца	12	0,8	9,6
9	Сопротивление срезу песчаных и глинистых грунтов на срезных приборах	12	2,57	30,84
10	Обработка результатов испытания	12	1,48	17,76
11	Проведение испытаний для определения компрессии	12	1,17	14,04
12	Построение графика зависимости деформации образца	12	0,08	0,96
Итого:				266,2

Нормы затрат труда по лаборатории инженерно-геологических исследований горных пород (грунтов) приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Затраты труда на лабораторные работы

Наименование должности	Источник нормы	Норма на ед. работ	Затраты труда на весь объем (чел.-дн.)
Начальник лаборатории		0,08	23,76
Инженер-лаборант	ССН-93 вып.7, табл.7.2	0,08	23,76
Техник-лаборант		0,08	23,76
Итого:			71,28

В камеральную работу лаборатории входит обработка данных полученных в следствии испытаний, а также они являются заключительным этапом в исследовании грунтов. Планируемая длительность работ составляет 14 дней.

По проведенным расчетам составим таблицу необходимого времени на весь объем работ.

Таблица 21 – Затраты времени на проектируемые работы

Виды работ	Затраты времени на весь объем работ
Лабораторные работы	266,2 ч – 11 дней
Камеральные работы	14 дней

4.2 Риски проекта

Идентифицированные риски исследования включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в процессе выполнения работ и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Согласно «ГОСТ Р 51901.22-2012 Менеджмент риска. Реестр риска.» бала составлена таблица реестра рисков, возможных при проведении работ. (табл. 22).

Таблица 22 – Реестр рисков

№	Риск	Воздействие	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы минимизирования риска	Причины риска
1	Выход из строя исследовательского оборудования	Задержка в выполнении плана, увеличение сроков	1	2	Средний	Соблюдение техники эксплуатации прибора	Человеческий фактор/износ частей оборудования
2	Несоблюдение порядка подготовок и образцов	Не корректные результаты	2	2	Средний	Контролировать каждый этап/шаг проводимых исследований	Человеческий фактор

4.3 Основная заработная плата

Исходя из расчета затрат времени и труда, необходимо рассчитать основную заработную плату сотрудников, выполняющих комплекс проводимых мероприятий. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

Данный раздел главы включает в себя основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, включая премии, доплаты, и дополнительную заработную плату.

Расчет зарплаты производится по следующей формуле (11):

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (11)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле (12):

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_{\text{раб}}, \quad (12)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно–техническим работником, раб. дн. (табл. 6.4);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (13):

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{м}} * M, \quad (13)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года, при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя.

Месячный должностной оклад работника складывается из (14):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} * (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}, \quad (14)$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия; определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таким образом, основная заработная плата для:

1. Начальника лаборатории:

$$Z_{\text{дн}} = 1\ 620 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = 10\ 206 \text{ руб.}$$

2. Инженера-лаборанта:

$$Z_{\text{дн}} = 705 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = 86\ 926,5 \text{ руб.}$$

3. Техника-лаборанта:

$$Z_{\text{дн}} = 705 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = 86\ 926,5 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы, с учетом дополнительных коэффициентов, приведен в табл. 23.

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	к _р	З _м	З _{дн}	Т _р	З _{осн}
Начальник лаборатории	119,8	1,3	155,8	1 620	6,3	10 206
Инженер-лаборант	52,2	1,3	67,8	705	123,3	86 926,5
Техник-лаборант	52,2	1,3	67,8	705	123,3	86 926,5

Дополнительная заработная плата, составляющая часть общей, предусмотрена законодательством о труде, например, это может быть оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п.

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10–15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении исследования:

1. Начальник лаборатории: $10\ 206 * 0,15 = 1\ 530,9$ руб.;
2. Инженер-лаборант: $86\ 926,5 * 0,15 = 13\ 039$ руб.
3. Техник-лаборант: $86\ 926,5 * 0,15 = 13\ 039$ руб.

Согласно формуле (6.2) приведем сводную таблицу общей заработной платы, сложенной из основной и дополнительной. (табл. 24)

Таблица 24 – Заработная плата исполнителей

Заработная плата	Начальник лаборатории	Инженер-лаборант	Техник-лаборант
Основная зарплата, руб.	10 206	86 926,5	86 926,5
Дополнительная зарплата, руб.	1 530,9	13 039	13 039
Зарплата исполнителя, руб.	11 736,9	99 965,5	99 965,5
Итого С _{зп} :	211 667,9 руб.		

4.4 Стоимость работ

Стоимость инженерно-геологических работ определена по Справочнику базовых цен (2001 г.) на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства (цены приведены к базисному уровню на 01.01.2001 г.).

Индексы изменения сметной стоимости изыскательских работ для строительства к справочникам базовых цен на инженерные изыскания к уровню цен по состоянию на 01.01.2001, учтенному в справочниках базовых цен на инженерные изыскания и сборнике цен на изыскательские работы для капитального строительства с учетом временных рекомендаций по уточнению базовых цен, определяемых по сборнику цен на изыскательские работы для капитального строительства, рекомендованных к применению письмом Минстроя России от 17.12.1992 N БФ - 1060/9, - **50,07** (Письмо Минстроя России от 19.02.2020 N 5414-ИФ/09 «Об индексах изменения сметной стоимости строительства в I квартале 2020 года»).

Цены рассчитаны для условий производства изысканий в средней полосе европейской части Российской Федерации (по уровню заработной платы), благоприятного периода года и нормального режима проведения изыскательских работ.

Дополнительно введен районный коэффициент.

$k_p = 1,3$ – коэффициент к итогу сметной стоимости в зависимости от районного коэффициента к заработной плате (общие указания п.8 табл.3.).

Также необходимо учитывать отчисления на социальные нужды = 30,2% (от основной и дополнительной зарплаты). Социальные нужды предполагают отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = 211\ 667,9 * 0,302 = 63\ 923,7 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды (30,2% от статьи заработной платы) составили 63 923,7 рубля.

Расходные материалы, тратящиеся на проведение исследований, следует оценить в 5% (от основной и дополнительной зарплаты, без районного коэффициента к зарплате).

$$C_{\text{накл}} = 211\ 667,9/1,3*0,05 = 8\ 141,1 \text{ руб.}$$

Общий расчет сметной стоимости работ представлен в таблице 25.

Таблица 25 – Сметно-финансовый расчет работ по проекту

№	Виды работ	Кол-во опреде лений	Обоснов ание цены	Един. сметная стоим., руб.	Расчет стоимости	Стоимос ть, руб.
Лабораторные работы						
1	Определение влажности	40	табл.62	4,0	40*4,0*50,07	8011,2
2	Гранулометрически й анализ ситовым методом и методом ареометра, с разделением на фракции от 10 до 0,005мм	40	табл.62	17,6	40*17,6*50,07	35249,28
3	Плотность	40	табл.62	4,5	40*4,5*50,07	9012,6
4	Коэффициент выветрелости	12	табл. 76	9,5	12*9,5*50,07	5707,98
5	Консолидированно- недренированное испытание	12	табл.66	367,5	12*367,5*50,0 7	220808,7
6	Уплотнение	12	табл.62	14,4	12*14,4*50,07	8652,1
7	Подготовка проб к испытаниям	40	табл.76	0,9	40*0,9*50,07	1802,52
8	Консистенция	40	табл.63	20,2	40*20,2*50,07	40456,56
9	Определение сопротивления грунта срезу и компрессионные испытания	12	табл.63	193,0	12*193,0*50,0 7	115962,1 2
						445663,6
Камеральные работы						
10	Камеральная обработка лабораторных исследований грунтов		табл.86	20%	20% от 445663,6	89132,61

Продолжение таблицы 25

Итого стоимость основных расходов проектируемых работ:	534796,2
Итого сметная стоимость работ с учетом районного коэффициента $k_p = 1,3$:	695235,1
НДС 20%	139047,0
Итого сметная стоимость работ, руб.:	834282,1

Весь комплекс работ будет выполняться в определенной последовательности. Сметная стоимость работ по исследованию физико-механических свойств грунта с учетом НДС равна 76 335,2 рублей.

Составим общую сводную таблицу по затратам, учитывающую выплаты заработной платы сотрудникам, затраты на проведение испытаний, социальные выплаты, расходы на материал. (табл. 26)

Таблица 26 – Общая сумма

Расходы	Сумма, руб.
Заработная плата исполнителей	211 667,9
Социальные нужды	63 923,7
Расходы на материалы	8 141,1
Стоимость проводимых работ	834 282,12
Итого:	1 118 014,82 руб.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 2ВМ81	ФИО Даниловой Наталье Владимировне
------------------------	--

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Тема работы: «Исследование состава и физико-механических свойств техногенных грунтов отвалов месторождений полезных ископаемых (на примере Ведугинского золоторудного месторождения Енисейского кряжа)» Лаборатория по исследованию грунта, где возможно возникновение отклонений показателей микроклимата в помещении, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенная запыленность воздуха рабочей зоны при работе с пылеватými грунтами, превышение уровней шума при использовании соответствующего оборудования
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	ГОСТ 12.1.003-83 ГОСТ 12.1.005-88 СП 112.13330.2011 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Р 2.2.2006-05 ГОСТ 12.1.038-82 ГОСТ 12.1.030-81 СанПиН 2.1.6.1032-01 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 СанПиН 2.2.4.548-96 Трудовой кодекс Российской Федерации
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	- механическая опасность от оборудования; - термическая опасность при использовании ряда оборудования; - воздействие электрического тока; - повышенный уровень шума; - пожаровзрывоопасность.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	- удар электрическим током; - получение термических ожогов; - физическая травма при использовании оборудования.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	08.04.20
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна	-		03.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ81	Данилова Наталья Владимировна		03.03.2020

5 Социальная ответственность

Введение

В данном проекте работы проводятся в лаборатории по исследованию грунтов. Этапы изучения и исследования материала осуществляются с применением механического оборудования, а также за рабочим местом с использованием компьютера и документов.

Цель проекта заключается в исследовании физико-механических свойств техногенных грунтов, систематизации методик работ, составлении методик работ. Для получения необходимых данных изучается состав проб грунта, физико-механические свойства, строится геологический разрез, а также проводятся необходимые расчеты.

Для работы над проектом в лабораторию «Грунтоведение и механика грунтов ИШПР ТПУ» были доставлены техногенные грунты из отвалов пустых пород территории Ведугинского золоторудного месторождения в районе Енисейского кряжа. Было отобрано 40 проб грунта для полного комплекса испытаний. Пробы были отобраны из тела дамбы, которая изучается для реконструкции – это пробы крупнообломочных грунтов представленные метаморфизированными сланцами.

Научная новизна полученных результатов заключается в составлении методики работы с техногенными грунтами на Ведугинском месторождении, а также выявлении и систематизации ранее использованных методик при строительстве и эксплуатации техногенных грунтов на различных территориях, так как полученный грунт обусловлен нестандартными характеристиками и представляет сложность в определении.

Для решения поставленных целей и предусматриваются следующие виды работ:

- лабораторные работы;
- камеральные работы.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При работе в лабораторных условиях работ необходимо руководствоваться РД 39-090-91 Инструкция по безопасному ведению лабораторных инженерно-геологических работ [41].

Законодательство Российской Федерации об охране труда состоит из соответствующих норм Конституции Российской Федерации, Федерального Закона об основах охраны труда в Российской Федерации и издаваемых в соответствии с ними

законодательных и иных нормативных и подзаконных актов Российской Федерации и республик в составе Российской Федерации. Подзаконными актами являются правовые акты, издаваемые компетентными органами государственного управления во исполнение действующих законов.

В соответствии со ст. 37 Конституции Российской Федерации каждый человек имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены. Согласно ст. 41 Конституции РФ каждый имеет право на охрану здоровья.

Основными направлениями государственной политики в области охраны труда являются:

- признание и обеспечение приоритета жизни и здоровья работников по отношению к результатам производственной деятельности предприятия;
- установление единых нормативных требований по охране труда для предприятий всех форм собственности независимо от сферы хозяйственной деятельности и ведомственной подчиненности;
- государственное управление деятельностью в области охраны труда, включая государственный надзор и контроль за соблюдением законодательных и иных нормативных актов об охране труда и т.д.

Право работника на охрану труда закреплено в ст. 4 Федерального Закона об основах охраны труда в Российской Федерации.

Право работников на здоровые и безопасные условия труда закрепляется в Трудовом кодексе РФ [53]. В содержание Трудового кодекса входят разделы: Трудовой договор, Рабочее время, Время отдыха, Гарантии и компенсации, Охрана труда, Профессиональная подготовка, переподготовка и повышение квалификации работников, Трудовой распорядок, дисциплина труда, Материальная ответственность сторон трудового договора и другое.

В соответствии с федеральным законодательством о труде и об охране труда предприятия, учреждения и организации обязаны создавать здоровые и безопасные условия труда, обеспечение которых возлагается на администрацию. Администрация обязана внедрять современные средства техники безопасности, предупреждающие производственный травматизм, и обеспечивать санитарно-гигиенические условия, предотвращающие возникновение профессиональных заболеваний работников.

Наряду с указанными законами в Российской Федерации действует Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Это единый свод взаимосвязанных норм и правил, направленных на обеспечение безопасности труда. ССБТ устанавливает классификацию опасных и вредных производственных факторов, методы оценки безопасности труда;

требования к организации работ по обеспечению безопасности труда; требования безопасности к производственному оборудованию; требования безопасности к производственным процессам; требования к средствам защиты работающих; требования безопасности к зданиям и сооружениям. Стандарты ССБТ подразделяются на государственные, республиканские, отраслевые и стандарты предприятий.

5.2 Производственная безопасность

Выявленные вредные факторы на лабораторном и камеральном этапах:

- отклонение показателей микроклимата в помещении;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- превышение уровней электромагнитных излучений;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- превышение уровней шума;
- монотонность труда;
- умственное перенапряжение.

Нормативные документы, характеризующие опасные и вредные факторы, формирующиеся при производстве данных видов работ, представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Основные элементы производственного процесса, формирующие вредные и опасные факторы

Наименование запроюкированных видов работ и параметров производственного процесса Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Буровые работы	Лабораторные работы	Камеральные работы	
Электрический ток	-	+	+	ГОСТ 12.1.003-83 ГОСТ 12.1.005-88 СП 112.13330.2011 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Р 2.2.2006-05 ГОСТ 12.1.038-82 ГОСТ 12.1.030-81 СанПиН 2.1.6.1032-01 СанПиН 2.2.1./2.1.1.1278-03 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 СанПиН 2.2.4.548-96
Пожароопасность	-	+	+	
Отклонение показателей микроклимата в помещении	-	+	+	
Недостаточная освещенность рабочей зоны	-	+	+	
Превышение уровней электромагнитных излучений	-	+	+	

Продолжение таблицы 27

Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны	-	+	-	
Превышение уровней шума	-	+	-	
Монотонность труда	-	+	+	
Умственное напряжение	-	+	+	

5.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Отклонение показателей микроклимата в помещении:

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

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 [52].

Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочем помещении представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, t°С	Относительная влажность воздуха, φ%	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин t° _{опт}	Диапазон выше оптимальных величин t° _{опт}			Если t° < t° _{опт}	Если t° > t° _{опт}
Холодный	Па	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
	Іб	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
Теплый	Па	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4
	Іб	20,0-21,9	24,1-28,0	15,0-29,0	15-75	0,1	0,3

Примечание: К категории Па относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151–200 ккал/час, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

К категории Ib относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121–150 ккал/час, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

В рабочей зоне производственного помещения должны быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия, соответствующие СанПиН 2.2.4.548-96[52]. Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры – обычными системами вентиляции и отопления.

В помещениях 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°C.

В 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. При небольшой загрязненности наружного воздуха система вентиляции осуществляется с переменными расходами наружного воздуха и циркуляционного. Системы охлаждения и кондиционирования устройств ПК должны проектироваться исходя из 90%-ной циркуляции. При значительном загрязнении наружного воздуха в зависимости от эксплуатационных затрат на очистку воздуха расходы наружного и циркуляционного воздуха должны определяться технико-экономическим расчетом.

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%.

Нормирование освещенности производится в соответствии с СанПиН 2.2.1./2.1.1.1278-03[50]. В нормах регламентируется ряд требований к качеству освещения: равномерное распределение яркости и отсутствие резких теней; в поле зрения должна отсутствовать прямая и отраженная блескость; освещенность должна быть постоянной во времени; оптимальная направленность светового потока; освещенность должна иметь спектр, близкий к естественному [50].

При работе на ПК, как правило, применяют одностороннее боковое естественное освещение. Причём светопроёмы с целью уменьшения солнечной инсоляции устраивают с северной, северо-восточной или северо-западной ориентацией. Если экран дисплея обращен к оконному проёму, необходимы специальные экранирующие устройства, снабжённые светорассеивающими шторами, жалюзи или солнцезащитной плёнкой. В тех случаях, когда одного естественного освещения недостаточно, устраивают совмещённое освещение. При этом дополнительное искусственное освещение применяют не только в тёмное, но и в светлое время суток.

Для искусственного освещения помещений следует использовать светильники с люминесцентными лампами общего освещения диффузные ОД-2-80. Светильник имеет следующие технические характеристики: 2 лампы по 80 Вт; длина лампы 1531 мм, ширина 266 мм, высота 198 мм, КПД = 75 %, светораспределение прямое.

Для исключения засветки экранов дисплеев прямыми световыми потоками светильники общего освещения располагают сбоку от рабочего места, параллельно линии зрения оператора и стене с окнами.

Согласно действующим Строительным нормам и правилам для искусственного освещения регламентирована наименьшая допустимая освещённость рабочих мест, а для естественного и совмещённого – коэффициент естественной освещённости (КЕО). При выполнении работ высокой зрительной точности величина коэффициента естественной освещённости должна быть больше или равна 1,5%. Нормирование освещённости производится в соответствии с межотраслевыми нормами и правилами, которые устанавливают минимальный (нормативный) показатель освещённости – это СП 52.13330.2016 [59] и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [50].

Нормы освещённости зависят от принятой системы освещения. Так, при комбинированном искусственном освещении, как более экономичном, нормы выше, чем при общем. При этом освещённость, создаваемая светильниками общего освещения, должна составлять не менее 300–500 лк, а комбинированная – 750 лк [50].

Кроме количественных, нормируются и качественные показатели освещённости. Так, для ограничения неблагоприятного действия пульсирующих световых потоков газоразрядных ламп установлены предельные значения коэффициентов пульсации освещённости рабочих мест в пределах 10–20% в зависимости от разряда зрительной работы. Рекомендуемая освещённость для работы с экраном дисплея составляет 200 лк, а при работе с экраном в сочетании с работой над документами – 400 лк по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [50].

Превышение уровней электромагнитного излучения:

Персональные компьютеры являются источниками широкополосных электромагнитных излучений: мягкого рентгеновского, ультрафиолетового, ближнего инфракрасного, радиочастотного диапазона, сверх- и инфра низко частотного, электростатических полей.

Оценка опасности воздействия магнитного поля на человека производится по величине электромагнитной энергии, поглощенной телом человека. Уровни допустимого облучения определены в ГОСТ 12.1.006-84[54]. Нормативными параметрами в диапазоне частот 60 кГц – 300 МГц являются напряженности E и H электромагнитного поля. В диапазоне низких частот интенсивность излучения не должна превышать 10 В/м по электрической составляющей, а по стандартам MPR II не должна превышать 2.5 В/м по электрической и 0.5 А/м по магнитной составляющей напряженности поля.

К основным методам защиты от электромагнитных излучений относятся: рациональное размещение излучающих и облучаемых объектов; ограничение времени нахождения работающих в электромагнитном поле (не более двух часов в день); защита расстоянием (не менее 600-700 мм от экрана дисплея).

Превышение уровня шума на рабочем месте:

В лабораторном этапе выполнения инженерно-геологических исследований, шум вызывают дробильные установки. Предельно допустимые значения, характеризующие шум, регламентируются ГОСТ 12.1.003-83[42].

Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука

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

На лабораторном этапе эффективными мероприятиями по борьбе с вредным фактором являются:

1. Правильная организация труда и отдыха (устройство кратковременных перерывов в работе).

2. Применение средств индивидуальной защиты (противошумные вкладыши, противошумные наушники, шлемофоны и др.).

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 напряженность труда проводится в соответствии с руководством Р 2.2.2006-05[46].

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).

В соответствии с Р 2.2.2006-05 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;
- целесообразность пятидневной рабочей недели с двумя выходными днями

поочередно [53].

Элементами рационального режима труда и отдыха являются производственная гимнастика и комплекс мер по психофизиологической разгрузке, в том числе функциональная музыка.

5.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя

Выявленные опасные факторы:

- электрический ток;
- статическое электричество.

Электрический ток

Действие электрического тока на организм человека носит многообразный характер. Проходя через организм человека, электрический ток вызывает термическое, электролитическое и биологическое действие.

Характер и последствия воздействия на человека электрического тока зависят от следующих факторов: электрического сопротивления тела человека ($R_{ч}$); величины напряжения (E) и сила тока (J); продолжительности воздействия электрического тока (t); пути тока через тело человека; ода и частоты электрического тока; условий внешней среды; индивидуальные свойства человека.

При гигиеническом нормировании ГОСТ 12.1.038–82 [47] устанавливаются предельно допустимые напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц.

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 с – 2 мА, при 10 с и менее – 6 мА.

Помещение лаборатории и камерального отсека с компьютерами по опасности поражения людей электрическим током, согласно Р 2.2.2006-05 [46], относится к

помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током, которые характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность:

- влажность не превышает 75%;
- температура не превышает 35°C;
- отсутствуют токопроводящая пыль;
- отсутствуют токопроводящие полы;
- возможность одновременного прикосновения человека к имеющим

соединения с землёй металлоконструкциям зданий, механизмов, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности: организация регулярной проверки изоляции токоведущих частей оборудования лаборатории и камерального помещения; защитное заземление, с помощью которого уменьшается напряжение на корпусе относительно земли до безопасного значения; зануление; автоматическое отключение; обеспечение недоступности токоведущих частей при работе; регулярный инструктаж по оказанию первой помощи при поражении электрическим током. Нормативные документы: ГОСТ 12.1.019-79 [56], ГОСТ 12.1.030-81 [48], ГОСТ 12.1.038-82[47].

Статическое электричество

Источником статического электричества является – электростатическое поле (ЭСП), возникающее в результате облучения экрана монитора ПК 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 [57] в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах. Предельно допустимый уровень напряжения ЭСП $E_{\text{пред}}$ равен 60 кВ/м в течение 1ч.

Мероприятия:

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 [57].

Пожароопасность и взрывоопасность на камеральном и лабораторном этапах

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

Взрыв – чрезвычайно быстрое химическое (взрывчатое) превращение, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить механическую работу.

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

Основными причинами пожаров в помещении являются:

1. Причины электрического характера (короткие замыкания, перегрев проводов).
2. Разряд зарядов статического электричества [57].

Основные мероприятия:

Для устранения причин пожара электрического характера необходимо: регулярно контролировать сопротивление изоляции электрической сети, принять меры от механических повреждений электрической проводки. Во всех электрических цепях устанавливается отключающая аппаратура (предохранители, магнитные пускатели, автоматы). Сечение проводов электрической сети должно соответствовать установленной мощности.

Защиту от статического электричества осуществляют по двум основным направлениям: уменьшение генерации электрических зарядов и устранение зарядов статического электричества. Для реализации первого направления необходимо правильно подбирать конструкционные материалы, из которых изготавливаются машины, оборудование. Они должны быть слабо электризующими или не электризующими. Для снятия зарядов статического электричества с поверхности технологического оборудования его заземляют. Для снижения удельного поверхностного электрического сопротивления перерабатываемых материалов (древесины, бумаги, ткани и т.д.) повышают относительную влажность в этом помещении.

В основу существующих нормативов пожарной профилактики положены принципы классификации веществ, производств, помещений в зависимости от пожарной и взрывопожарной опасности.

Все инженерно-технические работники и рабочие, вновь принимаемые на работу, проходят специальную противопожарную подготовку, которая состоит из первичного и вторичного противопожарных инструктажей. По окончании инструктажей проводится проверка знаний и навыков. Результаты проверки оформляются записью в «Журнал регистрации обучения видов инструктажа по технике безопасности» согласно ГОСТ 12.1.004-91[58].

Ответственные за пожарную безопасность обязаны: не допускать к работе лиц, не прошедших инструктаж по соблюдению требований пожарной безопасности; обучать подчиненный персонал правилам пожарной безопасности и разъяснять порядок действий в случае возгорания или пожара; осуществлять постоянный контроль за соблюдением всеми рабочими противопожарного режима, а также своевременным выполнением противопожарных мероприятий; обеспечить исправное содержание и постоянную готовность к действию средств пожаротушения; при возникновении пожара применять меры по его ликвидации.

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

Средства пожаротушения: в помещениях имеются ручные порошковые огнетушители, расположенные на пожарных щитах белого цвета с красной окантовкой.

5.5 Экологическая безопасность

При проведении лабораторных исследований в воздух выделяются вредные и опасные твердые и жидкие вещества, а также пары и газы, образуется повышенная запыленность воздуха рабочей зоны. 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 [57].

Биологическая активность пыли зависит от ее химического состава. Фиброгенность пыли определяется содержанием в ней свободной двуокиси кремния (SiO_2). Пыль железной руды содержит до 30% свободной 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 (SiO_2), развивается наиболее известная форма пневмокониоза – силикоз.

Для воздуха рабочей зоны производственных помещений и открытых площадок в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88[43] устанавливают 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 таблице 30.

Таблица 30 – Предельно-допустимые концентрации пыли (ГОСТ 12.1.005-88)

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

Мероприятия для снижения содержания пыли в воздухе рабочей зоны:

- увлажнение обрабатываемых материалов предупреждает пыление, попадание частиц пыли в воздух рабочей зоны;
- применение вытяжной местной вентиляции;
- применение средств индивидуальной защиты.

В ряде случаев 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 [53].

Фильтрующими приборами (респираторами) 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%.

5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При работе с электрическими установками на производстве, приборами в быту следует соблюдать требования электробезопасности. Они представляют собой систему организационных и технических мероприятий и средств, которые обеспечивают защиту людей от вредного и опасного действия электрического тока.

Для предотвращения удара электрическим током необходимо соблюдать ряд мероприятий по обеспечению электробезопасности: необходима регулярной проверка изоляции токоведущих частей оборудования лаборатории и камерального помещения; обязательно наличие защитное заземление, с помощью которого уменьшается напряжение на корпусе относительно земли до безопасного значения; должно быть предусмотрено автоматическое отключение; обеспечение недоступности токоведущих частей при работе;

также необходимо проводить регулярный инструктаж по оказанию первой помощи при поражении электрическим током среди сотрудников лаборатории. Нормативные документы: ГОСТ 12.1.019-79[56], ГОСТ 12.1.030-81[48], ГОСТ 12.1.038-82[47].

Для того, чтобы избежать такой опасной ситуации, как физическая травма при исправном оборудовании необходимо действовать согласно РД 39-090-91[41]. Во избежание травмирования в случае обрыва троса при загрузке и разгрузке приборов необходимо соблюдать предельно возможную дистанцию (20-25 см). Для предохранения рук от механических заноз и защемления гирями загрузку и разгрузку приборов необходимо производить в суконных перчатках. Дробильные работы, связанные с выделением пыли (кварцевой, силикатной, слюистой) необходимо производить в специально оборудованных помещениях. Каждая дробильная установка должна быть оборудована индивидуальным вытяжным устройством, прочными защитными ограждениями. При работе дробильного оборудования запрещается: регулировать размер выходной щели; проталкивать застрявшие куски пород; заглядывать в дробилку; производить чистку, смазку оборудования; касаться движущихся частей; работать без средств индивидуальной защиты (спецодежды, рукавиц, предохранительных очков, брезентовых фартуков, противопыльных респираторов). Дробление пород ручным способом допускается только в закрытых ступах, при этом дробильщик должен пользоваться предохранительными очками.

Во избежание термических ожогов при работе с оборудованием, следует придерживаться требований, согласно РД 39-090-91[41]. При работе с сушильными шкафами необходимо соблюдать следующие требования: сушильные шкафы следует устанавливать на асбестовые листы; включать сушильные шкафы необходимо только при исправной работе вытяжного устройства; запрещается эксплуатация сушильных шкафов без заземления корпуса, без термометра; запрещается помещать в камеру шкафа легковоспламеняющиеся жидкости и материалы.

Работы по прокаливанию грунтов следует производить в муфельных печах, установленных в металлических вытяжных шкафах на металлическом основании, при включенной вытяжке.

Выводы

Работа по исследованию грунтов предполагает работу с техническим оборудованием, высоким шумом, запыленностью, а также работу за компьютером, сидячее положение и высокое умственное напряжение. При соблюдении ряда

мероприятий по сокращению и минимизированию вредных воздействий, описанных выше, можно избежать неблагоприятных воздействий, ограничить сотрудников и исполнителей работы от травм, а также повысить эффективность и результативность работы. Вышеперечисленные мероприятия рекомендуется проводить и можно применять при работе в аналогичных лабораториях.

Практическая значимость раздела заключается в применении всех рассмотренных ситуаций и воздействий на человека во время проведения всех необходимых исследований в рамках лаборатории, обезопасит сотрудников, окружающую среду, предупредит возникновение чрезвычайных ситуаций. Если придерживаться всех описанных рекомендаций и соблюдать нормы и правила, представленные в нормативных документах, то вероятность возникновения негативных последствий снизится к минимуму, а при возникновении каких-то неисправностей – возможно их быстрое исправление, согласно мероприятиям по снижению уровня воздействия.

Заключение

В рамках проведенного исследования были выполнены все поставленные задачи: систематизированы и проанализированы методы исследования полученных техногенных грунтов, была составлена полная программа исследования, которая также была применена в данной работе.

При апробации программы-алгоритма испытаний на пробах были проведены исследования на получение физических и механических показателей грунта. Изучаемые свойства требовали дополнительных и индивидуальных способов реализации. Испытания грунта проводились в его естественном состоянии.

Для техногенных грунтов была приведена классификация для коэффициентов первичной консолидации, полученных при проведении консолидировано-дренированного испытания. Также работа показала, что программа работ с техногенными грунтами может быть применена для грунтов отвалов месторождений твердых полезных ископаемых, но выявленные требуют дальнейшего изучения, корректировки методов и схем испытаний, для дальнейшего классифицирования техногенных грунтов.

При обработке полученных данных использовался метод корреляции. В ходе обработки результатов были получены регрессионные логарифмические уравнения, которые можно использовать при изучении других месторождений природных ископаемых, располагающихся на территории Енисейского кряжа, так как геологическое строение данного района предполагает аналогичное залегание грунта и аналогичное освоение территории, в ходе которого образуются техногенные грунты.

Полученные уравнения носят вероятностный характер, но рекомендуются к применению при изучении причинно-следственных связей между изучаемыми физико-механическими свойствами на исследуемой территории. Полученные регрессионные уравнения упрощают работу на этапе лабораторного исследования грунта, выгодны с точки зрения экономии денежных средств, сохраняют ресурсоэффективность сотрудников лаборатории, имеют структурированную схему, что помогает сохранить временной ресурс.

Список публикаций студента

1. Данилова Н.В. Систематизация методов исследования техногенных грунтов на примере месторождения полезных ископаемых Енисейского кряжа/ Данилова Н.В.; науч. рук. Крамаренко В.В.// Проблемы геологии и освоения недр: материалы XXIV международного научного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, г.Томск, 6-10 апреля 2020 г. (в печати).

Список использованных источников

1. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095052>
2. Основания, фундаменты и подземные сооружения [Текст]/ М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов [и др.]; под общ. Ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
3. О необходимости комплексного изучения свойств техногенных грунтов и использования их в качестве оснований зданий [Текст]/ С.А. Сазонова, А.Б. Пономарев. – Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. №2. 2013 – 98 с.
4. О необходимости комплексного изучения свойств техногенных грунтов и использования их в качестве оснований зданий [Текст] / Сазонова С.А., Пономарев А.Б. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2013. – № 2. – С. 98–106.
5. Влияние процесса подтопления на физико-механические свойства грунтов [Текст] / Пономарев А.Б., Калошина С.В., Салимгариева Н.И. //Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2013. – № 1. –С. 67–70.
6. Строительство на урбанизированных территориях [Текст] / А.Б. Пономарев, С.В. Калошина, С.И. Старцева, М.А. Безгодков. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 199 с.
7. Применение экспресс-метода при оценке свойств техногенных грунтов [Текст] / С.А. Сазонова, А.Б. Пономарев // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. №4. 2014 – 159 с.
8. Анализ строительства на техногенных грунта в г.Перми [Текст]/А. Б. Пономарев, А. В. Захаров // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2013. – 272 с.
9. Особенности инженерно-экологических условий территорий распространения техногенных грунтов [Текст] / С.К. Николаева, Е.Н. Огородникова // Геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, - 64 с.
10. Предпосылки и признаки золоторудной минерализации северовосточного склона Енисейского кряжа и перспективы промышленной золотоносности [Текст] / Фисенко В.Г. – Диссертация. – 124 с.
11. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12248-2010>

12. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200007405>
13. Руководство по технике безопасности на инженерно-изыскательских работах при строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/39/39150/>
14. Качевский, Л. К. Геологическая карта масштаба 1:500 000 Енисейского кряжа. Объяснительная записка. Подготовка к изданию геологической карты масштаба 1:500 000 Енисейского кряжа [Карта] / Л.К. Качевский, Г.И. Качевская, Ж.М. Грабовская. – Красноярск, 1993. – 229 с. – Фонды Красноярского филиала ФГУ «ТФГИ по СФО» - Инв. № 26540.
15. Качевский, Л.К. Подготовка обновленной опорной легенды Енисейской серии для государственных геологических карт масштаба 1:200 000 нового поколения [Карта] / Л.К. Качевский, Г.И.Качевская. – Красноярск, 1999. – 239 с. – Фонды Красноярского филиала ФГУ «ТФГИ по СФО» – Инв. № 27050.
16. ГОСТ 17.5.1.02-85 Охрана природы (ССОП). Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003375>
17. РСН 51-84 Инженерные изыскания для строительства. Производство лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901708520>
18. ГОСТ 25584-2016 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200141112>
19. ГОСТ 23740-2016 Грунты. Методы определения содержания органических веществ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200143232>
20. Мансуров, Р. Х. Минерализованные зоны рудопроявления Южное как пример высокого потенциала золотоносности восточного склона Енисейского кряжа [Карта] / Р. Х. Мансуров // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология. – 2016. – № 3. – С. 95-102.
21. Огородникова Е.Н., Николаева С.К. Техногенные грунты [Текст] / Огородникова Е.Н., Николаева С.К. // М.: Изд. МГУ, 2004. – 249 с.

22. Классификации техногенных грунтов [Текст] / Афонин А.П., Дудлер И.В., Зиангиров Р.С., Лычко Ю.М., Огородникова Е.Н., Спиридонов Д.В., Черняк Э.Р., Дроздов Д.С. // Инженерная геология, № 1, 1990. – 115-121 с.
23. СП 47.13330 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456045544>
24. ГОСТ 22733-2016 Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200137273>
25. Техногенные месторождения, способы их формирования и переработки [Текст]: учеб. пособие / Московский Государственный геологоразведочный университет; сост. А.А. Верчеба, С.В. Маркелов. – Москва, 2003. – 66 с.
26. Геотехнические свойства грунтов: учебно-методическое пособие [Текст]: учеб. пособие // П.А. Фонарёв [и др.]; под ред. П.А. Фонарёва. – М.: МАДИ, 2017. – 56 с.
27. Научно-прикладной справочник «Климат России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aisori.meteo.ru>
28. Neoproterozoic accretionary and collisional events on the western margin of the Siberian craton: new geological and geochronological evidence from the Yenisei ridge [Text] / Vernikovskiy V.A., Vernikovskaya A.E., Kotov A.B., Sal'nikova E.B., Kovach V.P. // Journal of Tectonophysics. – 2003. – V. 1(4). – P. 147-168.
29. Рифейские и нижнекембрийские строматолиты Тянь-Шаня и Каратау [Текст] / Крылов И.Н – М.: Наука, 1967 г. – 88 стр.
30. СП 115.13330.2016 Геофизика опасных природных воздействий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054202>
31. СП 45.13330.2017 Земляные сооружения, основания и фундаменты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456074910>
32. ГОСТ 12536. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. Общие положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200116022>
33. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200126371>
34. Интерактивная электронная карта недропользования Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://map.mineral.ru>

35. ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200084869>
36. Грунтоведение [Текст]/ Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 1024с.
37. ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний
38. ГОСТ 21153.3-85 Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200023974>
39. Кремер Н.Ш., Пцтко Б.А. Эконометрика: Учебник для вузов [Текст]/ Под ред. проф. Н.Ш. Кремера. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. 311 с.
40. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071>
41. РД 39-090-91 Инструкция по безопасному ведению лабораторных инженерно-геологических работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rdocs3.kodeks.ru/document/1200056193>
42. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200291>
43. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003608>
44. СП 112.13330.2011 Пожарная безопасность зданий и сооружений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/871001022>
45. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901865498>
46. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200040973>
47. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений

- прикосновения и токов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200313>
48. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200289>
49. СанПиН 2.1.6.1032-01 Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901787814>
50. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901859404>
51. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901703278>
52. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901704046>
53. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020). – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс». СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение
54. ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200272>
55. Швец В.Б. Элювиальные грунты как основания сооружений [Текст] / – Швец В.Б. //2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1993. – 224 с.
56. ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200302>
57. ГОСТ 12.1.045-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9051575>

58. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9051953>
59. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054197>

Приложение А
(справочное)

Раздел 1

Literature review on the topic «Man-made soil and data processing»

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ81	Данилова Наталья Владимировна		10.06.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Крамаренко Виолетта Валентиновна	к.г.-мн.н., доцент		10.06.2020

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Болсуновская Людмила Михайловна	к. фил. н., доцент		10.06.2020

Introduction

In this paper, the problem to study is the man-made soil and its properties. It is different. Therefore, difficulties arise. The knowledge of man-made soil is low. To explore such a soil, you need more financial resources, more time to study the soil. It is also difficult to predict operating conditions during construction on man-made soil. To simplify the work, you need to create a system, summarize the information.

A man-made soil with a complex composition was delivered to the laboratory. After a series of standard studies, it was difficult to determine the type of soil. After additional compression tests, it was determined that this soil is loam. The type of soil was difficult to determine when testing for flow of ground and rolling.

Systematization of data made it possible to compile and apply a general program for the study of man-made soils. For rocky soils, these are indicators of humidity, density, weathering, tensile strength.

For dispersed coarse-grained soils, it is necessary to study such indicators as particle size distribution, humidity, density, yield and rolling boundaries, compressibility coefficient, internal friction modulus, specific adhesion

For dispersed sandy soils, humidity, density, angle of repose, and filtration coefficient are also calculated, and for dispersed clay soils, they are the compressibility coefficient, deformation modulus, angle of internal friction, specific adhesion, resistance, tension, compression, and wettability.

As for dispersed organic soils, an important method for determining the particle size distribution is the calcination method, and for ash, slag and bulk soils, the indicators of swelling, sedimentation and compressibility are determined

The research program includes physical and mechanical methods.

6.1 Brief test description

Mechanical and physical properties of rocks have a great importance in terms of engineering activities (architecture, mining and civil engineering) related to rock engineering. The performance of rock under the action of load depends upon mechanical and physical properties of those materials. The mechanical properties of the material show how the soil reacts to how the environment acts on it. Some of the main properties of rock necessary to consider in the design of structures are; dry unit weight, porosity, static and dynamic strength, internal friction angle, cohesion, modulus of elasticity, density, impact resistance, abrasion, etc., they are

very important for safely and economically design of engineering structures, and in deciding whether the rock is suitable for engineering purposes. The strength of the rock is a characteristic that shows what external load the soil can withstand when exposed to it. The kind of the externally applied force is relation to intended use of rock material. It may be a compression force, a tensile force, an abrasion force, an impact force or a combination of them [4].

In many tasks of geotechnical practice, we often need to know the values of soil shear strength parameters: angle of internal friction and cohesion. These values can be obtained during field tests, when the soil is examined on site, or in the laboratory, using the necessary equipment [2].

The strength of the soil and its characteristics determine the deformation properties.

The deformation properties of the soil are measured by the following indicators:

- The strength of the soil - the ability to resist external influences - is estimated by the tensile strength of uniaxial compression (the maximum load that the soil can withstand without breaking). Measured in MPa;
- The friction angle depends on the type of soil, for sandstones it is 25-45 units, for silty clays - from 7 to 30 units. Also an indicator of the strength characteristics of the soil is the coefficient of internal friction;
- Specific adhesion is the resistance of specific bonds within the soil to the movement of its particles. Measured in kPa or kg / cm²;
- The deformation modulus E (soil stiffness characteristic) is the coefficient of strain dependence of stress.

Indicators that affect the deformation characteristics of soils:

- Granulometric composition of the soil (the size of its particles). The finer the particles, the higher the density and lower the deformation properties;
- Soil porosity (the denser the soil, the higher its strength characteristics and lower the ability to deform under load);
- Humidity of the soil (wetting the soil reduces the strength characteristics);
- Groundwater fluctuations (raising their level reduces the strength properties of the soil).

Particle size distribution

Each system classifies soil, which includes a grouping of different types of soil, which are divided into categories. The main principle of separation is that they have similar properties, so the laboratory assistant can systematically describe the test soil. Casagrande (1948) advanced one of the first comprehensive engineering classifications of soil. In its system, Kazagrande

divided the soil by particle size - coarse-grained and fine-grained. Coarse soils were gravel, and fine grains were sand, they are the two main types in the classification, and both are divided into five subgroups according to the classification (Table 31).

A soil can be called well-defined if the particle size of which it consists of approximately the same size, i.e., the particle size distribution extends over a wide range without excess or lack of any specific size, while in uniformly sorted soils the distribution is very limited particle size range [1].

Table 31 Symbols used in the Casagrande soil classification

Main soil type		Prefix
Coarse-grained soils	Gravel	G
	Sand	S
Fine-grained soils	Silt	M
	Clay	C
	Organic silts and clays	O
Fibrous soil	Peat	Pt
Subdivisions		
For coarse-grainedsoils	Well graded, with littl or no fines	W
	Well graded with suitable clay binder	C
	Uniformly graded with little or no fines	U
	Poorly graded with littlr or no fines	P
	Poorly graded with appreciable fines or well graded with excess fines	F
For fine-grained	Low compressibility (plasticity)	L
	Medium compressibility (plasticity)	I
	High compressibility (plasticity)	H

Soil strength

To determine the strength and deformation characteristics in laboratory conditions, industrial soils should have natural humidity and be in a state of water saturation. The strength properties of soil samples are investigated by the method of unconsolidated quick cut or by the method of consolidated-drained tests, depending on the presence of consolidation in the sample. In this case, the samples are brought into a water-saturated state without preliminary compaction.

For a specific type of industrial soil, there are certain research recommendations (for example, stabilometers must be used for slag testing).

The shear strength is one of the most important physical properties of the soil. Evaluation of the soil strength is requiring in the engineering design to assess the suitability of soil usage for engineering purpose. However, several methods can be used to measure the shear strength parameters such as; direct shear box, triaxial [5].

Soil density

Density is an important factor in the selection and calculation of the foundations. The bearing capacity of technogenic soils directly depends on their density, which can be more accurately determined in laboratory conditions. In addition, density affects the deformation and strength characteristics of a given sample. Thanks to indicators of humidity and density of soil particles, the total density of a particular soil is determined by a calculation method. Therefore, for example, the density of overburden technogenic rocks (sand, clay) is much higher than the density of ash and slag.

The degree of swelling and soaking of technogenic soils also depends on their variety. Geological surveys carried out in areas with common industrial soils, a mandatory study is laboratory tests of selected soil samples for basic physical and mechanical properties. Man-made soils are underconsolidated, having a heterogeneous composition and layering, as well as the presence of organic inclusions and other adverse conditions for construction.

The main problem in the construction on an anthropogenic basis is the assessment of its deformability and draft prediction. To improve the deformation properties of the soil in the practice of construction, soil compaction is used. It's loosening causes the need for soil compaction. As a result of loosening, soil properties deteriorate, its compressibility under load, water permeability and moisture capacity increase

6.2 Correlation between indicators

To assess the causal relationship between the characteristics of the soil, we will use this method as the correlation between the composition and properties of the soil, since it is known that there are relationships between the composition and properties of soils. The correlation dependence exists between independent quantities and is probabilistic. If difficulties arise in determining the properties of the soil, the correlation method solves this problem, since when establishing correlation dependences between the composition and soil properties, the necessary indicators can be obtained with high accuracy using easily obtained known data.

Many characteristics of the soil and its properties depend on some factor. This can be, for example, density, physico-mechanical, electrical, thermophysical and other properties of the soil, which depend on humidity, temperature or on the particle size distribution. The quantitative estimation, the comparative analysis, and the use of the soil characteristics and distributions in physically based forecasting simulation models are possible only at their correlation by mathematical functions. The correlation parameters reflect the specificity and features of the soil characteristics for the studied object.

All obtained dependencies of characteristics are usually not linear. Various functions may be used to describe a single characteristic. The choice of the necessary function, the rationale for the selection of the desired function is an important quantitative task of soil science. This allows you to continue to use the parameters themselves, analyze, compare, include physically sound mathematical models. Eliminates the need to use the original dependency curves. Parameters are data that are obtained as a result of the correlation of experimental data with the proposed function.

The methods of describing the particle-size distribution by different functions (or sets of functions) and the further use of the parameters of these functions for theoretical, analytical, and applied purposes are prevalent in different fields of geosciences.

The mathematical model necessarily includes parameters reflecting the type of dependence, and their quantitative expressions show the specificity of the given process, soil sample, etc. A parameter is usually a numerical coefficient or an absolute term of an equation determined by a specific calculation operation (correlation by the selected function) from the experimental data. It follows from this definition that 1 – the parameter can be dimensional (i.e., be a physical quantity) or dimensionless; 2 – the function should be selected by the researcher himself; and 3 – the parameter should be characterized statistically, and 4 – its statistical significance should be proved with a specific probability.

As a result of the correlation analysis, the direction and form of the relationship between the variables is established, its tightness is measured, and confidence intervals of the correlation coefficients and the statistical significance of their difference from zero are estimated; variables that do not have a statistically significant correlation with the deformation modulus are excluded.

There are interconnections between the composition, structure and properties of soils. As you know, the dependencies between the values can be correlation and functional. Functional dependencies make it possible to obtain the exact values of others from the value of some quantities. The correlation dependence is established between independent quantities and is probabilistic. Meanwhile, the correlation dependencies reflect the actual causal relationships between the phenomena. When studying the correlation dependencies between individual

indicators of the composition, structure and properties of soils, a value arises that allows you to find out the reasons that give rise to certain properties, penetrate deeper into the essence of such properties, and understand the role of one of the factors in their formation. From a practical point of view, the establishment of correlation dependencies between indicators of the composition, structure and properties of soils makes it possible to evaluate with a certain accuracy indicators of difficult to determine properties based on more easily obtained ones.

A measure of the relationship between the correlated values is the correlation coefficient r , the value of which is strictly in the range $-1 \dots +1$. In the presence of a functional dependence $r = \pm 1$, for $r = 0$ the correlation is lost, for $r > 0.9$ it is very close, for $r = 0.9-0.7$ it is close, for $r = 0.7-0.5$ a weak correlation.

The empirical identification of the relationship between the exponents of the properties of x and y begins with the application of the experimental results on the corresponding coordinate plane. If the applied empirical points form a “cloud”, then they are statistically processed and a simple linear relationship of the type is selected

$$y = a_0 + ax_1 + \dots + ax_n,$$

where y , x_1 , x_n are indicators of the composition or properties of soils, or the simplest transformations of these properties (for example, logarithms); a_0 , \dots , a_n are empirical coefficients.

The coefficients of this dependence are calculated using the least squares method, and certain criteria are used to assess the contribution of the variables. Typically, the following soil composition and structure indicators are used to forecast based on correlation relationships between physical and mechanical properties: moisture, porosity coefficient, porosity, plasticity number, moisture at the yield point, consistency indicator, moisture content, etc. Preference is given to the most informative and directly determined indicator or their combination. For example, for clay water-saturated soils, the closest relationships of strength indicators are observed with indicators characterizing the structure of the soil (density, porosity, clay particles, etc.). For loess soils, there is a close relationship between deformation indicators and moisture and porosity. For sandy soils, strength and deformation properties are most closely related to the coefficient of porosity, degree of density and particle size. For rocky soils, physicomaterial properties satisfactorily correlate with indicators such as density, degree of weathering, porosity and fracture.

The main stages of the methodology for developing correlation equations are shown in Figure 1 in the form of a block diagram. At the first stage of work, information is collected from data from engineering and geological surveys. Further statistical analysis of the test data during the second stage includes five points:

1. The choice of input data for statistical analysis (physical and mechanical characteristics of soils) and their preliminary processing;
2. Correlation analysis, the results of which establish the tightness, direction and form of the relationship between the variables, assess the confidence intervals of the correlation coefficients and the statistical significance of their difference from zero;
3. Modification of variables that have a nonlinear relationship with the estimated characteristics of soils;
4. Determination of correlation equations for assessing the mechanical characteristics of various types of soils, analysis of the significance of correlation equations in general and their coefficients;
5. The study of stability and the field of applicability of the obtained correlation equations

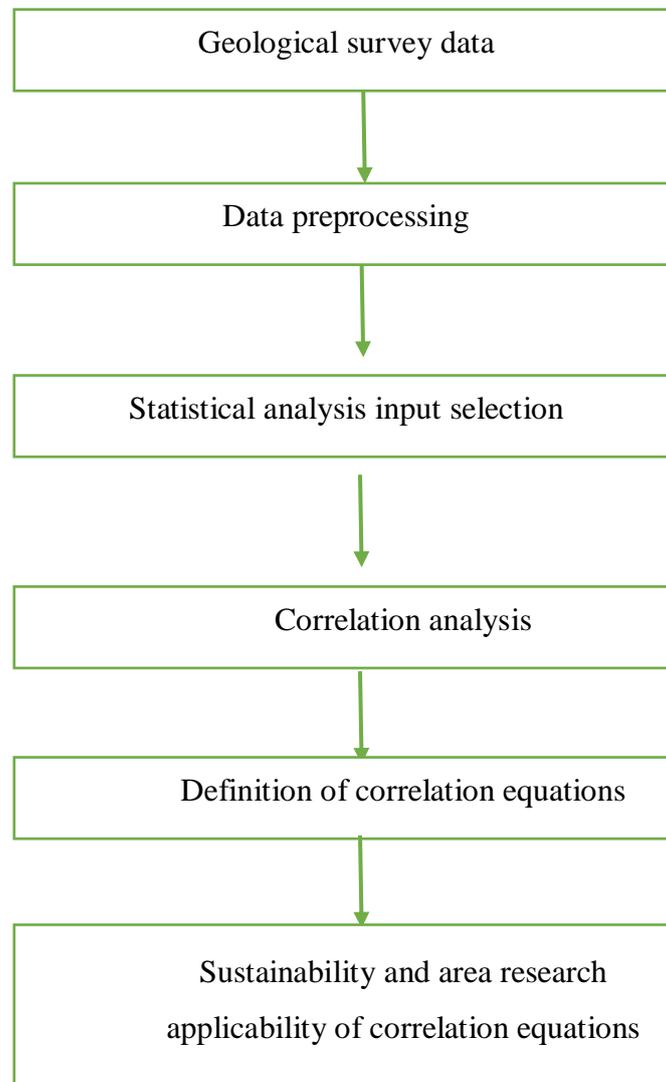


Figure 1 – Statistical Data Analysis Procedure
geological engineering surveys

The correlation analysis for objects of study showed reliable and relatively high correlations between properties and parameters.

To give a quantitative assessment, use a comparative analysis, use the future forecast of physical quantities, draw up simulation models, it is necessary to describe the soil characteristics from a mathematical point of view, for example, the dependence of the property on the acting factor, and property distributions, for example, particle size distribution - particle size, micro-, macro- aggregate composition. The assessment and comparative analysis are based on the correlation parameters of the specific data using the selected mathematical model, which can be statistically described and compared [3].

References:

1. Bell F.G. Engineering geology [Text] // Bell F.G. – Elsevier, 2007. – 593 p.
2. Nguyen G. The analysis of factors influencing the values of soil shear strength parameters obtained by direct shear test [Text] // Studia geotechnical et Mechanica. 2009. № 1. P. 51–72.
3. Mathematical models of some soil characteristics: Substantiation, analysis, and using features of model parameters [Text] // E. V. Shein, A. M. Rusanov, E. Yu. Milanovskii, D. D. Khaidapova & E. I. Nikolaeva//Eurasian Soil Science volume 46, 2013. – p.541–547
4. Prediction of Basic Mechanical Properties of Tuffs Using Physical and Index Test [Text] // A. Teymen. – Journal of Mining Science volume 54, 2018. – p.721-733
5. Assessment on the effect of fine content and moisture content towards shear strength// Geotechnical Engineering//Volume 48, Issue 4, 2017. – p. 76-86

Приложение Б
(Обязательное)

ЖУРНАЛ

определения границ текучести и раскатывания

пылевато-глинистых грунтов

№ п/п	Дата	Лабораторный номер образца	Номер выработки	Глубина отбора образца грунта, м	Граница текучести							Граница раскатывания							Число пластичности I_p , %	Примечания
					Номер бюкса	Масса бюкса с крышкой m , г	Масса влажного грунта с бюксом и крышкой m_1 , г	Масса высушенного грунта с бюксом и крышкой m_0 , г		Граница текучести w_L , %		Номер бюкса	Масса бюкса с крышкой m , г	Масса влажного грунта с бюксом и крышкой m_1 , г	Масса высушенного грунта с бюксом и крышкой m_0 , г		Граница раскатывания w_p , %			
								1-е взвешивание	2-е взвешивание	отдельной пробы	средняя				1-е взвешивание	2-е взвешивание	отдельной пробы	средняя		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1		1	2911	21,5-21,7	340	23,59	48,88	43,03	43,03	30,1	30,0	46	22,40	33,41	30,84	30,84	27,470	28,4	1,62	супесь
1		1	2911	21,5-21,7	435	21,85	43,30	38,35	38,35	30,0		229	22,15	32,85	30,42	30,42	29,383		0,617	супесь
2		2	2912	8-8,3	92	22,46	43,65	38,94	38,94	28,6	29,2	221	21,31	31,68	29,53	29,53	26,156	25,2	2,424	супесь
2		2	2912	8-8,3	688	23,43	48,51	42,77	42,77	29,7		219	22,82	33,41	31,34	31,34	24,296		5,384	супесь
3		3	2913	23,3-23,5	357	22,80	43,91	38,92	38,92	31,0	30,7	390	21,46	32,89	30,31	30,31	29,153	28,6	1,803	супесь
3		3	2913	23,3-23,5	55	21,34	46,30	40,46	40,46	30,5		482	22,09	32,71	30,38	30,38	28,106		2,438	супесь
4		4	2914	16,0-16,3	93	20,58	45,49	39,64	39,64	30,7	30,7	212	22,67	32,95	30,77	30,77	26,914	27,2	3,779	супесь
4		4	2914	16,0-16,3	314	22,14	45,83	40,26	40,26	30,7		596	21,69	32,13	29,87	29,87	27,628		3,111	супесь

5		5	2915	6,0-7,0	104	22,17	46,78	41,19	41,19	29,2	29,5	113	21,92	32,72	30,45	30,45	26,612	26,7	2,778	супесь
5		5	2915	6,0-7,0	395	21,80	46,11	40,55	40,55	29,7		60	22,27	33,22	30,90	30,90	26,883		2,770	супесь
6		6	2916	7,5-7,7	598	22,78	45,68	40,58	40,58	28,7	28,6	429	22,76	33,59	31,38	31,38	25,638	26,2	3,014	супесь
6		6	2916	7,5-7,7	270	22,92	45,02	40,11	40,11	28,6		627	22,08	32,91	30,62	30,62	26,815		1,748	супесь
7		7	2917	6,5-6,7	14	21,96	40,76	36,47	36,47	29,6	30,1	572	22,15	32,96	30,54	30,54	28,844	28,5	0,722	супесь
7		7	2917	6,5-6,7	116	22,02	48,19	42,06	42,06	30,6		317	21,74	32,91	30,45	30,45	28,243		2,345	супесь
8		8	2918	9,0-9,2	698	22,19	46,01	40,48	40,48	30,2	30,4	108	21,00	31,91	29,62	29,62	26,566	26,7	3,669	супесь
8		8	2918	9,0-9,2	101	22,50	46,07	40,54	40,54	30,7		295	21,64	32,11	29,89	29,89	26,909		3,745	супесь
9		9	2920	7,2-7,4	520	22,73	46,46	40,88	40,88	30,7	30,7	318	22,31	32,33	29,99	29,99	30,469	30,0	0,275	супесь
9		9	2920	7,2-7,4	80	22,76	45,23	39,91	39,91	31,0		563	22,86	33,52	31,08	31,08	29,684		1,337	супесь
10		10	2921	9,-9,2	611	22,56	48,00	42,05	42,05	30,5	30,2	1	22,21	32,58	30,37	30,37	27,083	26,4	3,445	супесь
10		10	2921	9,-9,2	469	22,26	44,56	39,44	39,44	29,8		59	22,19	33,23	30,97	30,97	25,740		4,062	супесь
11		11	1	9,0	456	23,71	49,47	44,46	44,46	24,1	24,4	589	20,99	31,92	29,94	29,94	22,123	21,4	2,022	супесь
11		11	1	9,0	353	22,56	47,37	42,46	42,46	24,6		636	22,72	32,88	31,14	31,14	20,665		4,008	супесь
12		12	2	10	269	22,16	50,39	44,59	44,59	25,8	25,7	496	22,44	32,51	30,75	30,75	21,179	21,4	4,679	супесь
12		12	2	10	381	22,12	45,25	40,52	40,52	25,7		265	22,49	33,26	31,35	31,35	21,558	29,9	4,149	супесь

Приложение В
(Обязательное)

