НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ ГЕОМЕХАНИКИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР

Диссертационный Совет Д 25.19.587

На правах рукописи

УДК 625.711.812 (575.2)(043.3)

Кадыралиева Гульзат Асанбековна

«ОЦЕНКА МЕСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ ГОРНЫХ ДОРОГ ПО КОМПЛЕКСУ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ»

25.00.20 – Геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая)

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научные руководители: доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН КР Кожогулов Камчибек Чонмурунович и доктор технических наук Никольская Ольга Викторовна

Бишкек - 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВЕДЕНИЕ 4

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ МЕСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ГОРНЫХ СКЛОНАХ 11

1.1 Особенности автомобильных дорог Кыргызской Республики 11

1.2 Основные причины и виды нарушения устойчивости откосов горных дорог 14

1.3 Обзор и анализ литературы по изучению физико-механических свойств грунтов и их влияние на устойчивость откосов..... 19

1.4. Цель и задачи исследований 43

ГЛАВА 2. ОБЩАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ..... 45

2.1. Методика оценки влияния плотности, влажности и гранулометрического состава грунтов на их сопротивляемости сдвигу 45

2.2 Последовательность оценки влияния температуры воздуха на сопротивляемость сдвигу грунтов 58

2.3. Методика расчета местной устойчивости откосов горных дорог 62

2.4 Выводы по главе..... 72

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ИХ СОПРОТИВЛЯЕМОСТЬ СДВИГУ 73

3.1 Влияние плотности, влажности и гранулометрического состава грунтов на их сопротивляемость сдвигу..... 73

3.2 Результаты оценки влияния температуры воздуха и сезонного ее колебания на сопротивляемость сдвигу грунтов..... 87

3.4 Выводы по главе..... 105

Глава 4. РАСЧЕТ МЕСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ ГОРНЫХ ДОРОГ 107

4.1 Расчет местной устойчивости откосов горных дорог по гранулометрическому составу грунтов и прочностным характеристикам оттаивающихся грунтов 107

4.2 Определение оптимальных параметров откосов выемок горных дорог при оценке их местной устойчивости. 117

4.3 Оценка местной устойчивости откосов на опасных участках автомобильной дороги «Бишкек-Ош» 120

4.4 Технология строительства горных дорог на склонах с покровными образованиями 140

4.5 Выводы по главе 149

Выводы 150

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 152

ПРИЛОЖЕНИЯ 165

ВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертации. Автомобильные дороги являются одним из крупнейших общественных достояний страны, способствующие ее социально-экономическому росту, развитию промышленности, сельского хозяйства, туризма и выхода в рынки соседних стран, создавая бесперебойный, круглогодичный и удобный проезд автомобилей.

В горных условиях и ввиду труднодоступности отдельных регионов большая часть автодорожной сети страны пройдены по горной местности, которые на данном этапе автомобилизации не удовлетворяет полностью требованиям движения и безопасности и наносят ежегодный финансовый ущерб в результате природных явлений. Только в 2017г согласно данным МЧС КР материальный ущерб, затрачиваемый на восстановление автомобильных дорог от нарушения устойчивости откосов и склоновых процессов составил 158,2 млн. сомов, это в 1,83раза больше чем в 2016г.

Детального внимания требуют и технологические автодороги при строительстве карьеров, при разработке месторождений полезных ископаемых, когда необходимо транспортировать пустые породы или полезные ископаемые на отвал или фабрику.

Эксплуатация дорог на горных склонах существенно осложняется из-за нарушения местной устойчивости откосов в виде сплывов и оплывин, которые активно проявляются после выпадения осадков в виде дождя и часто наблюдающимися на практике оползневыми обрушениями горной массы на горных дорогах, которые в значительной степени зависят от физико-механических свойств грунтов, вследствие этого оценка местной устойчивости откосов является актуальной задачей.

Поэтому обеспечение безопасности на горных дорогах остается актуальной задачей, поскольку вред, причиняемый природой и последующими затратами на ремонт и восстановление нарушенных участков дорог, не редко превышает ущерб, наносимый интенсивностью движения большегрузного транспорта.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами:

Диссертация выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Института геомеханики и освоения недр по проекту: «Разработка методов оценки, прогноза и мониторинга, опасных природно-техногенных процессов при освоении горных территорий», раздел «Оценка опасных экзогенных склоновых процессов и обеспечение устойчивости горных дорог» (№ гос. регистрации 0005623) выполненная по проекту «Стратегия развития страны» на период 2009-2011 года.

Цель диссертации: установление степени влияния гранулометрического состава грунтов и сезонных колебаний температуры на местную устойчивость и параметры откосов горных дорог.

Задачи: Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести ретроспективный анализ основных причин, влияющих на нарушение местной устойчивости откосов горных участков автомобильных дорог на склонах;
2. Разработать методику по оценке степени влияния гранулометрического состава грунтов и сезонных колебаний температуры воздуха на прочностные характеристики и сопротивляемости сдвигу грунтов в лабораторных условиях;
3. Установить оптимальные параметры откосов выемок горных дорог с учетом гранулометрического состава грунтов;
4. Оценить местную устойчивость откосов дорожных выемок на горных склонах.

Научная новизна полученных результатов:

по специальности: "Геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

1. Установлено, что одним из факторов, влияющих на сопротивление сдвигу грунтов на откосах является его гранулометрический состав. С

увеличением диаметра твердых частиц грунтов, нарушение местной устойчивости откосов дорог возрастает на 50%;

2. Определено, что изменение сезонного колебания температуры воздуха влияет на значение сопротивления сдвигу грунтов на откосе. С повышением температуры воздуха до $+60^0$С сопротивляемость грунтов сдвигу снижается на 70%;
3. Обоснована и разработана методика оценки местной устойчивости откосов горных дорог с учетом влияния гранулометрического состава грунтов и сезонного колебания температуры воздуха на прочностные свойства грунтов;

   по специальности: Геотехнология (подземная, открытая и строительная)
4. Научно обоснованы параметры откосов дорожных выемок с учетом гранулометрического состава грунтов и сезонных колебаний температуры воздуха;
5. Оценена местная устойчивость откосов выемок горных дорог в зависимости от плотностных и прочностных свойств грунтов на откосах.

Практическая значимость полученных результатов:

Результаты исследований данной работы рекомендованы и приняты к использованию для:

- оценки и расчета устойчивости откосов автомобильных горных дорог;

- технологических внутрикарьерных дорог при разработке месторождений открытым способом,

- для прогноза устойчивости откосов, сложенные выветрелыми грунтами,

- для использования при назначении устойчивых параметров дорожных выемок

- методических рекомендаций по предотвращению нарушения устойчивости откосов транспортных магистралей на горных склонах в Кыргызской Республике.

Экономическая значимость полученных результатов:

Полученные результаты и разработанная методика определения зависимости сопротивляемости грунтов сдвигу от их гранулометрического состава позволяет на стадии проектирования назначить оптимальные значения параметров дорожных выемок на склоне и оценить местную устойчивость геотехнической системы (склон-дорожная выемка) что исключает затраты на восстановление этих участков.

Также применение результатов зависимости местной устойчивости откосов выемок горных дорог на склонах от сезонного колебания температуры позволяют на стадии проектирования и строительства разработать инженерные мероприятия по снижению риска обрушения откосов, что также исключает затраты на постоянную зачистку экскаватором после обрушений (Акт о реализации научных результатов диссертационной работы от 10.01.2018г).

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

по специальности: Геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

1. Гранулометрический состав грунтов является одним из определяющих факторов при оценке местной устойчивости откосов горных дорог. С увеличением содержания в грунте твердых частиц от 0,25мм до 2мм более 25%, сопротивляемость сдвигу грунтов на откосах снижается на 50%, независимо от плотности грунта.
2. Сопротивляемость сдвигу грунтов на откосах дорожной выемки зависит от режима изменения сезонных колебаний температуры. В режиме от охлаждения к нагреванию грунта сопротивляемость сдвигу возрастает в 1,5раз, сцепление - в 3раза, чем в режиме от нагревания к охлаждению, при этом значение угла внутреннего трения практически не изменяется. С изменением температуры воздуха от -10^0С до $+60^0$С сопротивляемость грунтов сдвигу снижается на 70%.

по специальности: Геотехнология (подземная, открытая)

3. Технологические параметры откоса дорожной выемки на склоне, и горных дорог на карьерах зависят от гранулометрического состава грунта, слагающего приоткосный массив. С увеличением в грунте количества частиц диаметром 0,25мм и менее обеспечивается местная устойчивость дорожной выемки при высоте откоса не более 15м
4. В грунтах, в которых частицы диаметром 2мм составляют более 25% необходимо формировать откос в виде сдвоенных уступов. Соотношение технологических параметров, таких как ширина предохранительной бермы l и высота подуступа h составляет $l: h = 1:2$

Личный вклад соискателя: Автором на основании анализа и обобщения литературных и нормативных материалов по состоянию автомобильных горных дорог в стране установлены, причины нарушения их устойчивости и методы их оценки. Используя методику по определению сопротивления сдвигу грунтов конструкцией Н.Н. Маслова – Ю.Ю. Лурье как базовую, автором разработана методика оценки совместного влияния плотности, влажности и гранулометрического состава на сопротивляемости сдвигу грунтов, а также разработана методика оценки влияния сезонного колебания температуры воздуха на сопротивляемости сдвигу грунтов и проведены лабораторные испытания при различных температурах. На основе опытных данных установлены закономерность, что гранулометрический состав грунтов является одним из определяющих факторов при оценке местной устойчивости откосов горных дорог и с повышением температуры воздуха до $+60^0$С сопротивляемость грунтов сдвигу снижается.

Апробация результатов исследования: Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих 14 конференциях, на IV Международной научной конференции «Инновационное развитие и востребованность науки в современном Казахстане» (г. Алматы, 24-26 ноябрь 2010г), на Международной научно-практической конференции

«Актуальные проблемы механики сплошных сред» посвященной памяти чл.-корр. НАН КР, д.ф.-м.н., профессора И. Бийбосунова (г. Бишкек, ИГиОН НАН КР, 2012г), на Международной конференции "Современное состояние и перспективы развития горнодобывающей отрасли" посвященной 20-летию со дня образования Института горного дела и горных технологий имени академика У.Асаналиева, (г. Бишкек, ИГДиГТ им. акад. У. Асаналиева 22 – 25 мая 2013г), на Научно-практической конференции молодых ученых Кыргызстана «Старт в большую науку» (г. Бишкек, Президиум НАН КР, 5-6 ноября 2013г), на Международной научно-технической конференции «Проблемы безопасности и эффективности освоения георесурсов в современных условиях» посвященной 25-летию Горного института Уро РАН и 75-летию основателя и первого директора института чл.-корр. РАН А.Е. Красноштейна (г. Пермь, Россия 2013г), а также на Международной научно-технической конференции «Современные геотехнологии в строительстве и их научно-техническое сопровождение» посвященной 80-летию кафедры геотехники основанной профессором Н.А. Цытовичем (г. Санкт-Петербург, 5-7 февраля 2014г). В I международной научной конференции молодых ученых и специалистов: «The role of multidisciplinary approach in solution of actual problems of fundamental and applied sciences (earth, technical and chemical)» (г. Баку, Азербайджан 15-16 октября 2014г). На V Международной научно-практической конференции «Современные концепции научных исследований» (г. Москва, 29-30 августа 2014г), на Международном геотехническом симпозиуме «Geotechnical aspects of underground construction in soft ground» (г. Сеул, 5-9 сентябрь 2014г), на Международном Симпозиуме «Geohazard: Science, Engineering and Management» (г. Катманду, Непал 20-21 ноябрь 2014г), ,на Международной научно-практической конференции «Проблемы механики и строительства транспортных сооружений» посвящённый 80-летию Заслуженного деятеля науки и техники Казахстана, академии НАН РК, доктора технических наук, профессора Айталиева Ш.М. (г. Алматы, 2015г), на VI Международном геотехническом симпозиуме «Disaster mitigation in special geoenvironmental conditions» (г. Мадрас, Индия 21-23 январь

2015г), на Международной научно-практической конференции «Геодинамика и напряжённое состояние недр Земли» (г. Новосибирск, Россия 2015г) и в The second Geo-Institute – Kazakhstan geotechnical society joint workshop on TC-305 «Geotechnical infrastructure for Megacities and New Capitals » (Орландо, Нью-Йорк 3-11 марта 2018г.).

Полнота отражений результатов диссертации в публикациях:

Материалы диссертационной работы опубликованы в 23 научных трудах, в том числе в 7 научных периодических изданиях, рекомендованных ВАК КР.

Структура и объем диссертации: Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы. Содержит 151 страницу электронного текста, включающих 24 таблицы, 90 рисунков и список литературы из 122 наименований.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ МЕСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ГОРНЫХ СКЛОНАХ

1.1 Особенности автомобильных дорог Кыргызской Республики

Кыргызская Республика расположена на северо-востоке Центральной Азии, относиться к горно-складчатой системе Юго-Западного Тянь-Шаня, где более 90% территории занимают горы на высоте более 1000м над уровнем моря и не имеет выхода в открытое море. [74]

С западной части страны на восток тянутся 88 хребтов мощной горной системы Тянь-Шаня. К наиболее протяженным и высоким, из которых относятся «Чон-Алайский» хребет, который находится на юге страны и Таджикистане, относится к Памиро-Алайской горной системе, имеет длину 400км, высоту 5539м, разделяет Ферганскую и Алайскую долины. Горный хребет «Какшаал-Тоо» находится в системе Центрального Тянь-Шаня, на границе Киргизии и Китая, протяжённость хребта около 400км, наивысшая точка является пик Победы – 7439м. Горный хребет «Тескей Ала-Тоо» ограничивающий Иссык-Кульскую котловину с юга имеет протяженность 375км и высоту 5216м. Высокогорный «Туркестанский» хребет, относится к Гиссаро-Алайской горной системе, простирается до Самаркандской равнины, протяженность 340 км, высота хребта составляет 5621м. Хребет «Заилиийский Алатоо» на северо-западе Тянь-Шаня, на границе Казахстана и Киргизии, простирается на 360км, высшая точка — пик Талгар-4973—5017м, а также «Киргизский хребет» протягивающийся с востока на запад от Боомского ущелья до города Тараз на протяжении 375км, высотой 4875м (рис. 1.1). [66] Горные хребты разделяют страну на северный и южный регионы, которых соединяет дорога Бишкек-Ош.

В силу географической обособленности страны и неравномерной расположенности населенных и промышленных центров, дорожная сеть Кыргызстана построена в сложных физико-географических условиях, с сильно пересеченным рельефом, резко континентальным климатом, подверженным как природным, так и природно-техногенным опасностям. [82,98] Общая

протяженность автомобильных дорог в стране составляет около 34000км, включая 18810,0км дорог общего пользования и 15190км дорог городов и сёл.

Главными транспортными магистралями республики являются следующие восемь автодорог: - Бишкек-Ош; Бишкек-Алматы; Бишкек-Чалдовар; Бишкек-Нарын-Торугарт; Тараз-Талас-Суусамыр; Ош-Исфана; Ош-Сарыташ-Иркештам, Ош-Сарыташ-Карамык и строящаяся Альтернативная дорога Север-Юг. [57,42] Большая часть транспортных магистралей республиканского значения пройдены по горным хребтам. (рис. 1.1)

Строительство и эксплуатация дорог или других объектов в республике сопровождается специфическими такими сложностями, как горный рельеф местности, пониженное давление кислорода, сейсмика, скорость ветра, туманы и снежные заносы, что вызывает необходимость проведения весьма сложных комплексов инженерных задач [71].

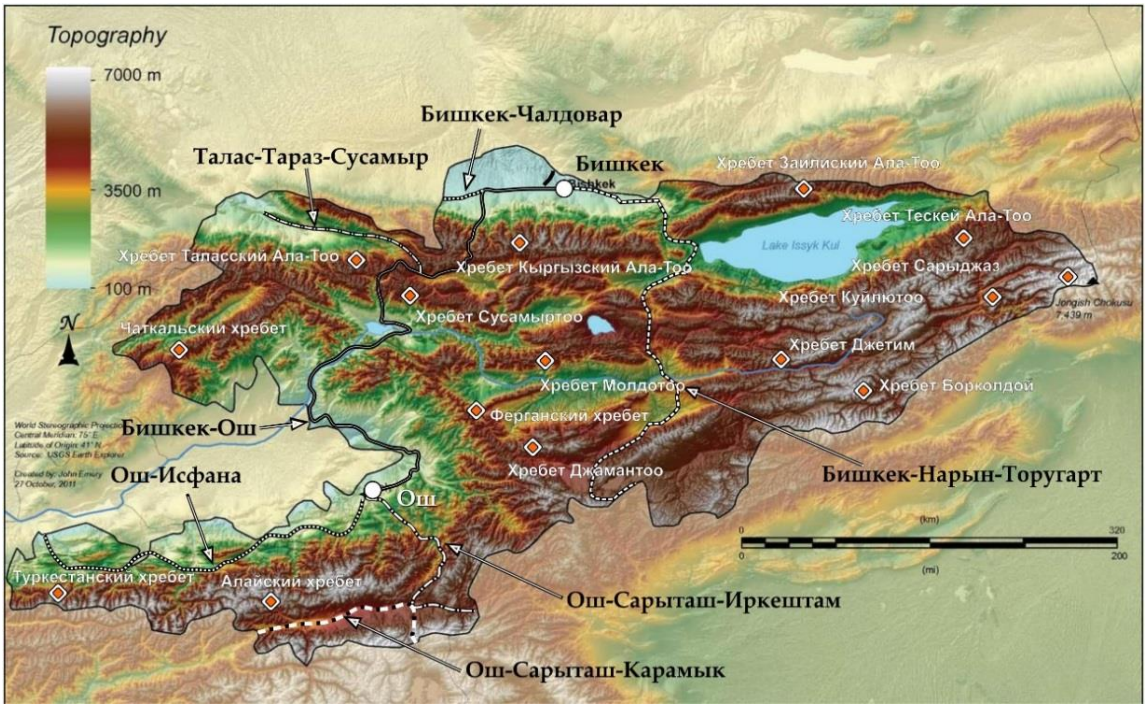


Рис. 1.1 Горные хребты и главные транспортные коридоры Кыргызстана

В результате многолетних наблюдений в Кыргызстане классифицированы характерные виды проявления склоновых процессов на разных высотных

отметках, а также установлено что, эти процессы активизируются с определенной периодичностью. (табл.1.1) [2]

Таблица 1.1 - Характерные виды проявления склоновых процессов на разных высотных отметках

Высота над уровнем моря	**Характер рельефа**	**Склоновые процессы**
3700-5000	высокогорье зона вечной мерзлоты	крупнообломочные осыпи, вывалы блоков скальных пород, обвалы
3700-2500	высокие предгорья зона сезонно-мерзлых пород	осыпи, обвалы, одиночные оползни
2500-1000	низкие предгорья зона альпийских лугов	площадное распространение оползней, сели, осыпи
800-1000	адыры	оползни, селевые потоки, грязокаменные потоки.

Освоение горных территорий, в том числе и эксплуатация дорог, построенных на горных склонах, непосредственно связано с обеспечением устойчивости этих геотехнических объектов.

В горных районах почвенный покров имеет незначительную толщину, а на крутых склонах коренные породы выходят на дневную поверхность и бывают перекрыты продуктами выветривания, [40] которые образуются в результате воздействия на поверхность откоса таких природных факторов как атмосферные осадки, сезонные колебания температуры воздуха, скорость ветра, химическое выщелачивание. В результате этих процессов, на поверхности откоса образуется зона выветривания или так называемая зона аэрации. В процессе выветривания снижаются такие параметры пород как размеры твердых частиц, плотность скелета, сцепление, сопротивление сдвигу, которые способствует развитию процессов эрозии, сплывов, нарушению местной устойчивости, а в отдельных

случаях нарушению общей устойчивости откосов, береговых откосов, откосов горных дорог, рабочих бортов карьеров. Такого рода нарушения устойчивости откосов парализует бесперебойное движение транспорта по дороге, приводят к остановке работы на производстве, аварийным ситуациям, затратам по очистке трассы и восстановлению дорог. Поэтому еще в процессе проектирования откосов горных дорог следует оценивать устойчивое состояния естественных склонов и осуществлять прогнозирование их общей и местной устойчивости. [38]

1.2 Основные причины и виды нарушения устойчивости откосов горных дорог

Автомобильная дорога представляет собой комплекс инженерных сооружений и устройств, построенная в соответствии с установленными техническими правилами и требованиями, с расчетной нагрузкой и установленными скоростями, предназначенная для непрерывного, удобного и безопасного движения транспортных средств при любых погодных условиях с заданной интенсивностью движения в течение длительного времени.

Автомобильные дороги и дорожные сооружения имеют транспортно-эксплуатационные показатели, к основным из которых относятся обеспеченная скорость и пропускная способность, удобство, безопасность и непрерывность движения, способность пропускать автомобили с осевой нагрузкой и общей массой, которая соответствует категориям дороги. [29] Параметры и состояние элементов дороги и дорожных сооружений определяют ее технический уровень.

Автомобильные дороги подразделяются на следующие группы:

– дороги общегосударственного значения, предназначенные для дальних автомобильных сообщений между столицами республик, промышленными и культурными центрами;

– дороги республиканского значения, соединяющие главные административные, экономические и культурные центры областей;

– дороги областного и районного значения;

– дороги местного значения, соединяющие районные центры, населенные пункты, и т. п. между собой. [48]

Горная автомобильная дорога – это дорога, расположенная в горной местности, со значительными уклонами в продольном профиле, кривыми малых радиусов, серпантинами и инженерными сооружениями, предохраняющими ее от лавин, оползней, осыпей и т. п. (рис. 1.2). [106]

Главные отличия горных дорог от равнинных - это значительные уклоны и повышенная природная неустойчивость поверхности. [106] Строительство дорог, трасса которых проходит по горным склонам приводит к нарушению естественного равновесия склона или откоса.

Склоном называется откос, образованный природным путем и ограничивающий массив грунта естественного сложения. [29]

Откосом называется искусственно созданная поверхность, ограничивающая природный грунтовый массив, выемку или насыпь. [29]

Откосы образуются при возведении различного рода насыпей (дорожное полотно, дамбы, земляные плотины и т.д.), выемок (котлованы, траншеи, каналы, карьеры и т.п.), или при перепрофилировании территорий.

Основными причинами нарушения устойчивости откосов дорожных выемок являются природные, природно-техногенные и техногенные. Причины природного характера в свою очередь подразделяются на две группы, региональные и локальные.

К региональным факторам нарушения устойчивости дорожных выемок на склонах относятся:

- геологическое строение склона,
- геоморфология,
- тектоника,
- гидрогеология
- свойства пород и массива,
- напряженное состояние породного массива,
- климат,

- сейсмичность территории.

К локальным факторам следует отнести:

- инженерно-геологические особенности склона;
- уровень подземных вод и вероятность водопритока
- водно-физические, прочностные и деформационные свойства пород приоткосного массива,
- геомеханические особенности склона, на котором строится дорога,
- сезонные колебания температуры, режим осадков.

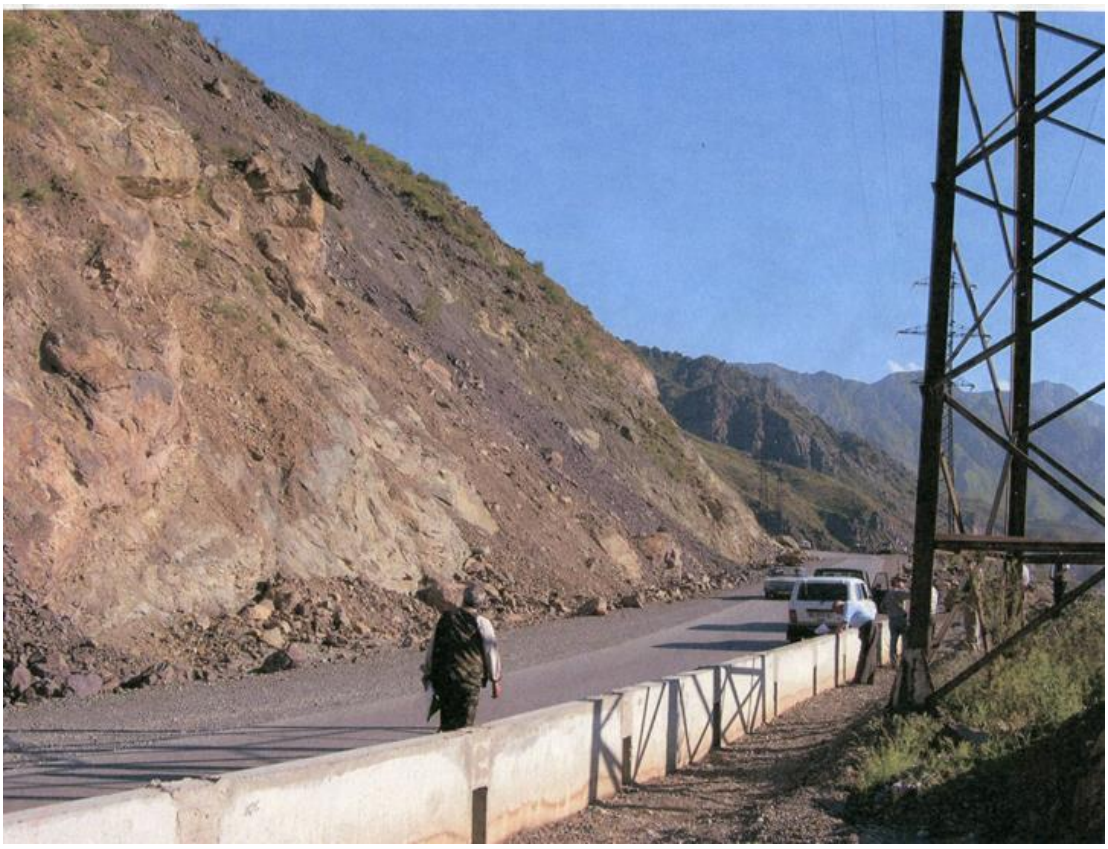


Рис. 1.2. Горная автомобильная дорога Бишкек-Ош, участок 400+700км

Оценить устойчивость откосов выемок горных дорог – это определение возможности проявления и степени опасности активизации склоновых процессов в данных инженерно-геологических условиях и заданных параметрах дорожной выемки.

Геологическое строение горных склонов является одним из определяющих факторов устойчивости геотехнической системы – «склон-дорожная выемка». Слоистость, сланцеватость, наличие покровных образований различной

мощности, приводит к снижению устойчивости на различных этапах развития склоновых процессов, а, следовательно, и откосов дорог. Основные факторы, приводящие к нарушению устойчивости геотехнической системы «склон-дорожная выемка» представлены на рисунке 1.3.

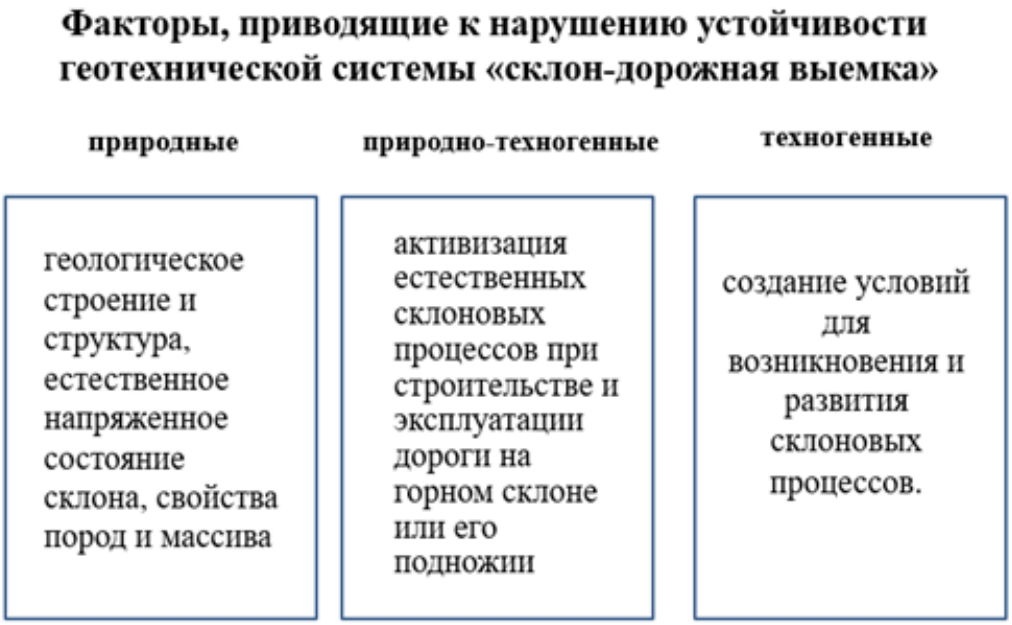


Рис. 1.3. Факторы приводящие к нарушению устойчивости геотехнической системы «склон-дорожная выемка»

Существенное влияние на нарушение устойчивости откоса оказывает производство выемок на склоне, формируя дополнительные поверхности обнажения, по которым могут развиваться склоновые процессы. К причинам, приводящим к потере устойчивости откосов, также необходимо отнести:

- параметры дорожной выемки не соответствующих свойствам грунтов;
- снижение сцепления и трения грунта при его увлажнении, что возможно при повышении уровня подземных вод и атмосферных осадков;
- влияние взвешивающего действия воды на горные породы в основании.

На основании анализа причин нарушений откосов выемок горных дорог выявлено, что до настоящего времени в практике проектирования инженерных объектов на горных склонах в Кыргызстане отсутствуют основополагающие принципы обеспечения устойчивости склонов и откосов, а также сооружений различного назначения на склонах, т.е. обеспечение устойчивости

геотехнической системы для рассматриваемых инженерно-геологических условий. Такими основополагающими принципами должны быть [1]:

а) оценка геологического строения региона и его тектоники, сейсмичности, геоморфологии, климата;

б) комплексная инженерно-геологическая оценка горного склона, по которому проходит трасса горной дороги;

в) оценка геомеханического состояния региона освоения и конкретного склона;

г) выбор и обоснование параметров дорожной выемки на горных склонах, при которых будет обеспечена устойчивость;

д) разработка комплекса мероприятий по обеспечению длительной устойчивости геотехнической системы в сфере взаимодействия геотехнического объекта и геологической среды.

Вопросам изучения оценки устойчивости склонов и откосов посвящены работы таких известных ученых как М.Н. Гольдштейн, Г.С. Золотарев, И.П. Зелинский, Н.Н. Маслов, Р.А. Ниязов, Ф.Н. Саваренский, Я.Х. Хуан и многих других [17,30,31,27,77,85,91,113,3,72,83,119], благодаря которым, разработаны классификации факторов, обусловливающих развитие экзогенных геологических процессов.

В Кыргызстане также имеется большой опыт исследования склоновых процессов, поскольку более трех четвертей территории Кыргызстана занимают горы, в связи с чем страна является подверженной многочисленным природным и природно-техногенным явлениям, таким как оползни, сели, лавины, землетрясение и другие. Огромный вклад в изучение при этом внесли работы таких ученых как И.Т. Айтматов, К.Ч. Кожогулов, О.В. Никольская, И.А. Торгоев, Ю.Г. Алешин, Джороев Т.Д., К.А. Кожобаев, К.Ж. Усенов, Бийбосунов Б.И., С. Б. Омуралиев, З.Ж. Асилова и К.А. Кокумбаева и другие [2,53-56,80,105,26,49,108,7,87,4,62, 18,], а также видные казахских ученые как Телтаев Б.Б. и Исаханов Е.А. [102,33] др.

В работах [1,2,54,56,80] отмечено, что склоновые процессы активно

развиваются на склонах крутизной 20-30^0 на высоте 1000-2500м над уровнем моря и на основе многолетних наблюдений за проявлением склоновых процессов в Кыргызстане классифицированы характерные виды их проявления на разных высотных отметках, а также установлено что, эти процессы активизируются с определенной периодичностью.

В работах [15,54,85] устанавливается тот факт, что, нарушение устойчивости склонов или откосов возникают тогда, когда силы связности грунтов оказываются в какой-то момент меньше, чем сила тяжести и вся масса приходит в движение в результате чего может произойти катастрофа. Оползневая масса может смещаться по откосам с едва заметной скоростью, или же как показывает опыт, в большинстве случаев скорость смещения продуктов выветривания оказывается более высокой (метры в сутки), иногда большие объёмы горных пород обрушиваются со скоростью, превышающей скорость экспресса.

Согласно литературе основными факторами, оказывающими влияние на нарушение устойчивости склонов и откосов и расчетов их устойчивости, являются, геометрические параметры откоса и физико-механические свойства горных пород, слагающих откос.

1.3 Обзор и анализ литературы по изучению физико-механических свойств грунтов и их влияние на устойчивость откосов

Грунт — это горная порода, техногенное образование, залегающие преимущественно в пределах зоны выветривания, представляющий собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющийся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека. [122]

В условиях естественного залегания на откосах лессовидные и глинистые грунты представляют сложную гетерогенную систему взаимодействующих между собой частиц твердого минерального скелета, различных видов содержащейся в порах грунтов воды, ее паров и газов. Физико-механические свойства грунтов определяются химическим и минералогическим составом

частиц, величиной и характером пористости, количественным соотношением между твердой, жидкой и газообразной среды.

Изучением состава, состояния, строения и свойств грунтов, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под воздействием современных и прогнозируемых геологических процессов, под влиянием совокупности всех природных факторов и в связи с инженерно-хозяйственной и инженерно-строительной деятельностью человечества занимается научное направление инженерной геологии – грунтоведение. [75]

Огромный вклад в развитие грунтоведения в изучении формирования грунтов, их генезиса и петрографических особенностей, строения и состава, инженерно-геологических и физико-механических свойств сделали ученые как П. А. Земятченский, М. М. Филатов, В.Т. Трофимов, Е.М. Сергеев, М.Н. Гольдштейн, Л.Д. Белый, Д. Тейлор, Тельтаев Б.Б., Кожобаев Г.А., Фалалеев Г.Н. и многие другие. [28,111,107,94-96,12,14,6,100,101, 49,110 и 10,76,50,70].

В середине XIX века зародилась новая дисциплина, позже как наука - механика грунтов, возникшая при необходимости прогнозировать процессы в массивах грунтов, взаимодействующих с сооружениями, изучающей как особенности поведения грунтов под нагрузкой, так и способы передачи нагрузок от сооружений на основание. Большой вклад в формирование и развитие науки с точки зрения исследования в области механики деформируемого тела, геологии и гидрогеологии оказали работы иностранных учёных А. Дарси, К. Терцаги, В. Прагера, и российских учёных Герсеванова, В. И. Курдюмова, Н. А. Цытовича, Н. Н. Маслова, З. Г. Тер-Мартиросяна, В.М. Гороховского, В.А. Флорин и других [121,104,89,11,63,65,116,76,103,18 и 112].

Среди большого многообразия рыхлых горных пород, несцементированные мелкообломочные лессовидные и глинистые грунты занимают особое место. Отличительной особенностью этих грунтов является сложное минерально-дисперсное строение. К их числу относятся выветривание, перенос продуктов разрушения водой и ветром, аккумуляция осадков в различных физико-географических средах и т.п. С точки зрения механики

сплошной среды такие грунты можно назвать многофазной глинистой породой. Они наиболее распространенные и залегают в основном в верхних слоях земной коры, в связи с чем при прогнозировании оползневых процессов, оценке устойчивости склонов и откосов, расчете устойчивости оснований и фундаментов и решении еще множество различных инженерных задач чаще всего сталкиваются с массивами многофазных грунтов. Согласно работам З.Г. Тер-Мартирасян, многофазные глинистые грунты в зависимости от их свойств можно подразделять на следующие категории (табл.1.2.): [103]

Таблица 1.2. - Категория многофазных глинистых грунтов в зависимости от их свойств [32]

Свойства грунтов	**Категории**
По минералогическому и гранулометрическому составу	Супеси
	Суглинки
	Глины
По степени влажности	Маловлажные
	Влажные
	Насыщенные водой
По плотности сухого грунта	Твердые
	Пластичные
	Текучие
По водопроницаемости	Водопроницаемые
	Слабоводопроницаемые
	Водонепроницаемые

Разделение многофазных глинистых грунтов на три фазы было бы грубой схематизацией, так как в таких грунтах всегда присутствуют хоть и в малых процентных долях, органические вещества и минеральные соли и в зависимости от соотношения этих твердых, жидких, газообразных и органических компонентов и их характера взаимодействия между собой формируются главные свойства этих грунтов в целом.

Классифицировать грунты стало возможным тогда, когда накопился большой фактический материал по изучению таких грунтов, и в России усовершенствованная классификация была составлена в 1957г группой ученых в состав, которого входили Е. М. Сергеев, В. А. Приклонский, П. Н. Панюков, Л. Д. Белый. [93] Это классификация лучше, чем другие, связывает инженерно-геологические свойства грунтов с их генетическими особенностями, и сформулированы принципиальные положения, из которых следует исходить при построении всех классификаций таких пород. Нынешняя классификация грунтов с включением таксономических единиц, разделенная по группам признаков выглядит следующим образом:

Классы:

- *природных скальных грунтов*— грунты с жесткими структурными связями (кристаллизационными и цементационными)
- *природных дисперсных грунтов*— грунты с водноколлоидными и механическими структурными связями.
- *природных мерзлых грунтов*— грунты с криогенными структурными связями.
- *техногенных (скальных, дисперсных и мерзлых) грунтов* — грунты с различными структурными связями, образованными в результате деятельности человека.

В дальнейшем класс пород разделяется на:

- *класс* — по общему характеру структурных связей;
- *группа* — по характеру структурных связей (с учётом их прочности);
- *подгруппа* — по происхождению и условиям образования;
- *тип* — по вещественному составу;
- *вид* — по наименованию грунтов (с учётом размеров частиц и показателей свойств);
- *разновидности* — по количественным показателям вещественного состава, свойств и структуры грунтов. [21]

Особенности грунтов, обусловленные его составом, взаимоотношением и взаимодействием слагающих породу компонентов (твердых, жидких и газообразных) называют свойством пород. [24] Различают физические, механические, магнитные, электрические, тепловые, водные и другие свойства грунтов. Наиболее важными из них, на основании которых производятся расчеты устойчивости откосов, геотехнических объектов, фундаментов, подпорных стенок и других элементов сооружений и которые являются исходными данными для изучения и прогнозирования развития экзогенных геологических процессов являются - физико-механические.

Физические свойства – это особенности грунтов, характеризующие их физические состояние и способность изменять это состояние под влиянием различных физико-химических факторов. Физические свойства, определяют их поведение в естественных условиях при взаимодействии с продуктами инженерной и хозяйственной деятельности человека, и оказывают значительное влияние на технологию производства земляных работ. [24]

Механические же свойства грунтов - это свойства, которые проявляются при приложении к породам нагрузок. [24] Общий комплекс физико-механических свойств грунтов приведен на рисунке 1.4.

Существенное влияние на свойства грунтов оказывает вещественный состав - категория, характеризующая химико-минеральный состав твердых, жидких и газовых компонентов и их процентное соотношение. Как известно, на горных дорогах основными влияющими факторами на устойчивость откосов являются плотность, влажность, сопротивление пород сдвигу, угол внутреннего трения и сцепление грунтов, слагающих поверхностную зону откоса.

Особенностью грунтов приповерхностного слоя откосов или естественных склонов горных дорог, является наличие в них активной зоны, в пределах которой, под действием природно-климатических факторов происходит существенное изменение их физико-механических свойств. Формирование этой активной зоны на откосах и склонах происходит вод воздействием внешних и внутренних силовых воздействий.

К внешним из которых относятся силовые воздействия поверхностных и паводковых вод, ветровая нагрузка и технологические процессы сооружения дорожного полотна, к внутренним относятся, напряженное состояние, возникающее за счет касательных напряжений откосного контура, наличие подземных вод и сейсмическая активность [116].

Рис. 1.4. Общий комплекс физико-механических свойств грунтов

Мощность этой активной зоны измеряется первыми 0,5-2,0метрами и представлена грунтами, сформировавшимися в результате выветривания и влияния атмосферных осадков, сезонных колебаний температуры, скорости ветра, химического выщелачивания и в пределах этой зоны выветривания происходит нарушение местной устойчивости откоса или склона, приводящих к образованию локальных деформаций.

В верхней части земной коры, где происходит процесс выветривания, грунты находятся в условиях тесного взаимодействия с атмосферой,

гидросферой и биосферой и претерпевают значительные и разнообразные изменения, в конечном итоге которой порода превращается обычно в скопление глинистых продуктов, но уже с другими физико-механическими свойствами, составом, структурой, со сниженной плотностью минеральных частиц, сцепления, размеры твердых частиц, увеличенной влажностью и пористостью что способствует развитию процессов эрозии, сплывов, а в отдельных случаях нарушению общей устойчивости склонов, береговых откосов, откосов горных дорог и рабочих бортов карьеров. [75,88,39,41]

Выветривание начинает обычно проявляется с расчленения массивов на все меньшие и меньшие обломки, в конечном итоге которой порода превращается обычно в скопление глинистых продуктов, но уже с другими физико-механическими свойствами, составом, структурой, со сниженной плотностью минеральных частиц, сцепления, размеры твердых частиц, увеличенной влажностью и пористость что способствует развитию процессов эрозии, сплывов, а в отдельных случаях нарушению общей устойчивости склонов, береговых откосов, откосов горных дорог и рабочих бортов карьеров. [75,88,39,41]

Таким образом, породы на горных склонах представляют собой чехол сместившихся осадочных пород, образовавшийся в результате процессов выветривания и распада коренных пород. Эти покровные образования представляют собой многофазные грунты, состоящие из минеральных зерен, жидкости и газа (Рис.1.5) [103]

Твердые минеральные частицы в многофазных грунтах представляют совокупность различных минералов, которые входили в состав коренных пород. Эти минералы имеют кристаллическое строение, размеры минералов глинистых пород изменяются в широких пределах и включают как крупные пылеватые и песчанистые, так и мельчайшие глинистые минералы размером менее 0,002мм.

Кроме того, в глинах содержатся частицы размером менее 0,0001мм, называемые коллоидами. На механические свойства грунтов наибольшее влияние оказывают глинистые и особенно коллоидные частицы. Это влияние

сказывается на теплопроводности, влагоемкости, пластичности, водопроницаемости, прочность структурных связей.

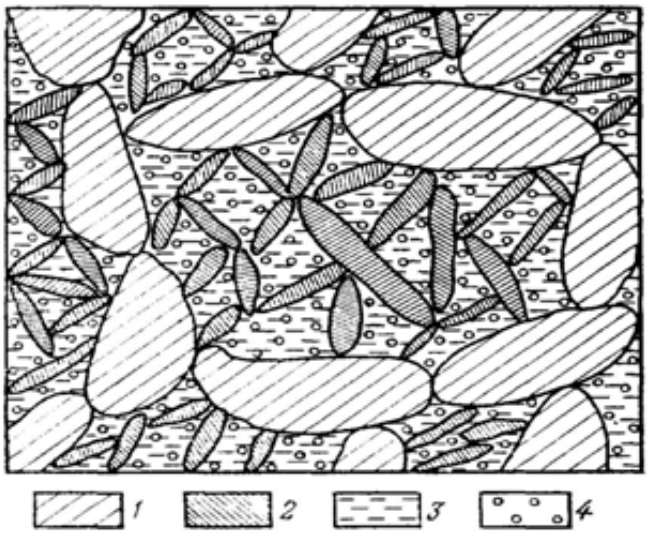


Рис. 1.5. Структура многофазного грунта

1 – минеральные зерна, 2 - коллоидные частицы, 3 - свободная вода с растворенным газом, 4 – пузырьки газа

Изучение физико-механических свойств грунтов на откосах, влияющих на их сопротивляемости сдвигу остается одной из актуальнейших задач при эксплуатации геотехнических объектов на горных склонах. Так как нарушения местной устойчивости связаны с локальными деформациями в зонах, непосредственно примыкающих к поверхности откоса, мощность которого составляет не более 2м, основным из перечисленных факторов является снижение прочности грунтов.

Следовательно, основным условием перехода грунтов на откосе в неустойчивое состояние является снижение их прочностных характеристик.

Прочность грунтов - это их способность воспринимать силы внешнего воздействия равными или превышающими критические, и определяются только при их разрушении. Разрушением же грунтов называется независимо от того, является ли они основанием сооружения или слагают берег водохранилища, склона или же откоса, процесс в виде перемещения-сдвига одной его части относительно другой тогда, когда силы внешнего воздействия превысят силы внутреннего сопротивления. [24]

Прочность пород - это его способность воспринимать силы внешнего воздействия равными или превышающими критические, и определяются только при разрушении пород. [24] Разрушением же пород называется независимо от того, является ли порода основанием сооружения или слагает берег водохранилища, склона или же откоса, процесс в виде перемещения-сдвига одной его части относительно другой тогда, когда силы внешнего воздействия превысят силы внутреннего сопротивления.

Прочность грунтов определяется его сопротивляемостью сдвигу и оценивается показателем, называемый предельным сопротивлением сдвигу τ. Сопротивление сдвигу является основным прочностным показателем устойчивости пород на откосе.

Сопротивляемость сдвигу пород является их важнейшим прочностным свойством и называется способность пород противостоять перемещению частей пород относительно друг друга под воздействием касательных и прямых напряжений и имеет размерность напряжений в МПа. Согласно Н.Н. Маслову, сопротивление сдвигу имеет понятия *сопротивления* и *сопротивляемости* грунтов сдвигу.

Сопротивление сдвигу грунтов свидетельствует об общем сопротивлении сдвигу некоторой толщи грунта по определенной поверхности и площади и определяется по формуле: [75]

$$S = \tau * S \tag{1.1}$$

где τ – сопротивляемость грунтов сдвигу,

S - площадь поверхности сдвига.

В этом случае *сопротивляемость сдвигу грунтов* представляется зависимостью:

$$\tau = Ptg\varphi_{\omega} + \sum_{\omega} + C_c \tag{1.2}$$

где Р-действующее в породе по данной площадке нормальное напряжение;

φ_{ω} - угол внутреннего трения при влажности ω;

Σ_φ - связность породы водно-коллоидной природы и обратимого характера при влажности ω;

C_c – структурное сцепление с характером необратимых связей.

Как видно, характерными показателями сопротивляемости грунтов сдвигу являются угол внутреннего трения - коэффициент трения и сцепление, которое состоит из структурного сцепления и связности. Так как, трение возникает внутри, между зернами грунта. tgφ и φ называются соответственно коэффициентом и углом внутреннего трения. Для зернистых и сыпучих грунтов, например, для гравия, гальки, песка, дресвы, щебня угол внутреннего трения зависит от плотности сложения грунтов.

Сцепление и связность характерное для песчано-глинистых грунтов имеет определяющий характер их прочности. В отличии от структурного сцепления, которое характерно для скальных горных пород и дает определенную жесткость и твердость, связность носит обратимый или восстанавливающий характер. Поскольку грунты в зависимости от степени увлажненности в весенний или осенний период, может многократно переходить из твердого состояния в более разжиженное, что разумеется приводит к изменениям между зерновых связей, что соответственно меняется значение сцепления и связности в породе.

Таким образом, в грунтах сопротивляемость сдвигу τ определяется как силами трения, так и силами сцепления (влияет связность частиц грунта *C*) и определяется по плоскости сдвига. [75]

$$\tau = \sigma_n tg\varphi + C + W\,, \tag{1.3}$$

где τ – сопротивление пород сдвигу, МПа;

σ_n– напряжения, действующие по нормали к поверхности скольжения, МПа;

φ – угол внутреннего трения, град;

C – сцепление пород, МПа;

W – связность пород – обратимая часть сцепления.

Необходимость избежать различные катастрофы в виде, оползней, осадок фундаментов и многих других, привели к тому, что факторы, влияющие на

сопротивление сдвигу, еще более столетия тому назад привлекли к себе особое внимание и изучению которых посвящены труды многих ученых [6,89,95,100,104,112], но в изучение природы прочности грунтов большой вклад внесли работы А.Ф. Лебедева [69-70]. В этих работах были представлены теории зависимости сопротивляемости грунтов его от плотности, влажности, минералогического состава и от физико-химических факторов.

Таким образом основываясь на результаты изучения существующих теорий прочности грунтов можно сделать вывод, что их сопротивляемость грунтов сдвигу зависит от физического их состояния, степени нарушенности естественной структуры, плотности, влажности, минералогического состава, высушенности, а также физико-химических факторов, и что увеличение или уменьшение отдельных факторов приводит к нарушению устойчивости откосов.

Однако, изучению влияния гранулометрического состава грунтов и сезонного колебания температуры на их сопротивляемость сдвигу, до последнего времени не уделялось должного внимания.

Влияние плотности грунтов на их сопротивляемость сдвигу

Известно, что плотность песчано-глинистых грунтов является основным структурным фактором, определяющим его прочность. Исследованиями А. А. Ничипоровича [84] и Ю. И. Малюшицкого [73] и др. установлено, что величины угла внутреннего трения и сцепления в значительной степени зависят от плотности и влажности глинистых грунтов, поскольку величина угла внутреннего трения зависит от прочности структурных связей между частицами породы, например, для глинистых грунтов с естественными структурными связями величина угла внутреннего трения примерно на 10—30% выше, чем для перемятых глин. Для глин с прочными структурными связями эта разница будет значительно выше. Наличие естественных структурных связей оказывает существенное влияние на увеличение сцепления с ростом плотности, т.е. с увеличением плотности грунтов сцепление резко увеличивается.

Для установления влияния плотности грунтов на их сопротивляемости сдвигу, [95] были проведены испытания с уплотнением пород. Е.М. Сергеевым получены данные, в результате испытаний на глины и суглинков различного минералогического состава и дисперсности. Образцы при испытании уплотнялись при влажности, соответствующей пределу раскатывания, и доводились до воздушно-сухого состояния, после чего определялась их прочность на сжатие. С ростом уплотняющей нагрузки прочность образцов резко увеличивался до определенного значения, после которого для большинства пород остается более или менее постоянной. Нагрузка, при которой достигается прочность грунтов, практически близкая к ее максимальной величине, была названа Е. М. Сергеевым оптимальной нагрузкой уплотнения. При этом оптимальная нагрузка уплотнения является для определенной породы величиной устойчивой. Образцы во влажном состоянии после уплотнения соответственно имели меньшую прочность, чем в воздушно-сухом состоянии.

Также проводились испытания при прогреве и обжиге глинистых грунтов. Величина прочности при прогреве и обжиге грунтов соответственно сильно повышается. Причем, наибольшую прочность приобретают образцы, подвергнутые уплотнению оптимальной нагрузкой до термической обработки.

Влияния влажности грунтов на их сопротивляемость сдвигу

Известно [67], что большая часть изменений свойств песчано-глинистых грунтов связана с изменением количества в них воды. Вода в глинистых грунтах естественного сложения является обязательной составной частью, состояние и свойства которой, детально изучены русским ученым А.Ф. Лебедевым. [67,68] Основной источник почвенной влаги это атмосферные осадки, количество и распределение которых во времени зависят от климата данной местности. Часть этой влаги образует поверхностный сток, который наблюдается весной во время снеготаяния, а также после обильных дождей, при этом, поступившая вода фильтруется через верхние горизонты и дойдя до горизонта с более тяжёлым

гранулометрическим составом, формирует водоносный горизонт, называемый почвенной верховодкой.

Известно, что вода в породах, залегающих в приповерхностных слоях откоса в зависимости от минерального состава, строения и увлажненности может находиться в различных состояниях: в парообразном, жидком и твердом состоянии, из которых жидкая делиться еще на связанную и свободную. (рис.1.6) Каждый из видов воды в породах оказывает большее или меньшее влияние на физико-механические свойства грунтов. Особенно это влияние сказывается на песчано-глинистых грунтах.

Вода в породах

Парообразная	Жидкая		Твердая
Связанная		Свободная	
Прочносвязанная	Рыхлосвязанная	Капиллярная	Гравитационная

Наибольшее влияние на механические свойства грунтов оказывает связанная вода. Связанную воду, в зависимости от степени взаимодействия с поверхностью минерала и соответствующих ему таких свойств как плотность и вязкость, делят на прочносвязанную и рыхлосвязанную [84].

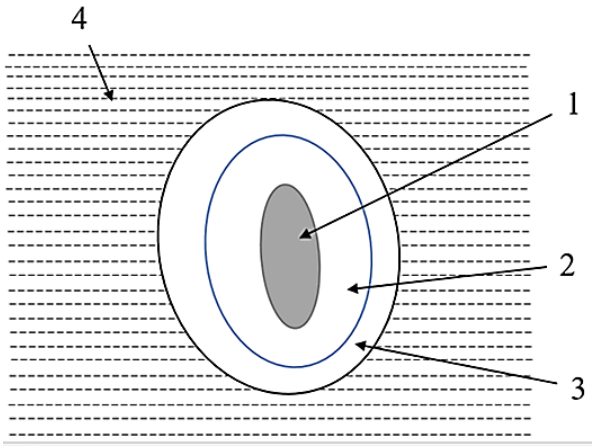


Рис. 1.6. Схема образования воды в структуре грунта

1 – минеральное зерно, 2 – прочносвязанная вода, 3 – рыхлосвязанная вода, 4 - свободная вода с растворенным газом

Газы в песчано-глинистых породах естественного сложения также являются их обязательной составной частью и в зависимости от степени водонасыщения могут находиться в свободном или связанном состояниях.

Свободный газ, сообщающийся с атмосферным воздухом, практически не оказывает влияния на физико-механические свойства грунтов, так как находится только в зоне аэрации. Связанный же газ в виде пузырьков может отличаться от состава атмосферного воздуха и оказывает существенное влияние на физико-механические свойства грунтов путем изменения объема при изменении давления и температуры и влияет на их водопроницаемость.

Парообразная вода содержится в воздухе, заполняющем поры, трещины и пустоты грунтов. Количество ее зависит от температуры и влажности грунтов, а также от упругости водяных паров в атмосфере данного района на определенный момент времени. Парообразная вода способна перемещаться от мест с большей упругостью пара к местам с меньшей упругостью. При понижении температуры она может конденсироваться, образуя капельножидкую воду.

Твердая вода в виде льда образуется в породах из гравитационной воды при температуре ниже 0°С. Лед может содержаться в горных породах в виде отдельных кристаллов, линз или прослоек, достигающих иногда значительных мощностей, особенно в районах многолетней мерзлоты. [67]

Профессором А.Ф. Лебедевым установлено, влияние плотности и влажности на прочность грунтов имеют практически параллельное значение, что наибольшее уплотнение глинистых грунтов достигается при определенной их влажности. [69]

Б.И. Долматовым установлено зависимость сопротивление сдвигу грунтов от их влажности и график представлен на рисунке 1.7.а [25]. Н.Н. Масловым тоже в свою очередь доказано зависимость сопротивляемости сдвигу грунтов от влажности и вертикального давления при неполной консолидации пылевато-глинистых грунтов. Образцы грунтов на неконсолидированный сдвиг через различные промежутки времени после приложения давлений одной и той же интенсивности, сразу после сдвига отбирается проба грунта для определения

его влажности, именно из области среза. Графики зависимости предельного сопротивления сдвигу от влажности представлены на рисунке 1.7.б. Согласно авторам, значения c_ω и φ_ω относятся к определенному состоянию грунтов. Зная эти характеристики грунтов при различных влажностях, можно построить график зависимостей удельного сцепления и угла внутреннего трения от влажности (рис. 1.7.в).

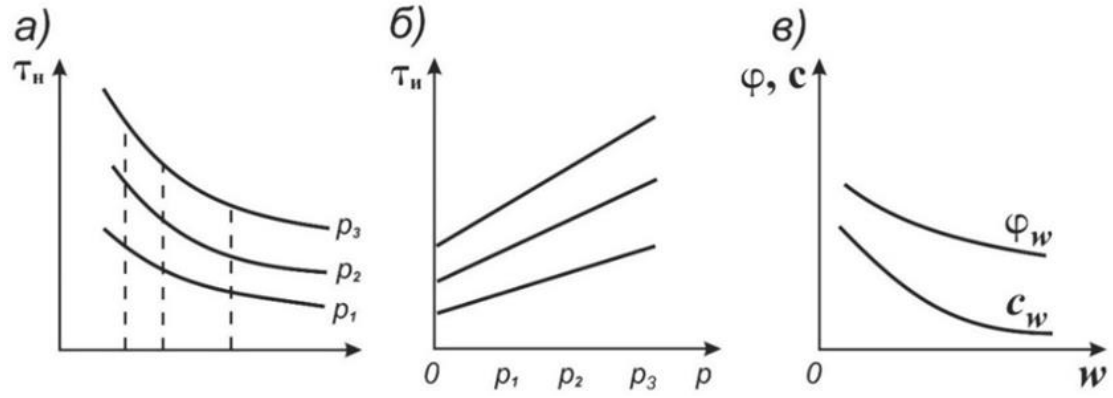


Рис. 1.7. Зависимости предельного сопротивления сдвигу от влажности (а) и от давления (б); зависимость параметров φ_w и c_w от влажности (в) [25]

Таким образом, установлено, что с уменьшением влажности, увеличивается плотность и соответственно сцепление пород резко увеличивается. Увеличение влажности в большинстве случаев ведет к снижению их прочностных свойств и ухудшению других важных свойств грунтов. Однако, не были проделаны работы, связанные с оценкой совместного влияния влажности, плотности и размера твердых частиц грунтов на их сопротивляемости сдвигу. А на откосах горных дорог гранулометрический состав имеет важное значение, поскольку после подрезки склона, выходы обнаженных коренных пород на откосе подвергаясь выветриванию имеют несколько иной зерновой состав, нежели на многовековых естественных склонах. А влажность как известно, имеет разное влияние в зависимости преобладания тех или иных размеров частиц.

Влияние гранулометрического состава грунтов на их сопротивляемость сдвигу

Твердая фаза песчано-глинистых грунтов характеризуется гранулометрическим и минералогическим составом. Если минералогический состав – это входящие в грунт минералы, то гранулометрический состав или же зерновой состав – это характеристика грунта по крупности слагающих его частиц. Стандартное наименование грунта дают по преобладающей в нем фракций, а процентное содержание тех или иных фракций выполняют путем проведения так называемого гранулометрического анализа, просеиванием грунта через стандартный набор сит. Если крупные частицы отделяют путем просеивания, то фракции меньше d <0,1мм проводят методами, основанными на измерении разной скорости осаждения частиц грунта различной крупности в воде. Частицы одного размера называют фракциями и выделяют следующие шесть групп основных фракций в зависимости от размеров частиц. (табл. 1.3)

На основе изучения минералогического состава грунтов и результате многократных испытаний доказано, что минералогический состав грунтов влияет на величину их прочности, т.е. сопротивляемости сдвигу. Влияние это осуществляется через гидрофильность, размер и форму частиц. Гранулометрический и минералогический состав грунтов тесно связаны между собой. Грубые фракции в грунте состоят из первичных минералов, которые образуются в результате продуктов физического выветривания, а тонкие фракции – из вторично образованных минералов, из продуктов химического выветривания. Основное влияние на физико-механические свойства грунтов оказывает их тонкодисперсная часть, т.е. глинистая и коллоидная составная грунтов.

Поскольку с уменьшением размеров частиц вторичных минералов, которые несут на своей поверхности отрицательный электрический заряд, быстро увеличивается удельная поверхность, что притягивают к себе молекулы воды. В силу этого крупноблочные грунты и песчаные грунты при увлажнении

меняют свои свойства незначительно, тогда как глинистые меняют значительно, переходя от твердого к текучему состоянию по мере увеличения влажности.

Гранулометрический состав влияет на такие характеристики грунта, как: пористость, высота капиллярного поднятия, водопроницаемость, величину поглотительной способности, усадку грунта, набухание, водный, тепловой и воздушный режимы, [78] но вопросы о его совместном влиянии с влажностью и плотностью на прочностные показатели грунта до сих пор остается открытым.

Следует отметить, что в работах Н.Н. Маслова все-таки рассматривается совместное влияние гранулометрического состава и плотности грунтов на их сопротивляемости сдвигу.

Таблица 1.3. - Группы основных фракций грунта по гранулометрическому составу [20]

Фракции (частицы)	**Размер частиц, мм**
Валунные (глыбовые)	более 200
Галечниковые (щебенистые)	10 – 200
Гравийные (дресвяные)	2 – 10
Песчаные	от 2 до 0,05
Пылеватые	0,05 до 0,005
Глинистые	менее 0,005

Однако, в этих работах испытания проведены только для *неглинистых* зернистых или сыпучих пород, песков различной крупности, гравия, гальки, щебня и так далее. Согласно результатам, сопротивление сдвигу зависит от плотности и увеличивается с его возрастанием (рис. 1.8). Для таких условий испытания применялся зависимость линейного характера, учитывающий свойства грунта по пористости, которая носит имя французского ученого Кулона, впервые установившего ее для сыпучих пород.

При этом установлено, что структурное сцепление в сыпучих грунтах проявляется только при высокой плотности и обусловливается главным образом

взаимным «зацеплением» зерен, которое характерно особенно для плотных разнородных по гранулометрическому составу сыпучих грунтов.

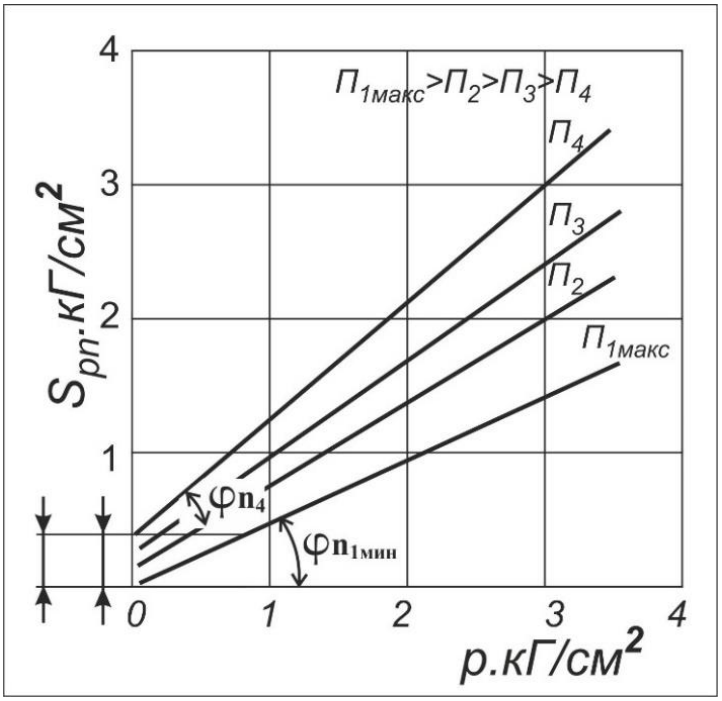


Рис. 1.8. Зависимость сопротивляемости сдвигу зернистых пород от нагрузки при разной их плотности. [88]

А также, сопротивляемость сдвигу сыпучих грунтов возрастает с увеличением их плотности, при условии отсутствия возможности разуплотнения в результате деформации вызванный сдвигающими напряжениями, поскольку деформация сопровождается выходом зерен из своих гнезд, где они находились в плотном состоянии.

Каждый вид глинистого грунта по мере насыщения водой имеет два предела пластичности. Нижний предел Wp соответствует минимальной влажности, при которой грунт из твердого состояния переходит в пластичное, и называется границей раскатывания.

Верхний предел *Wm* соответствует максимальному проценту влажности, при котором глинистый грунт переходит из пластичного состояния в текучее. Разность влажностей между верхним и нижним пределами пластичности называется числом пластичности *Jp*. Пределы пластичности и число пластичности широко используются при классификации глинистых грунтов, определении расчетных сопротивлений грунтов и приблизительной оценке

устойчивости грунтов на склонах, откосах горных дорог, выемках различного назначения. Необходимо подчеркнуть, что число пластичности характеризуют не грунт в целом, а только слагающие его частицы, главным образом глинистые составные, косвенно указывая на их минералогический состав, степень дисперсности грунта, форму и концентрацию порового раствора. [12,96]

Глинистые грунты в зависимости от числа пластичности по ГОСТУ 25100 подразделяются на следующие виды: [21]

Значение гранулометрического состава грунтов в гражданском строительстве, в дорожном деле, в почвообразовании и оценке устойчивости фундаментов известно давно.

Таблица 1.4 - Классификация грунтов в зависимости от числа пластичности

Грунт	**Число пластичности, %**
Супесь	$1 < I_p \leq 7$
Суглинок	$7 < I_p \leq 17$
Глина	$I_p > 17$

В СССР первые классификации элементов почвы по крупности был составлен Н.А. Качинским [47]. В работе Л.М. Татаринцева [99] доказано широкое варьирование содержания физической глины и илистой фракции для почв различных зон Алтайского края. В то же время роль отдельных факторов пространственной изменчивости соотношения фракций гранулометрического состава пока остается неизученной. В литературе нет сведений о роли соотношения фракций гранулометрического состава в оценке и прогнозировании устойчивости откосов или склонов.

До настоящего времени в качестве основного показателя устойчивости грунтов на склоне или откосе при равной его крутизне принимали сцепление и угол внутреннего трения, при этом практически не принимали во внимание гранулометрический состав данного грунта, который имеет прямое влияние на эти же самые показатели.

Влияние температуры воздуха на сопротивляемость сдвигу грунтов.

Основными причинами нарушение местной устойчивости являются процессы влагонакопления перед промерзанием, последующее прогревание грунта, весенние атмосферные осадки, потеря устойчивости вследствие перехода грунта в текучее состояние и смещения по откосу.

Изменение прочностных свойств грунтов происходит при увлажнении или высыхании грунтов и изменения температуры с глубиной. Причем изменение влажности происходит как за счет сезонных, так и суточных колебаний температуры воздуха.

В результате высушивания грунтов прочность их возрастает и увеличение это обусловлено сближением частиц при усадке в результате удаления прослоев воды из контактов между частицами. Вследствие этого интенсивность электростатического и молекулярного взаимодействия между частицами резко возрастает и обусловливает большую прочность, чем для влажных образцов. Это в основном в летний период, когда уменьшается количество осадков на откосы, так же и в мерзлых породах в зимний период, когда увеличивается прочность за счёт замерзания.

Известно, что в период года с отрицательными температурами, грунт на поверхности откоса замерзает, тем самым к твердой, жидкой и газообразной компоненты грунта, прибавляется лед, а глубина промерзания грунта зависит от высоты местности, типа грунта, от состава грунта, теплопроводности и теплоемкости.

Согласно проведенным наблюдениям на метеостанциях Суусамыр, Алабель, и анализа результата этих наблюдений, установлено, что наибольшая глубина промерзания в зависимости от высоты местности отмечена в крупнообломочных грунтах, наименьшая - в суглинках (рис. 1.9).

В период года с положительными температурами помимо свободной воды в грунтах начинает таять и связанная вода, что приводит к увеличению его влажности. Пленочная вода в грунте обладает повышенной вязкостью,

упругостью, замерзает при температуре -2°С а, оттаивает при температуре 0°С. [81]

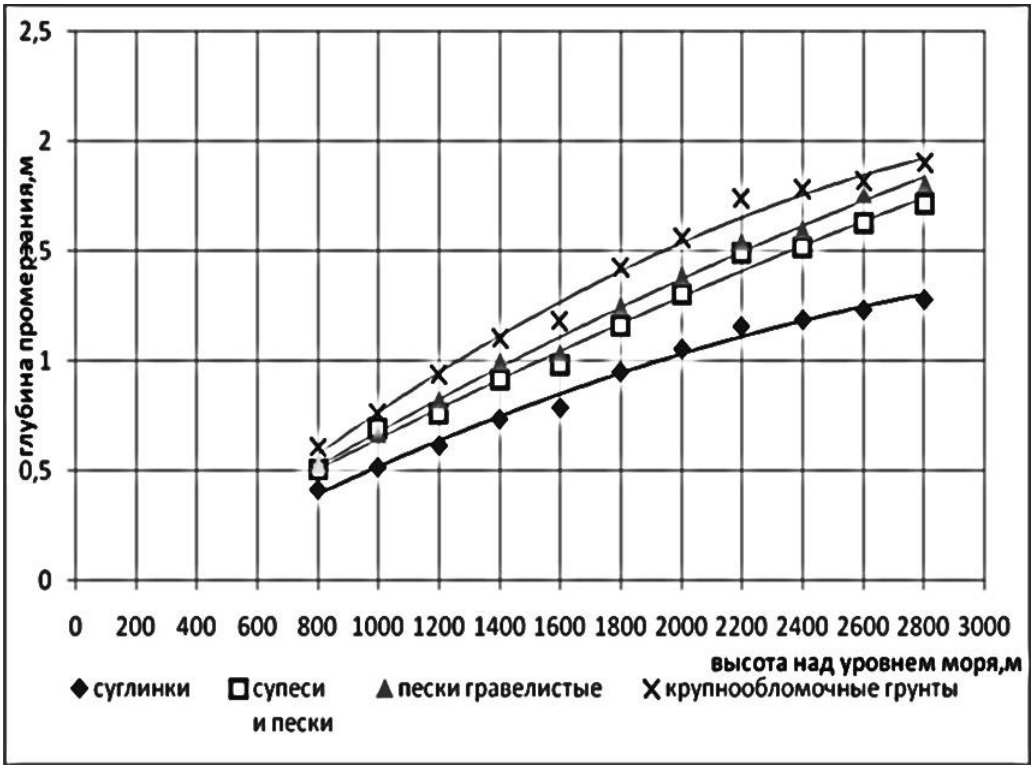


Рис. 1.9. Зависимость глубины промерзания грунтов, откосов выемок горных дорог от типа грунта и высоты местности

За счет этого, нарушение местной устойчивости откосов происходит в весенний период года, даже на тех участках, где практически нет снежного покрова.

Теплопроводность грунтов больше осенью и весной, когда температура его изменяется сравнительно быстро и движение почвенной влаги наиболее интенсивно; в летние месяцы теплопроводность грунтов уменьшается из-за высыхания почвы и увеличения испарения с ее поверхности.

Другая особенность воздействия годовых колебаний температуры на изменение теплофизических характеристик грунта связана с изменением агрегатного состояния почвенной влаги, поскольку, например, коэффициент теплопроводности льда (12,32 Вт/(м*°С)) значительно превышает коэффициент теплопроводности воды (0,58 Вт/(м*°С)) [92]

Значения коэффициента теплопроводности различного вида грунтов при различной степени увлажнения приведены в табл. 1.5 [32].

На основании анализа коэффициента теплопроводности для различного типа грунтов установлено, что с увеличением размера частиц преобладающей фракции в грунте, коэффициент теплопроводности увеличивается.

Таблица 1.5. - Коэффициент теплопроводности грунтов в зависимости от степени увлажнения

N п.п.	**Вид грунта**	**Коэффициент теплопроводности грунтов λ, Вт/(м*°С)**		
		сухого	влажного	водонасыщенного
1	Песок, супесь	1,10	1,92	2,44
2	Глина, суглинок	1,74	2,56	2,67
3	Гравий, щебень	2,03	2,73	3,37

Коэффициент теплопроводности существенно зависит от влажности грунта. С возрастанием влажности от сухого грунта влажностью составляет 2-5% до водонасыщенного влажностью 23-25%, коэффициент теплопроводности увеличивается практически в 2раза.

По вопросам изучения причин, приводящих к снижению сопротивляемости сдвигу мерзлых и талых грунтов в почвоведении и фундамента-строении, занимались ряд видных ученых и имеется обширный материал [13,16,17,117,118]. В своих работах о талых грунтах М.Н. Гольдштейн пишет: "Можно считать твердо установленным, что лишь наличие трещин, заполненных водой и образовавшихся на месте оттаявших линз льда, является основной причиной пониженного сопротивления грунта деформациям при оттаивании, причем и после удаления воды из трещин стенки последних остаются на некоторое время местом пониженного сопротивления сдвигу", из которого можно сделать вывод, что вода, сосредоточившаяся в некоторых

прослойках грунта в результате ее миграции при замерзании последнего и образовании плоскостей облегченного скольжения грунта, является первостепенной причиной пониженного сопротивления сдвигу грунта на границе раздела талый грунт -мерзлый грунт.

В теориях Н.А. Цытович говорится [117], что грунт, оттаявший после замораживания, по своим физическим свойствам будет несколько отличаться от такого же талого грунта, но не подвергавшегося замораживанию, указывает, что это различие выражается в том, что только что оттаявший слой вечно мерзлого грунта еще не приобрел свойственной ему структуры и в том, что только что оттаявший слой подстилается на некоторой глубине, пластом мерзлого грунта резко отличающимся от оттаявшего слоя по техническим и физическим своим свойствам.

В работах Н.А. Цытовича и М.И. Сумгина описывается [117,118] процесс льдовыделения мерзлоталого грунта. Температура замерзания и оттаивания, льдообразование, а также изменение свойств грунтов при многократных циклических воздействиях не носят одинаковый характер во всех типах грунтов [37], например, глинистые грунты, могут полностью потерять свою сплошность, скальные и полускальные, особенно сильно трещиноватые грунты начинают осыпаться, а неводостойкие скальные грунты переходят в вязкую жидкость. Было установлено зависимость выделения льда в грунтах от их гранулометрического состава [13], представленный в таблице 1.6.

Результат показывается прямую зависимость прочности грунта от температуры и влажности, с уменьшением температуры прочность грунта возрастает при любом значении влажности, что естественно для мерзлого грунта.

Из всего проанализированного выше можно заключить, что механизм снижения сопротивления сдвигу на границе талый грунт и мерзлый грунт весьма сложный и в этой области проделаны обширные исследования и получены немалые результаты. [58]

Таблица 1.6. - Данные о льдистости грунтов в зависимости от их гранулометрического состава

Название грунта	**Гранулометрический состав**			**Температура грунта, ^{0}C**	**Влажность, %**	**Льдистость, %**
	песок >0,1	**пыль 0,1-0,005**	**глина 40,00^5**			
Пылеватый песок	10,53	82,78	6,69	-14	19,77	13,15
Суглинок	53,35	33,06	13,59	-14	33,75	16,73
Глина каолиновая	5,52	57,98	36,50	-14	54,44	43,22
Глина монтмориллонитовая	9,00	69,0	22,00	-14	71,58	51,58
Глина монтмориллонитовая	8,5	11,5	80,00	-14	174,88	120,40

В исследовании свойств мерзлых грунтов также были проведены эксперименты и получено зависимость прочности на сжатия грунтов от их температуры и влажности. (рис. 1.10). [122]

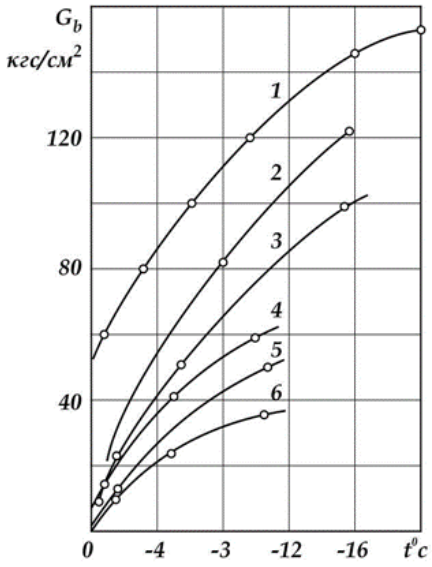


Рис. 1.10. Предел прочности на одноосное сжатие мерзлых грунтов в зависимости от температуры и влажности.

Однако, несмотря на то, что сопротивление сдвигу грунтов при попеременном замерзании и оттаивании в зависимости от сезонного колебания

температуры местности имеет огромное значение при оценке устойчивости оползневых склонов и откосов дорожных выемок, на сегодняшний день не имеет теоретического объяснения причины уменьшения прочности грунтов на сдвиг и экспериментальному исследованию этого вопроса не было уделено должного внимания. Особенно при эксплуатации горных дорог, когда наблюдается явления повышенной влажности грунтов откоса в весенний период без обильных осадков на дорогах на высоте более 1800-2000м, где снежный покров практически отсутствует и повышение влажности оттаивающего грунта невозможно объяснить снеготаянием.

1.4. Цель и задачи исследований

Таким образом, на основе проведенного анализа установлено, что общими чертами всех аварий, связанных с нарушением устойчивости откосов, в первую очередь являются факторы приводящие к снижению сопротивляемости сдвигу грунтов на откосах. Однако в расчетах и оценках местной устойчивости практически не учитываются влияние таких свойств грунтов как гранулометрический состав, и температура самих грунтов.

В связи с этим определена цель данной работы, заключающаяся в установлении степени влияния плотности, влажности, гранулометрического состава грунтов и сезонных колебаний температуры на местную устойчивость откосов горных дорог и их параметры. Для достижения этой цели сформулированы следующие задачи исследования.

Задачи:

5. Провести ретроспективный анализ основных причин, влияющих на нарушение местной устойчивости откосов горных участков автомобильных дорог на склонах;
6. Разработать методику по оценке степени влияния гранулометрического состава грунтов и сезонных колебаний температуры воздуха на прочностные характеристики и сопротивляемости сдвигу грунтов в лабораторных условиях;

7. Установить оптимальные параметры откосов выемок горных дорог с учетом гранулометрического состава грунтов;
8. Оценить местную устойчивость откосов дорожных выемок на горных склонах.

ГЛАВА 2. ОБЩАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

На основе проведённого ретроспективного анализа научной литературы выявлено, что при оценке местной устойчивости откосов горных дорог особого внимания требуют прочностные характеристики грунтов, слагающих откос, которые характеризуются сопротивляемостью их сдвигу, которая в свою очередь зависит от физико-механических свойств. Выявлено, что влияние влажности и плотности играет большую роль, однако до сегодняшнего дня не было уделено должного внимания влиянию гранулометрического состава глинистых грунтов и сезонного колебания температуры на их сопротивляемости сдвигу.

В связи с этим, разработана методика оценки влияния плотностных свойств грунтов и сезонного колебания температуры воздуха на сопротивляемость сдвигу грунтов.

Для проведения тестовых лабораторных экспериментов и для многократного повторения эксперимента в одинаковых условиях производили работы в лабораторных условиях на образцах-близнецах. Для определения прочностных свойств представленных грунтов был использован метод неконсолидированного (быстрого) сдвига.

2.1. Методика оценки влияния плотности, влажности и гранулометрического состава грунтов на их сопротивляемости сдвигу

В литературе известно множество методов лабораторного определения сопротивляемости грунтов сдвигу и большое разнообразие типов сдвиговых приборов, применяемых в лабораторных испытаниях. Допустим, в Англии в основном используют прибор простого сдвига, для оценки остаточной прочности грунтов которая используется в расчетах устойчивости склонов. В Норвегии рекомендуется прибор простого сдвига, конструкция которого была предложена Bjerrum и Landva в 1966г, в Японии предпочтение отдают прибору прямого сдвига, разработанный Микаса в 1960г. [97,39]

Испытания в условиях прямого среза в странах ближнего зарубежья проводят на приборе одноплоскостного среза конструкции Н.Н. Маслова – Ю.Ю. Лурье [46,19], получившим широкое распространение в нашей стране. Прибор был изобретен в 1949г, позже он был модифицирован в НИИ «Гидропроект» в городе Угличе, где и в дальнейшем выпускался. Испытания пород в условиях прямого среза - это самый простой, общеупотребительный и наиболее старый метод испытания пород на сдвиг. Согласно методике, сопротивляемость сдвигу грунтов - τ определяется испытанием образцов на одноплоскостном срезном приборе с фиксированной плоскостью среза, П10-С (рис. 2.1). В лабораторных испытаниях по оценке влияния водно-физических свойств и сезонного колебания температуры, нами был использован данный прибор.

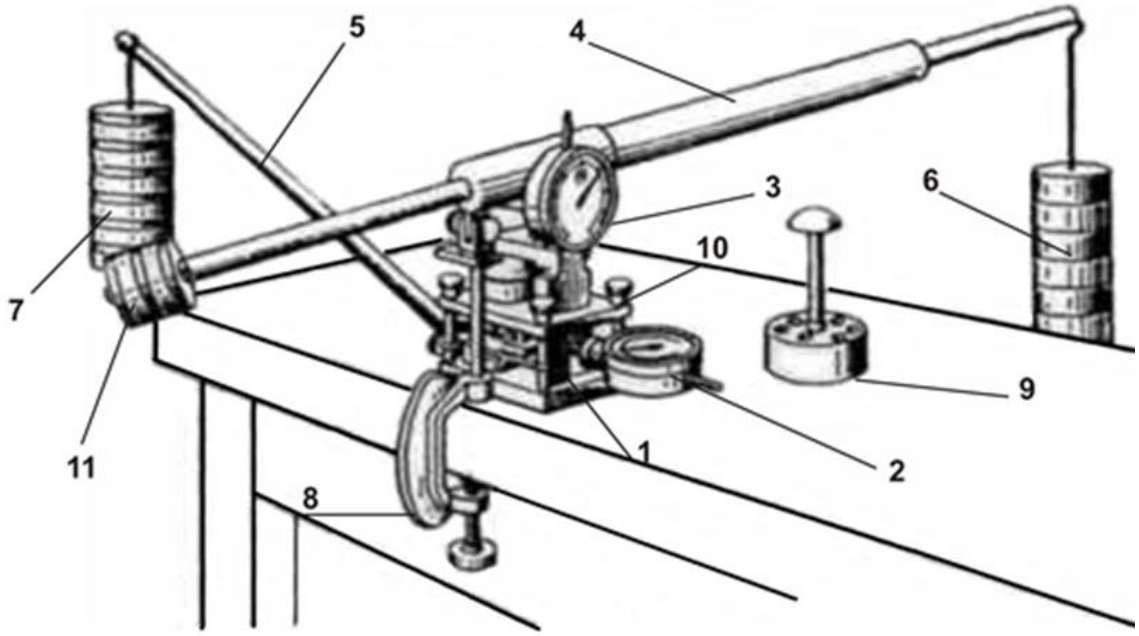


Рис. 2.1 Общий вид прибора П-10С для испытания грунтов на сдвиг

1-разрезная гильза; 2-индикатор, для замера горизонтальных перемещений; 3-индикатор, для замера вертикальных перемещений; 4-телескопическая рычажная система для вертикальной нагрузки, грузом 6 и противовесом 11; 5-рычаг для горизонтальной нагрузки с подвеской и грузами 7; 8-штатив для закрепления прибора; 9-приспособление для перемещения испытываемого образца грунта в прибор; 10-гайки; 11-противовес.

Испытания по данной методике можно проводить медленным и быстрым сдвигом, соответственно консолидированным и неконсолидированным сдвигом, которая определяется соотношением между вертикальной нагрузкой и сопротивлением сдвигу:

-консолидированный (медленный) сдвиг – это когда до приложения сдвигающего усилия образец уплотняют соответствующим вертикальным давлением, сжимающая и сдвигающая нагрузка прикладывается медленно и влажность при этом будет изменятся почти в полном соответствии с изменениями напряжений. Испытание проводится в условиях свободного оттока воды (дренирования). Метод применяется для исследования грунтов в условиях уплотненного состояния и дает возможность оценить прочность основания построенного сооружения;

-неконсолидированный (быстрый) сдвиг – это когда сдвигающее усилие прикладывается без предварительного уплотнения образца в условиях отсутствия дренирования и влажность образца остаётся практически неизмененной при действии как сжимающих, так и сдвигающих усилий [96]. Метод применяется для исследования грунтов в условиях нестабилизированного состояния (для суглинков и глин при степени влажности S =0,85 и показателе текучести J_L=0,5).

На основании проведенных испытаний вычисляется основные параметры сдвига: угла внутреннего трения и сцепления С. Для этого по полученным результатам строится график (рис.2.2) зависимости сдвигающих усилий от вертикальной (сжимающей) нагрузки.

Угол наклона прямой к горизонтальной оси φ – угол внутреннего трения. Отрезок на оси ординат, отсекаемый построенной прямой С - сцепление грунта.

Уравнение этой прямой

$$T = Ptg\varphi + C \qquad (1)$$

где Р – приложенная нагрузка, кг

$tg\varphi$ - коэффициент трения, град

С- сцепление, МПа

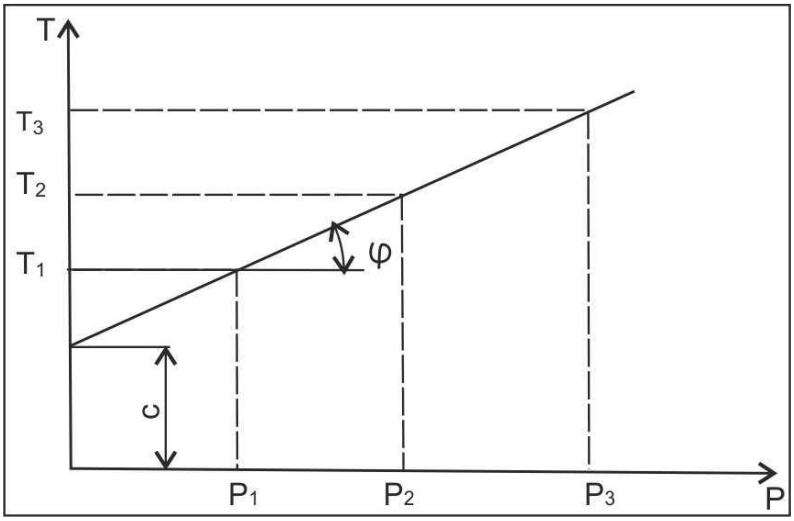


Рис. 2.2. График зависимости сдвигающих усилий от вертикальной нагрузки

Согласно методике, лабораторный эксперимент проводили на односрезном сдвиговом приборе П10-С, по общепринятой методике при неконсолидированном (быстром) сдвиге.

Заданную величину вертикальной нагрузки прикладывали в один прием, а сопротивление сдвигу соответствовало нагрузке, при которой происходит резкое нарастание сдвига. Для построения графика соответственно испытывали по три образца для каждой серии образцов.

Для многократного повторения тестовых экспериментов в одинаковых условиях испытания производили в лабораторных условиях, искусственные образцы изготавливали сериями одинаковыми заданными значениями диаметров частиц грунта, плотности и влажности, далее называемых образцами-близнецами.

Изготовление образцов пород с заданным диаметром твердых частиц

Для проведения многократных тестовых лабораторных экспериментов были изготовлены образцы грунта с заданными диаметрами твердых частиц равной: Ø=0,25мм, Ø=0,5мм, Ø=1мм, Ø=2мм, представленные на рисунке 2.3

Рис. 2.3 Подготовленные грунты с разными размерами частиц, для изготовления искусственных образцов

Значения размера твердых частиц были выбраны те, которые наиболее преобладают на откосах дорог. Разделение фракций производили ситовым методом – стандартным методом просеивания по ГОСТ 12536-79. [20] Этот метод позволяет определять содержания в породе фракций диаметром более 0,1мм. (рис.2.4).

Для работы использовали воздушно сухой песчано-глинистый грунт. Согласно принятой методике подготовки грунтов к анализу гранулометрического состава [120], грунт высушивали при комнатной температуре в течении 2суток, затем высушенный грунт растирали на ступке с

помощью пестика до исчезновения слипшихся комков, не разрушая ее структуры и отдельные минеральные зерна (рис.2.5).

Рис. 2.4. Комплект сит для определения гранулометрического состава глинистых и песчаных пород

После этого просеивали через комплект сит с стандартными диаметрами отверстий, после чего содержимое каждого сита с выбранными для эксперимента (Ø=0,25мм, Ø=0,5мм, Ø=1мм, Ø=2мм) размерами частиц хранили отдельно, для приготовления образцов с заданными размерами частиц.

Рис. 2.5. Фарфоровая ступка с пестиком

Для каждого заданного значения размера частиц грунта изготавливали по три образца (одна серия) с заданными значениями плотности и влажности.

Изготовление образцов грунта с заданной плотностью

При изготовлении искусственных образцов заданные значения влажности и плотности выполняли согласно ГОСТ 30416-96 [22]. Заданные значения плотности для образцов были выбраны исходя из наиболее характерных значений плотности грунтов на откосах равные: ρ=1300кг/м^3, ρ=1500кг/м^3 и ρ=1700кг/м^3. Образцы изготавливали на стандартных режущих кольцах, показанных на рисунке 2.6.

При отсутствии приборов стандартного уплотнения расчет количество грунта на каждую максимальную плотность сухого грунта ρ, кг/м^3, (при заданной влажности) производили по формуле 2.1, предварительно рассчитав массу грунта, которая в объеме стандартного кольца обеспечить плотность образца.

$$m = V_k * \rho_з, \quad (2.1)$$

где $\rho_з$ – заданная плотность образца, кг/м^3

V_k – объем кольца, м^3

Испытуемые образцы изготавливались на стандартных кольцах размерами 5,6х2,0см, объем которых V_k постоянный.

Значения расчетного количество грунта для заданных плотностей, приведены в таблице 2.1

Рис. 2.6. Стандартные режущие кольца для отбора и изготовления образцов грунта

Таблице 2.1 - Значения расчетного количество грунта для заданных плотностей

Задаваемая плотность образца, кг/м^3	**Объем кольца изготавливаемого образца, м^3**	**Масса грунта, кг**
1300	$50{,}26*10^{-6}$	0,065
1500	$50{,}26*10^{-6}$	0,075
1700	$50{,}26*10^{-6}$	0,085
Общая масса грунта для серии, г		0,227

При приготовлении образцов с заданными значениями плотности, согласно «методике изготовления образцов грунта с заданными значениями влажности и плотности сухого грунта», использовали кольца с жестким дном, применяя метод послойного трамбования.

Изготовление образцов пород с заданной влажностью

Для получения заданной влажности образцов, в заранее взвешенную массу грунта необходимо добавляли расчетное количество воды, полученную из выражения 2.2. [22] Перед расчетом количества воды также необходимо определить исходную влажность используемого грунта W.

$$Q_p = \frac{m_г(W_з - W)}{\rho_w(1+W)} \qquad (2.2)$$

где $m_г$- масса исследуемого грунта при влажности, W г;

$W_з$- заданная влажность грунта, %, W – исходная влажность грунта, %

ρ_w – плотность воды, равная 1г/см^3

После увлажнения грунт тщательно перемешивали и помещали в эксикатор (для полного равномерного распределения влаги), где увлажненная консистенция простаивала не менее чем на 12часов с последующим контрольным определением влажности, после чего изготовлялись одинаковые образцы на стандартных кольцах и сдвигались. (рис. 2.7)

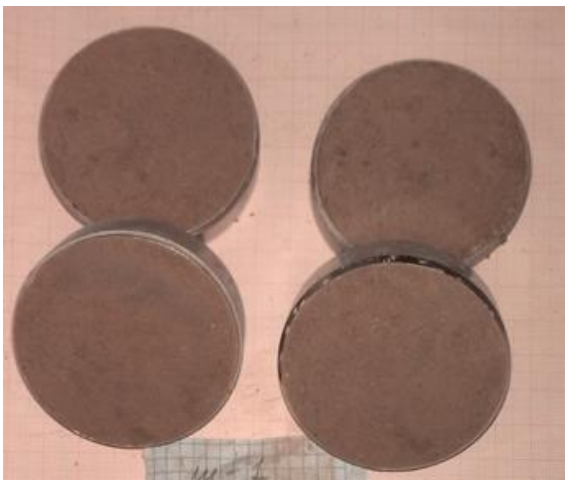


Рис. 2.7. Изготовленные образцы грунта для испытания на сдвиг

После сдвига образцы снова измельчали, растеряли, сушили, просеивали через сито с соответствующим диаметром отверстий и готовили к следующему испытанию.

Для методики образцам были заданы влажности равные W=10%, W=15%, W=20%, W=25%. Расчетное количество воды для одной серии эксперимента (три образца) приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Расчетное количество воды для каждого значения заданной влажности

Масса грунта m, кг	**Заданная влажность грунта Wз, %**	**Исходная влажность грунта W, %**	**Плотность воды ρw, кг/м^3**	**Количество воды, Qp, г**
0,227	10	0,025	0,01	0,017
0,227	15	0,025	0,01	0,028
0,227	20	0,025	0,01	0,039
0,227	25	0,025	0,01	0,050

Изготовленные образцы-близнецы хранились в течении 3-5часов в эксикаторе до проведения испытаний. Общие расчетные значения заданных свойств образцам-близнецам для первой серии эксперимента для оценки совместного влияния влажности, плотности и размера твердых частиц на сопротивляемость грунтов приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Исходные значения заданных плотностных свойств искусственных образцов-близнецов для испытания на сдвиг

Плотность ρ, г/см^3	1,30				1,50				1,70			
Влажность W, %	10	15	20	25	10	15	20	25	10	15	20	25
Диаметр частиц d, мм	0,25				0,25				0,25			
	0,50				0,50				0,50			
	1,00				1,00				1,00			
	2,00				2,00				2,00			

Каждому выбранному значению размера частиц задавались три разных значений плотности, а каждому значению плотности по четыре значения влажности. Таким образом для проведения однократного эксперимента при одном только значении размера частиц грунта, изготавливались и испытывались 12серий образцов.

Методика оценки влияния гранулометрического состава грунтов на их сопротивляемость сдвигу

Для эксперимента были определены влажность грунта на границе раскатывания и на границе текучести для установления значения влажности, при которой происходит нарушение прочных связей между минеральными частицами в грунте. Значения влажности этих величин были определены согласно ГОСТ 5180-84 [23], граница текучести – методом сбалансированного конуса, граница раскатывания – методом раскатывания грунтов в жгут.

Границу текучести грунта определяли для каждого размера частиц как влажность искусственного образца с заданными плотностными характеристиками с помощью сбалансированного конуса, который погружается в грунт на специальной чашке с определенной влажностью под действием собственного веса.

Балансирный конус — это металлический пенетрационный конус (угол при вершине 30°) с одинаковыми противовесами с двух сторон, жестко

закрепленными на нем так, что центр тяжести устройства в рабочем положении опущен ниже вершины конуса для устойчивости при измерениях. Общая масса конуса составляет 76±0,2г имеет кольцевую риску в 10мм от вершины. (рис. 2.8)

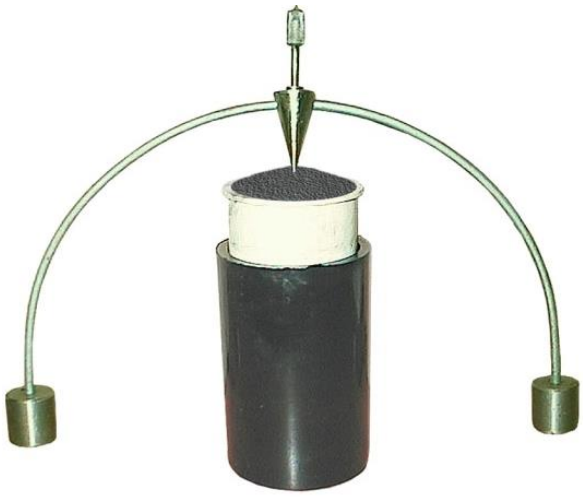


Рис. 2.8. Сбалансированный конус Васильева.

Увлажненную грунтовую массу тщательно перемешивали шпателем и небольшими порциями плотно и без воздушных полостей наполняли грунтом цилиндрическую чашку к сбалансированному конусу. Поверхность заполненной чашки с грунтовой массой заглаживали вровень с верхними краями с помощью шпателя. Кончик конуса, заранее смазанный тонким слоем вазелина, подводим к поверхности грунтовой массы так, чтобы его острие касалось ее. Затем плавно и равномерно отпускаем конус прямо в центр, для его погрузки в грунт под действием собственного веса. Погружение конуса в испытуемый грунт в течение 5сек до указанной метки на 10 мм показывает, что достигнута влажность на границе текучести и работа прекращается с последующим отбором пробы массой 15—20 г для определения влажности по ГОСТ 5180-84 по формуле 2.3:

$$W = \frac{\left(m_{вл} - m_{выс}\right)}{m_{выс}} * 100,\% \qquad (2.3)$$

где $W_{вл}$ – масса влажного образца, %

$W_{выс}$ – масса высушенного образца, %

Границу раскатывания определяли по известному методу раскатывания грунта в жгут, при которой грунт, раскатываемый в жгут диаметром до 3мм, начинает распадаться на кусочки длиной 3—10 мм [23].

Подготовленную увлажненную грунтовую массу также тщательно перемешивали для равномерного распределения влаги, затем небольшой кусочек из этой массы раскатывали ладонью на оргстекле до образования жгута диаметром 3мм. Если жгут сохраняет связность и пластичность, его следует собирать обратно в комок и вновь раскатать до образования жгута такого диаметра. При этом длина жгута не должна превышать ширины ладони.

Таким образом раскатывание необходимо продолжать снова и снова пока жгут не начнет покрываться поперечными трещинами и крошиться на кусочки длиной 3—10мм. Кусочки распадающегося жгута собираем в бюксы по 10—15г, взвешиваем и по полученным данным определяем влажность грунта по формуле 2.3.

По результатам полученных значений границы текучести и границы раскатывания грунтов, определили значение числа пластичности грунтов по формуле 2.4.

$$J_p = W_T - W_P \tag{2.4}$$

где W_m – влажность на границе текучести, %

W_p – влажность на границе раскатывания, %

Результаты определения влажности на границе текучести, границе раскатывания и числа пластичности для грунтов с различным размером частиц, приведены в таблице 2.4.

На основании анализа полученных значений числа пластичности для грунтов с различным размером твердых частиц установлено, что число пластичности практически не зависит от размера частиц и находится в пределах 7-10.

Для проведения эксперимента по оценке влияния гранулометрического состава грунтов на их сопротивляемости сдвигу также были изготовлены

искусственные образцы-близнецы по заданными свойствами представленной в таблице 2.5.

Таблица 2.4 - Значение влажности на границе текучести и границе раскатывания

Диаметр частиц d, мм	**0,25**			**0,50**			**1,0**			**2,0**		
Плотность грунта $\rho*10^3$ кг/м^3	1,3	1,5	1,7	1,3	1,5	1,7	1,3	1,5	1,7	1,3	1,5	1,7
Влажность на границе текучести W,%	21,6	22,3	21,7	21,5	22,5	22,5	21,9	21,3	21,9	20,3	20,6	21,1
Влажность на границе раскатывания W,%	13,6	14,0	14,6	12,6	12,3	11,7	12,4	12,3	13,0	14,6	12,5	12,9
Число пластичности Iп	6	8	7	9	10	11	9	9	9	5	8	8

Размеры частиц грунта были выбраны также Ø=0,25мм, Ø=0,5мм, Ø=1мм, Ø=2мм, для каждого размера твердых частиц были три разные плотности, каждой плотности которой соответствует свое значение влажности на границе раскатывания и границе текучести.

Таблица 2.5. - Исходные значения заданных свойств искусственных образцов-близнецов для испытания на сдвиг

Влажность W, %	**12**			**22**		
Плотность ρ, кг/м^3	1300	1500	1700	1300	1500	1700
Диаметр частиц d, мм	0,25			0,25		
	0,50			0,50		
	1,00			1,00		
	2,00			2,00		

После изготовления образцы согласно методике, оставлялись в эксикаторе на 3-5часов для полного и равномерного распределения влаги в грунте. После чего подвергались испытанию быстрого сдвига.

2.2 Последовательность оценки влияния температуры воздуха на сопротивляемость сдвигу грунтов

А) Методика оценки влияния температуры воздуха на температуру грунта

Для начала необходимо было установить влияние температуры воздуха на температуру самого грунта. Для работы использовали значения влажности равные границе текучести и границы раскатывания. Использовали также искусственный грунт с нарушенной структурой, с постоянным размером частиц Ø=0,5мм, с заданной плотностью ρ=1500 кг/м^3 и с заданной влажностью равной границе текучести W=20% и раскатывания W=12%

Изготовление образцов также производилась согласно разработанной методике по ГОСТ 5180-84. Заданные значения температуры образцам были равны t=+60^{0}C, t=+50^{0}C, t=+40^{0}C, t=+30^{0}C, t=+20^{0}C и t= -10^{0}C, которые были выбраны исходя из среднегодовых температурных колебаний в горных условиях (табл. 2.6.). Для каждой температуры изготавливались по три серии образцов (девять образцов) и для положительных температур нагревались в сушильном шкафу или охлаждались в холодильнике для отрицательных температур в течение трех часов.

Таблица 2.6. - Исходные значения заданных свойств искусственных образцов оценки влияния температуры воздуха на температуру грунта

Плотность ρ, кг/м^3	1500													
Диаметр частиц d, мм	0,5													
Влажность W, %	12							22						
Температура воздуха, град	-10	+10	+20	+30	+40	+50	+60	-10	+10	+20	+30	+40	+50	+60

Образцы грунта первой серии были помещены в термостат и нагреты до температуры в термостате $+60^0$, вторая серия образцов помещена в термостат с температурой $+50^0$ и 40^0, следующая оставлена при комнатной температуре $+30^0$, $+20^0$ и 10^0 далее образцы грунта были помещены в среду с температурой 0^0, последняя серия образцов помещена в среду с температурой -10^0.

После нагревания или охлаждения все образцы сразу подвергались испытанию на сдвиг, после чего по полученным данным строили график зависимости сопротивления сдвигу грунтов от нагрузки и определялись прочностные характеристики угол внутреннего трения и сцепления. Такой порядок испытаний проводился как для образцов с влажностью на границе текучести, так и для образцов с влажностью на границе раскатывания.

Б) Методика оценки влияния температуры воздуха на время водонасыщения грунта

На условия устойчивого состояния грунтов откоса дорожной выемки в зоне активного воздействия осадков и температуры воздуха оказывает влияние водонасыщение грунта.

Для оценки впитывания воды грунтом при различной температуре, образцы грунта при постоянном размере частиц равной Ø=0,5мм и плотностью 1500кг/м^3 и влажности равной границе раскатывания данных грунтов W=12%. Образцы также изготавливались на стандартные кольца цилиндрической формы. Первую серию образцов нагревали до температуры 50^0C, вторую серию образцов с такими же плотностными свойствами охлаждали до -10^0C, третью оставляли при комнатной температуре $+30^0$C. Все образцы выдерживали при заданной температуре в течение 3часов.

Затем все образцы помещали в емкость с одинаковым количеством воды, при этом температуру воды выдерживали при 28-30^0C как для условий комнатной температуры. Образцы промачивались с водой со дна, в качестве подставки использовали сито с диаметром отверстий 0,5мм, равному диаметру частиц испытуемого грунта. Под сито подставлялся поддон, куда заранее была

налито вода с одинаковым объемом для всех образцов. Фиксировалась время появления воды на поверхности образца, также расход впитываемой воды путем взвешивания оставшейся воды и самого образца.

В) Методика оценки влияния температуры воздуха на прочностные характеристики грунта

С целью выявления влияния температуры воздуха на сопротивляемости сдвигу грунтов, изготовили искусственные образцы с заданной плотностью 1500кг/м^3 и размерами твердых частиц грунта Ø=0,5мм. Эксперименты проведены для образцов грунта влажностью на пределе раскатывания (12%), естественной влажности (16%) и на пределе текучести (22%). Изготовленные на стандартные кольца искусственные образцы подвергались воздействию температуры воздуха от –10^{0}С до +65^{0}С. Каждые серии образцов при разных влажностях выдерживались при заданных температурах воздуха в течении 3часов, после которого подвергались испытанию на сдвиг.

Для оценки влияния температуры воздуха на угол внутреннего трения и сцепление проводили на образцах, изготовленных из грунта с размерами частиц Ø=0,5мм и влажностью 20% (ниже влажности на пределе текучести, но выше влажности на пределе раскатывания). Изготовленные образцы при данных заданных свойствах, выдержанных при температуре воздуха от -10^{0}С до 60^{0}С в течении 3часов испытывали на сдвиг.

Г) Методика оценки совместного влияния влажности и температуры на сопротивление сдвигу грунтов

Для работы был использован грунт с заданным диаметром твердых частиц Ø=1мм. Из него изготавливали образцы-близнецы с заданной плотностью ρ=1700кг/м^3.

Для методики оценки совместного влияния влажности и температуры на прочностные свойства грунтов были заданы влажности равной W=10%, W=15%, W=20%, W=25%.

Для каждой заданной влажности грунта изготавливали три серии образцов (девять образцов), затем их замораживали в одинаковых условиях при температуре t=--12^{0}C, в течении 65часов. После замораживания первую серию образов подвергали испытанию сразу же в мерзлом состоянии, вторую серию оставляли при комнатной температуре равной t=22^{0}C в течении 2 часов затем сдвигали, третью серию образцов нагревали в сушильном шкафу при заданной температуре t=40^{0}C также на 2часа, затем сдвигали. Испытание проводили при разных влажностях, при таких же заданных температурах. Заданные свойства образцам и температура образцов в момент сдвига приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7. - Заданные свойства образцам и температура образцов в момент сдвига.

Заданная плотность	1700кг/м^3											
Заданные диаметры твердых частиц	1мм											
Заданная влажность, %	10			15			20			25		
Заданная температура воздуха, ^{0}C	-12	22	40	-12	22	40	-12	22	40	-12	22	40
Температура в грунте в момент сдвига, ^{0}C	3,0	18	40,2	3,3	20,1	40,7	5,2	19,4	44,1	7,1	16	31,7

Построенные графики по результатам эксперимента приведены в главе 3.

Д) Методика оценки влияния времени замораживания образцов на сопротивление сдвигу грунтов

При проведении эксперимента использовали грунты с размером твердых частиц грунта Ø=0,25мм, плотностью 1700кг/м^3 и заданной влажности равной границе текучести W=22% и границе раскатывания W=12%

Для каждого эксперимента изготавливали по пять серий одинаковых образцов-близнецов с заданными значениями плотности и размера твердых частиц Ø=0,25мм при влажности W=12% и таких же 5 серий образцов при влажности W=22%.

Все образцы при влажности W=12% поместили в морозильную установку при отрицательной температуре t=-12^{0}C. Первый образец испытали на сдвиг после первой полной сутки, перед сдвигом измеряли температуру в образце и определяли влажность после сдвига. На второй день второй образец и так далее все пять образцов, за пять дней, с измерением температуры грунта и определением влажности после сдвига. Такой же порядок испытаний проводили при W=22%. Результаты эксперимента представлены в главе 3.

2.3. Методика расчета местной устойчивости откосов горных дорог

Проектирование противооползневого защитного мероприятия любого геотехнического объекта, строящегося на неустойчивых склонах или на откосах, или бортах карьеров необходимо начинать с оценки степени устойчивости наклонной поверхности земли, которая осуществляется путем вычисления коэффициента устойчивости.

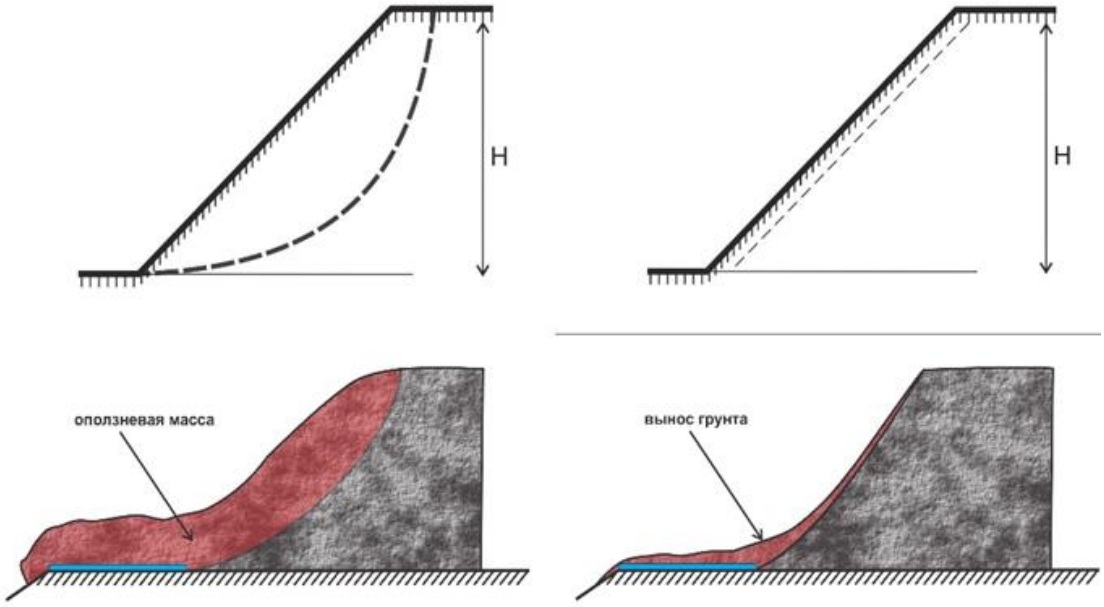
Устойчивостью склона или откоса называют их способность сохранять свой профиль в течение длительного времени, при соблюдении соотношения удерживающих и сдвигающих усилий на склоне или откосе. Для выполнения таких вычислений и оценки устойчивости склонов и откосов существует большое количество расчетных методов. [34,109]

Оценивая устойчивость склонов и откосов дорожных выемок, при индивидуальном проектировании горной дороги необходимо различать общую и местную устойчивость откосов и склонов.

Нарушением общей устойчивости называется смещение породных масс, которому подвержен весь приоткосный массив склона или откоса, включая основание дороги, который производится по расчетной схеме, выбранной на основе анализа натурных исследований инженерно-геологических и

геомеханических условий, с учетом возможной формы нарушения общей устойчивости приоткосого массива (рис. 2.9а).

Под нарушением местной устойчивости понимают смещение продуктов выветривания с откосов и склонов в процессе эксплуатации и возможности появления сплывов непосредственно в приповерхностной зоне склона и откоса до глубины 0,5-1,0м, и который имеет нарушения в виде оползней, сплывов и оплывин, проявляющийся выносами грунта этой зоны на трассу дороги. (рис. 2.9б)



а) нарушение общей устойчивости откоса;

б) нарушение местной устойчивости откоса.

Рис 2.9. Схема нарушения общей и местной устойчивости склонов

В отличие от общей устойчивости расчет местной устойчивости откосов дорожных выемок на склонах основана на исследовании развития деформаций локального скольжения, пластического течения, сплывов и выносов грунтов в пределах активной зоны, чаще всего определяемой глубиной промерзания или прогревания. (рис. 2.10) [45]

Основными причинами нарушение местной устойчивости являются процессы осеннего, зимнего влагонакопления и набухания пород перед промерзанием, морозного пучения и разуплотнения пород, весенние

атмосферные осадки, последующие прогревание пород и потеря устойчивости вследствие перехода пород в текучее состояние и смещения по откосу; сплыва отдельных блоков пород по поверхности ослабления [40].

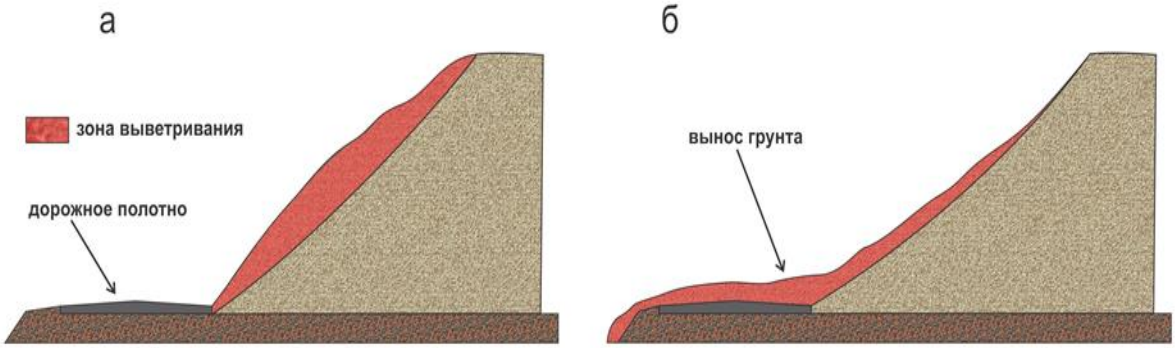


Рис. 2.10. Нарушение местной устойчивости откосов

а – до нарушения местной устойчивости, б – после нарушения местной устойчивости

Формирование и развитие деформаций откосов дорожных выемок имеют ряд специфических особенностей, который обуславливается сложной историей формирования, геологическим строением склона, и наличием развитой сети крупных тектонических нарушений. [90]

Общая схема для расчета местной устойчивости откосов горных дорог представлена на рис.2.11.

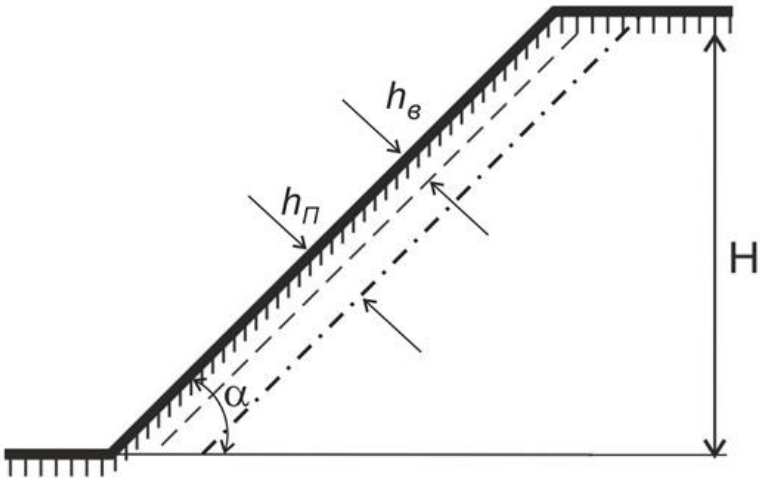


Рис. 2.11. Общая схема к расчету местной устойчивости откосов горных дорог на склоне

H – высота откоса, м; $h_п$ – мощность зоны промачивания, м; $h_в$ – мощность зоны выветривания, м α – угол откоса, град

Основные формы нарушения местной устойчивости в зависимости от причин и условий их образования приведены в таблице 2.8.

При расчете местной устойчивости откосов горных дорог определяющими факторами являются: крутизна и экспозиция откоса или склона; влажность пород, гранулометрический состав, плотность и прочность пород, а также температурные колебания воздуха. [38]

Таблица 2.8 - Основные формы нарушения местной устойчивости в зависимости от причин и условий их образования [79]

Формы нарушения местной устойчивости	**Причины**	**Виды грунтов откоса**
Оползания и сплывы откосов	Физико-химическое выветривание и избыточное увлажнение	Откосы, сложенные глинистыми грунтами, не устойчивыми к физико-химическому выветриванию
Эрозионные деформации	Дождевые осадки и поверхностные воды	Неукрепленные откосы, сложенные мало связными и водонеустойчивыми грунтами
Механическая суффозия и выносы грунта	Грунтовые воды	Откосы, сложенные супесчаными и песчаными грунтами, в случае выхода водоносных горизонтов

Так как нарушения местной устойчивости связаны с локальными деформациями в зонах, непосредственно примыкающих к поверхности откоса, мощность которого составляет не более 2м, основным из перечисленных факторов которых, является степень выветривания и физико-механические свойства залегающих пород [75].

Начальное нарушение местной устойчивости откосов формируется в виде трещин по бровке и поверхности откоса, которые служат очагами развития деформаций и в результате замачивания поверхности откоса дождевыми осадками в весенне-осенний период года, и поверхностными водами развиваются эрозионные деформации, которые приводят к выносу грунтов на проезжую часть дороги в местах выхода подземных вод. В отличие от общей устойчивости, нарушение местной устойчивости откосов происходит с меньшим объемом одновременно смещающихся массы грунтов на дорогу, но большей частотой, что требует постоянной зачистки этого участка дороги, причем частота нарушения происходит практически всегда после выпадения осадков или выклинивания грунтовых вод и приводит к временной остановке движений автомобилей на трассе. Нарушение местной устойчивости участка автодороги Бишкек-Ош и ее зачистка экскаватором показана на рисунке 2.12. [40]

Рис. 2.12. Нарушение местной устойчивости откоса после выпадения осадков, участок - 394км

Местная устойчивость откосов горных дорог производится на основании комплексных геомеханических инженерно-геологических исследований склонов, и лабораторных определений плотностных и прочностных свойств и состояния грунтов.

Расчет и анализ устойчивости дороги на горном склоне базируется на следующих данных:

- общие инженерно-геологические, гидрогеологические и климатические условия района строительства.
- очертание поперечного профиля откоса выемки на склоне,
- геотехнический разрез по расчетному поперечнику с выделением границ литологических разностей пород.
- значения физико-механических свойств пород, слагающих откос и основание выемки, пересчитанные на свойства пород в массиве.
- расчетные временные нагрузки от проходящего транспорта (наведенная сейсмичность).

Расчет опасности возникновения нарушений местной устойчивости можно выполнить с использованием определяющих признаков, приведенных в табл. 2.8. [79].

Количественную оценку местной устойчивости откосов следует производить по результатам комплексных инженерно-геологических исследований, в состав которых входит определение мощности зоны выветривания; возможность изменения состава, состояния и свойств грунтов по глубине зоны выветривания в критических (расчетных) ситуациях; расчетных показателей состояния или прочности пород с учетом возможности их ухудшения за длительный период при изменении естественных условий залегания породного массива.

В пределах откоса при наличии водоупорных прослоев при увеличении влажности формируется местный водоупор.

На контакте этого водоупорного ослабленный прослой в породах происходят физико-химические изменения, и в результате чего развиваются сдвигающие усилие, превышающие сопротивление сдвигу откоса τ_{pw}.

Оползание поверхностного слоя чаще всего наблюдается в откосах, сложенных глинистыми грунтами с числом пластичности $I_n \leq 12$. При малой

мощности оползающего слоя (до 50см) смещение его происходит, как правило, при переходе грунта в текуче пластичное состояние [79].

Откос считается устойчивым, если выполняется условие:

$$W_{рас} \le W_p + 0{,}75W_n \tag{2.5}$$

где $W_{рас}$ - расчетная влажность грунта в поверхностном слое, %;

W_p - влажность грунта на пределе раскатывания, %;

W_n - число пластичности грунта.

Расчетное значение влажности пород устанавливается исходя из его плотности, способности к набуханию [79]

$$W_{рас} = \frac{Gm_p\gamma_в}{\gamma_{сл(р)}}, \tag{2.6}$$

где G - степень водонасыщения пор водой, принимается равной 0,95;

m_p - расчетная пористость грунта после набухания;

$$m_p = 1 - \frac{\gamma_{сл(р)}}{\Delta}, \tag{2.7}$$

где Δ - удельный вес скелета грунта, принимаемый по справочным данным, г/см^3;

$\gamma_{к(р)}$ - объемный вес скелета грунта после набухания, г/см^3; $\gamma_в = 1$;

$$\gamma_{ск(р)} = \frac{\gamma_{ск}}{(1+j)}, \tag{2.8}$$

где j - относительное набухание грунта, доли единиц

Оценку местной устойчивости откоса при опасности развития сплывов производят на основании расчетного коэффициента местной устойчивости [79]

$$K = B\left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} n tg\varphi_p + \frac{Ac_p}{\gamma H}\right), \tag{2.9}$$

где γ - объемный вес грунта, т/м^3;

φ_p, c_p - расчетные показатели соответственно угла внутреннего трения и сцепления грунта;

n - заложение откоса; $n = ctg\alpha;$ (α - угол заложения откоса, град).

H - полная высота откоса (рис. 2.3), м;

A, B - безразмерные эмпирические коэффициенты, определяемые расчетным путем или номограммам [18] зависимости от отношения расчетной глубины сплыва h_c, к высоте откоса. (рис.2.13)

Таблица 2.9. - Оценка условий возникновения нарушений местной устойчивости откосов [79]

Оценка условий	**Характеристика условий**	**Определяющие признаки**	
		количественные	**качественные**
1	**2**	**3**	**4**
Особоопасные	Глинистые грунты, сильно переувлажненные, в естественном залегании	-	Все глинистые грунты мягкопластичной консистенции
	Пылеватые влагоемкие глинистые грунты, водонеустойчивые, легко размокаемые, сильно пучинистые, независимо от естественной влажности с числом пластичности менее 12	Содержание пылеватых частиц не менее 40 % и больше, чем песка	Лессовидные суглинки и супеси, часто макропористые с водонеустойчивыми связями между частицами в агрегатах и между агрегатами, часто содержат легкорастворимые соединения
	Сильнонабухающие и усадочные грунты	$100\frac{\Delta h}{h} > 12\%$ Глинистые грунты с обменной емкостью катионов более $\frac{40 мг-экв}{100 сух.грунта}$	В глинистой фракции преобладают монтмориллонит, вермикулит, галлуазит (суглинки, жирные и бентонитовые глины и т.д.)

	Грунты неустойчивые к химическому выветриванию	-	Дочетвертичные морские суглинки и глины, богатые окислами железа (зеленоватые, голубые, серые), жирные и бентонитовые глины
Особоопасные	Тиксотропные и плывунные грунты	-	Мелко- и тонкозернистые пылеватые пески, илы, супеси легкие, характерные обратимыми стабилизационными связями между частицами
Опасные	Глинистые грунты, переувлажненные в естественном залегании и после укладки в насыпи	$100\frac{\Delta h}{h}=8-12\%$ -	Все глинистые грунты тугопластичной консистенции
	Средненабухающие глинистые грунты	Признаки те же, что и у сильно набухающих, но обменная емкость катионов*) равна $\frac{(15-40)мг-экв}{100гсух.грунта}$	
	Переуплотненные глинистые грунты	-	Тяжелые глины и суглинки, разуплотняющиеся при вскрытии откоса
Малоопасные	Песчаные, гравелистые, ненабухающие и слабонабухающие глинистые грунты,	-	-

	нормально-уплотненные, твердой и полутвердой консистенции		

Местная устойчивость откосов при возможности формирования и развития сплывов считается обеспеченной, если K ≥ 1,5 [79]

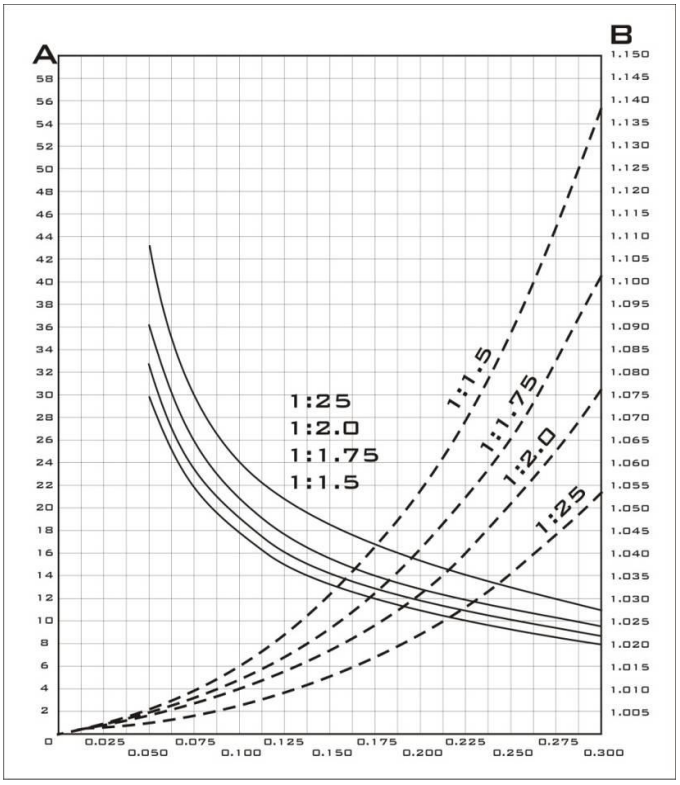


Рис. 2.13. Номограмма для определения коэффициентов А и В, при расчете местной устойчивости при опасности развития сплыва

В зоне активного физико-химического выветривания в результате равномерного увлажнения толщи пород h_p в откосе с течением времени образуются пластических зон в откосе $h_{пл}$, устойчивости откоса в данном случае оценивается по величине коэффициента стабильности, определяемого из выражения,

$$K_{cm} = n\left(tg\varphi'_p + \frac{c'_p}{\gamma h_p} \right) \qquad (2.10)$$

где φ'_p, - угол внутреннего трения, град;

c'_p - невосстанавливающаяся часть сцепления; определяемая при расчетной влажности с учетом воздействия погодно-климатических факторов, град;

h_p – расчетная мощность активной зоны, на которую фактически распространяется влияние погодно-климатических факторов (увлажнение, высушивание, промерзание).

Местная устойчивость откоса дорожной выемки считается обеспеченной, если коэффициент стабильности больше или равен единице $K_{ст} \geq 1$.

2.4 Выводы по главе.

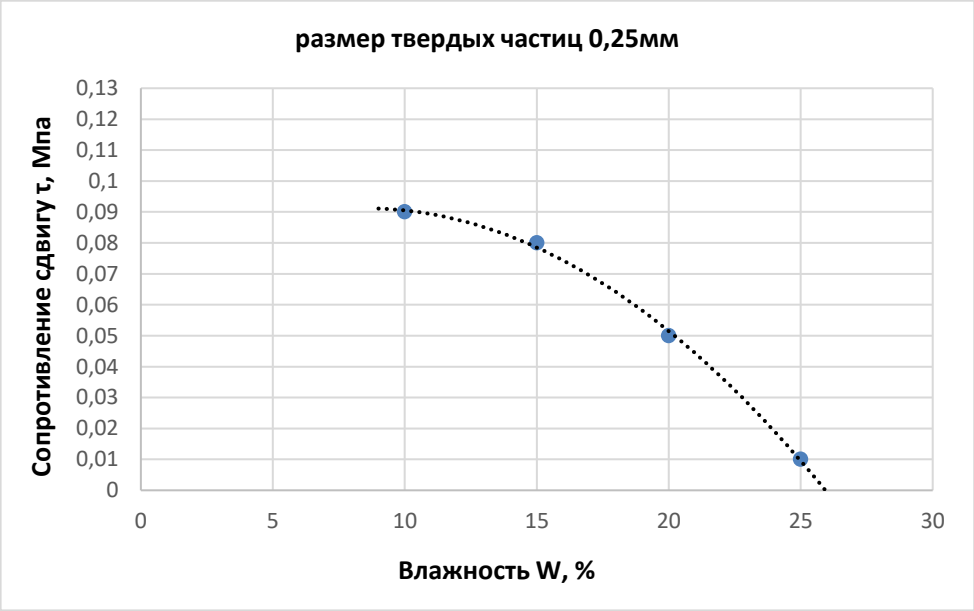
1. Переход грунта на откосах в неустойчивое состояние зависит от прочностных характеристик грунта и снижение его сопротивлению сдвигу за счет изменения влажности, температуры и размера твердых частиц грунта.
2. Расчет коэффициента местной устойчивости зависит от плотностных и прочностных свойств грунтов, слагающих откос, от геометрических параметров откоса и безразмерных коэффициентов.
3. Местная устойчивость откосов при возможности формирования и развития сплывов считается обеспеченной, если коэффициент устойчивости меньше или равен $K \geq 1{,}5$
4. При оценке местной устойчивости откосов не учитываются влияние гранулометрического состава грунтов и температуры воздуха на прочностные свойства грунтов.
5. Разработана методика лабораторного эксперимента по оценке степень влияния плотности, влажности и гранулометрического состава грунтов и сезонных колебаний температуры воздуха на прочностные характеристики и сопротивляемости сдвигу грунтов в лабораторных условиях;

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ИХ СОПРОТИВЛЯЕМОСТЬ СДВИГУ

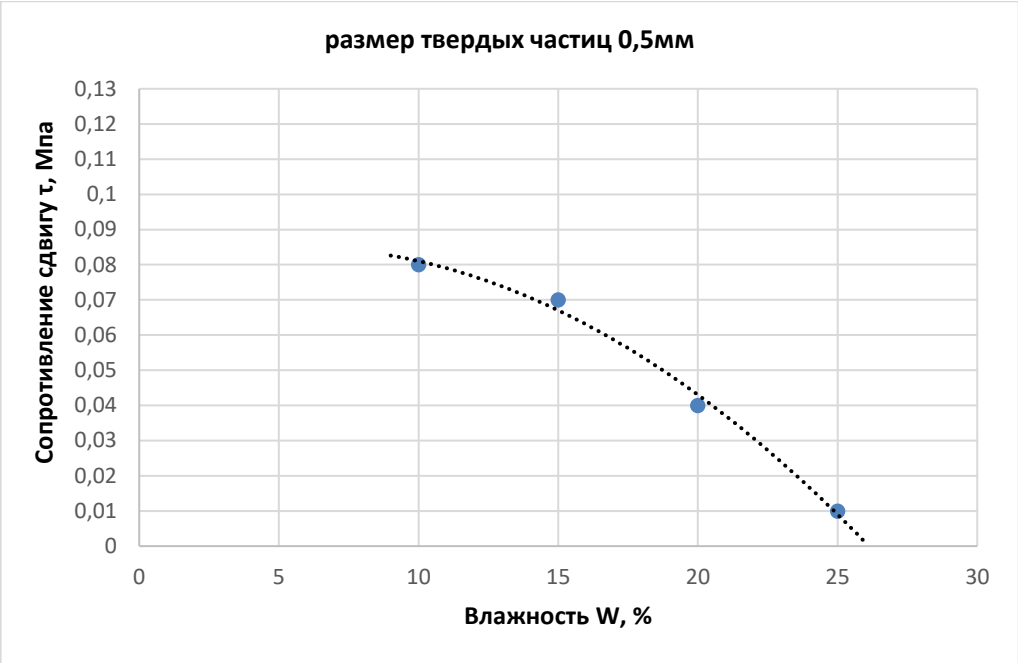
3.1 Влияние плотности, влажности и гранулометрического состава грунтов на их сопротивляемость сдвигу

Результаты по итогам испытаний образцов грунта при заданных значениях плотности, влажности и гранулометрического состава приведены на рисунках 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5. и 3.6.

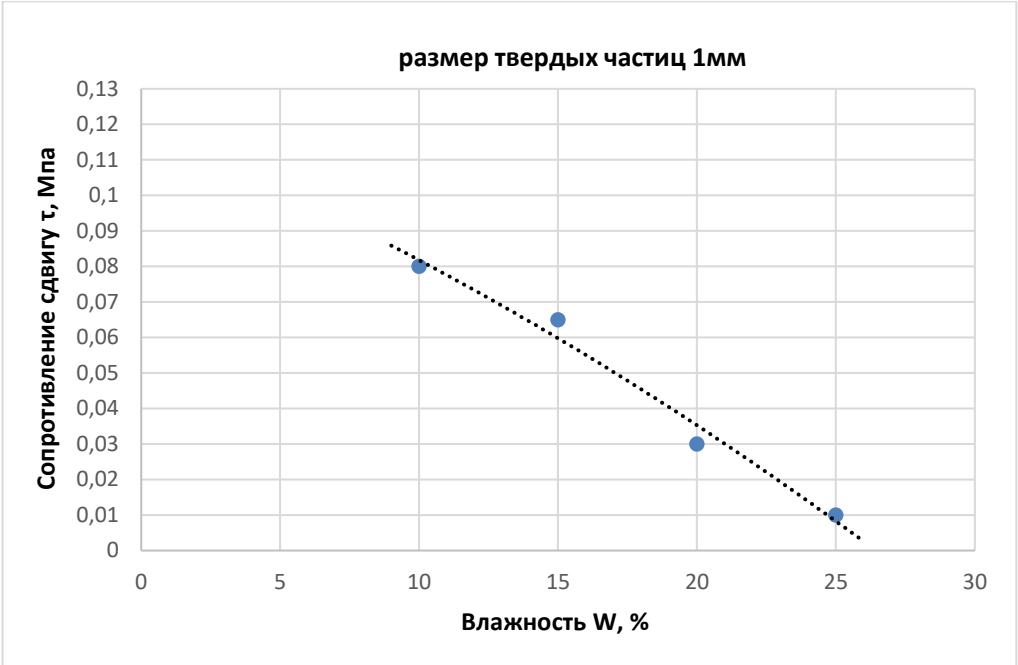
Заданные значения размеров частиц Ø=0,25мм, Ø=0,5мм, Ø=1мм, Ø=2мм, заданные значения плотности ρ=1300кг/м^3, ρ=1500кг/м^3 и ρ=1700кг/м^3 и заданные значения влажности W=10%, W=15%, W=20%, W=25%.



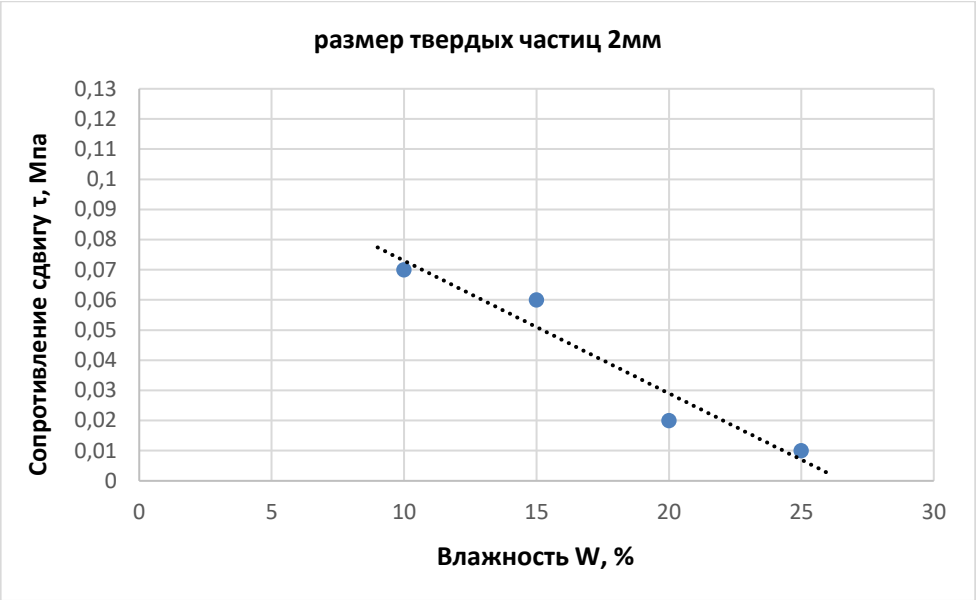
1) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от влажности при размерах твердых частиц 0,25мм



2) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от влажности при размерах твердых частиц 0,5мм



3) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от влажности при размерах твердых частиц 1мм



4) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от влажности при размерах твердых частиц 2мм

Рис. 3.1 Зависимость сопротивления грунтов сдвигу от влажности при плотности 1300кг/м^3 и разных размерах твердых частиц

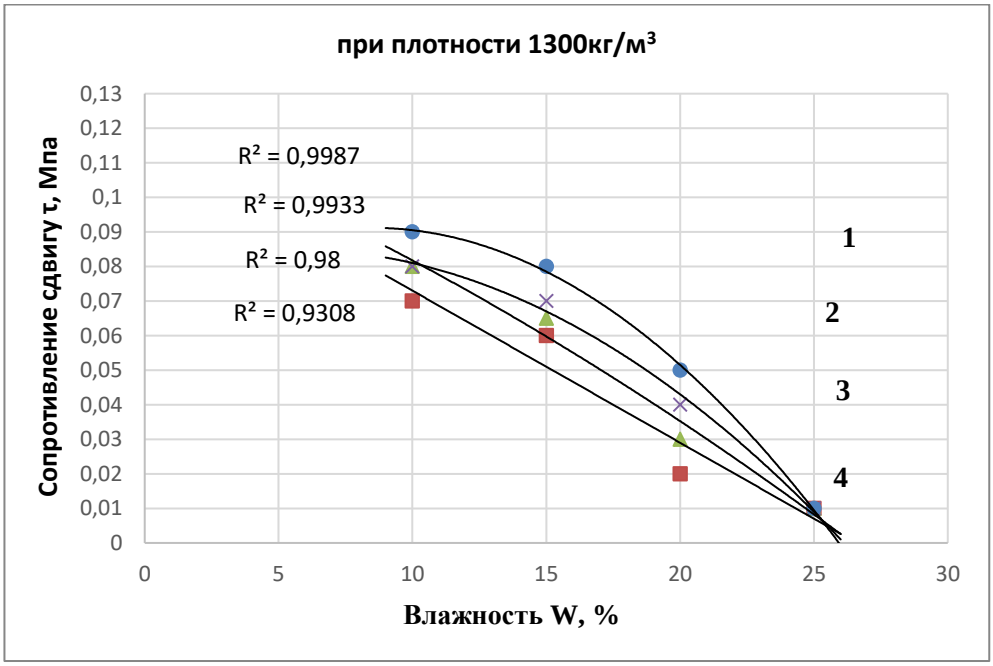


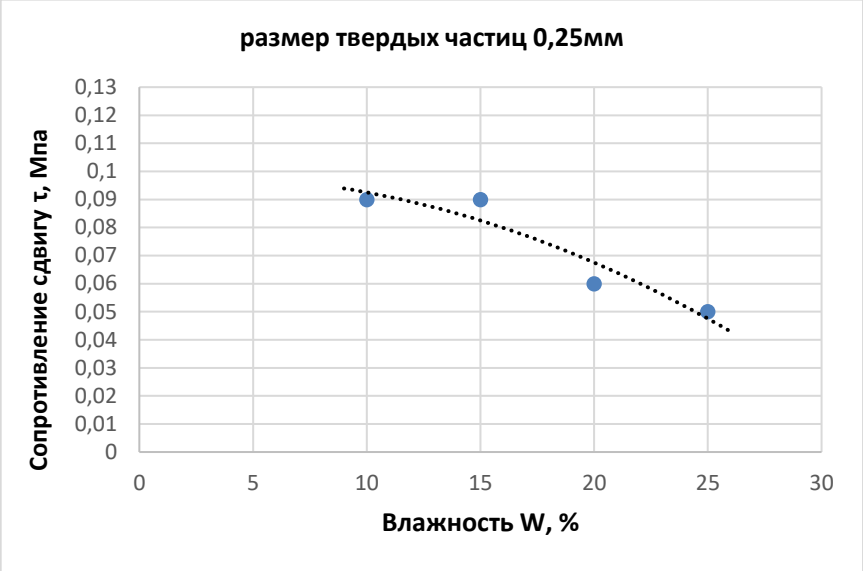
Рис. 3.2 Зависимость сопротивления грунтов сдвигу от влажности при плотности 1300кг/м^3

1 - диаметр частиц грунта 0,25 мм; 2 - диаметр частиц грунта 0,5 мм;

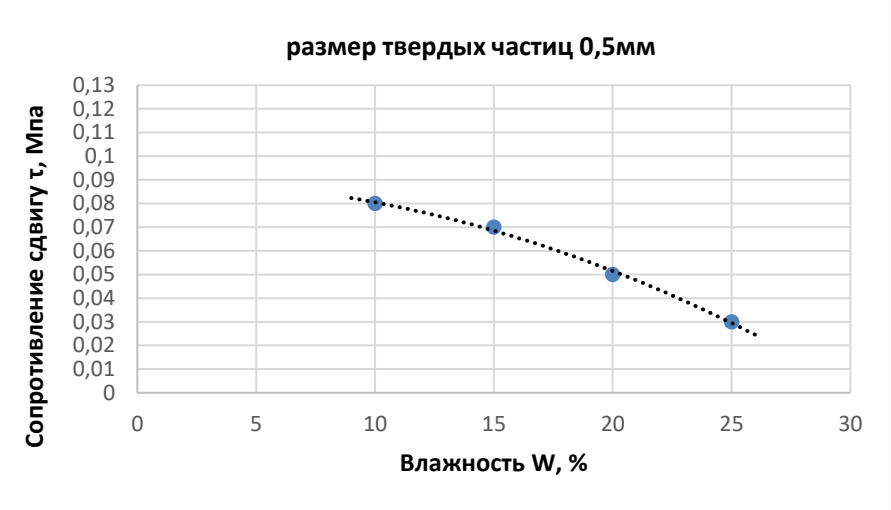
3 - диаметр частиц грунта 1мм; 4 - диаметр частиц грунта 2 мм;

При заданном значении влажности 10% наибольшим сопротивлением сдвигу обладают грунты при размере твердых частиц 0,25мм ÷ 0,5мм и составляет $\tau_{сд}$=0,012МПа.

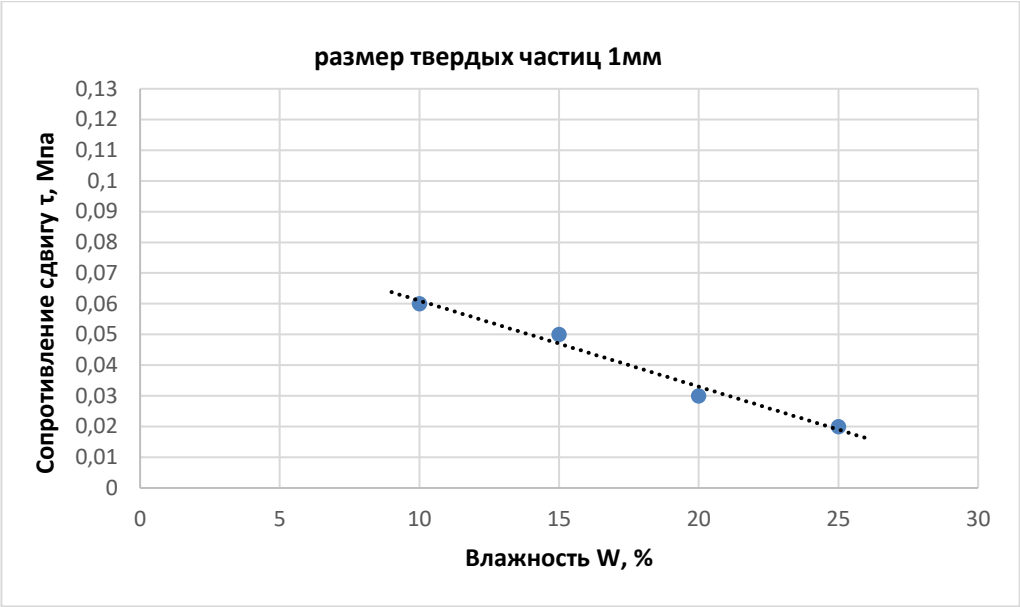
При увеличении влажности до 25% сопротивляемость сдвигу для грунтов с таким размером частиц уменьшается до значений 0,008МПа. Грунты с размерами частиц 1мм и 2мм при влажности 10% имели сопротивление сдвигу 0,08МПа и 0,06МПа, а при влажности 25% сопротивляемость их сдвигу составила 0,02МПа и 0,01 МПа.



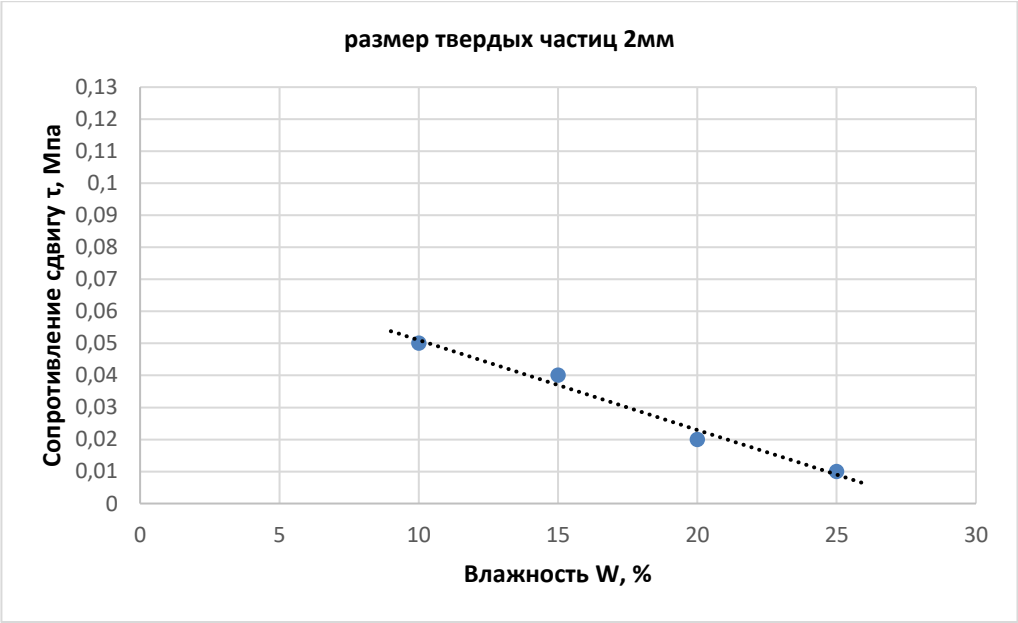
1) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от влажности при размерах твердых частиц 0,25мм



2) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от влажности при размерах твердых частиц 0,5мм



3) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от влажности при размерах твердых частиц 1мм



4) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от влажности при размерах твердых частиц 2мм

Рис. 3.3 Зависимость сопротивления грунтов сдвигу от влажности при плотности 1500кг/м^3 и разных размерах твердых частиц

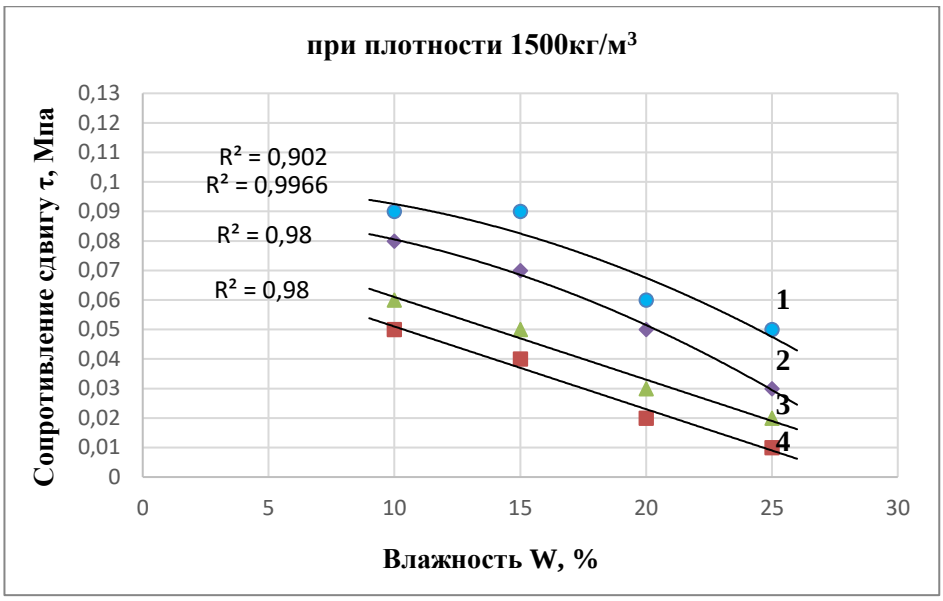
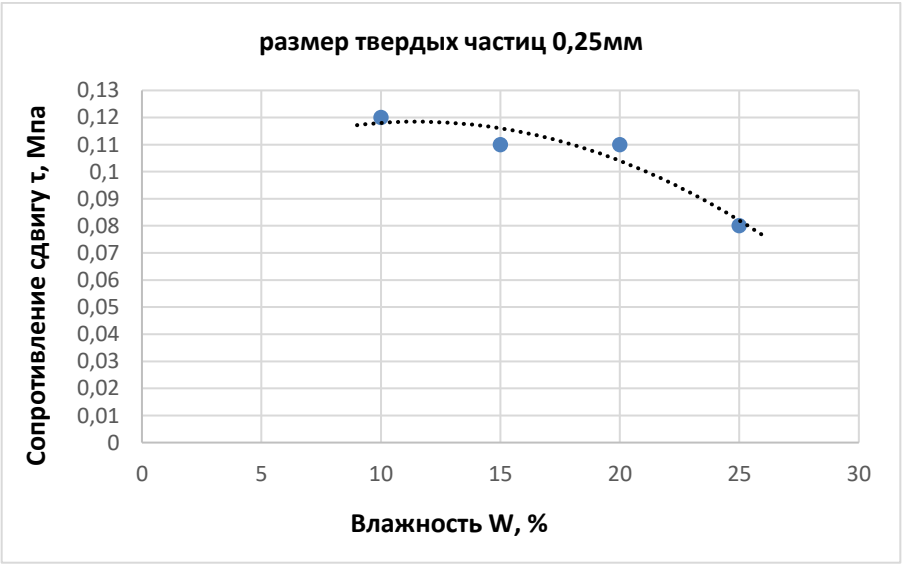


Рис. 3.4 Зависимость сопротивления грунтов сдвигу от влажности при плотности 1500кг/м^3

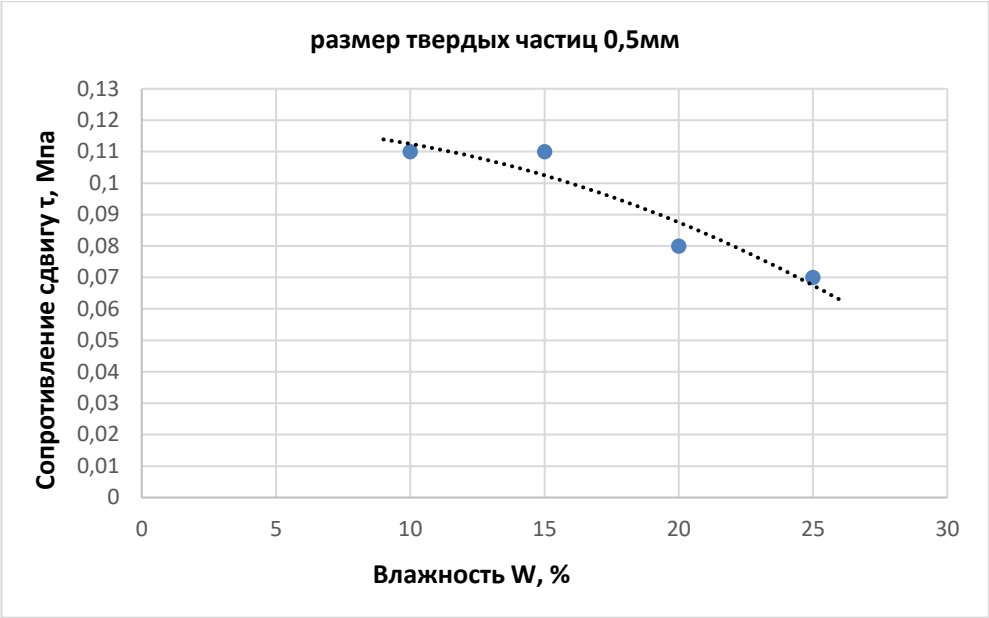
1 - диаметр частиц грунта 0,25 мм; 2 - диаметр частиц грунта 0,5 мм;

3 - диаметр частиц грунта 1мм; 4 - диаметр частиц грунта 2 мм;

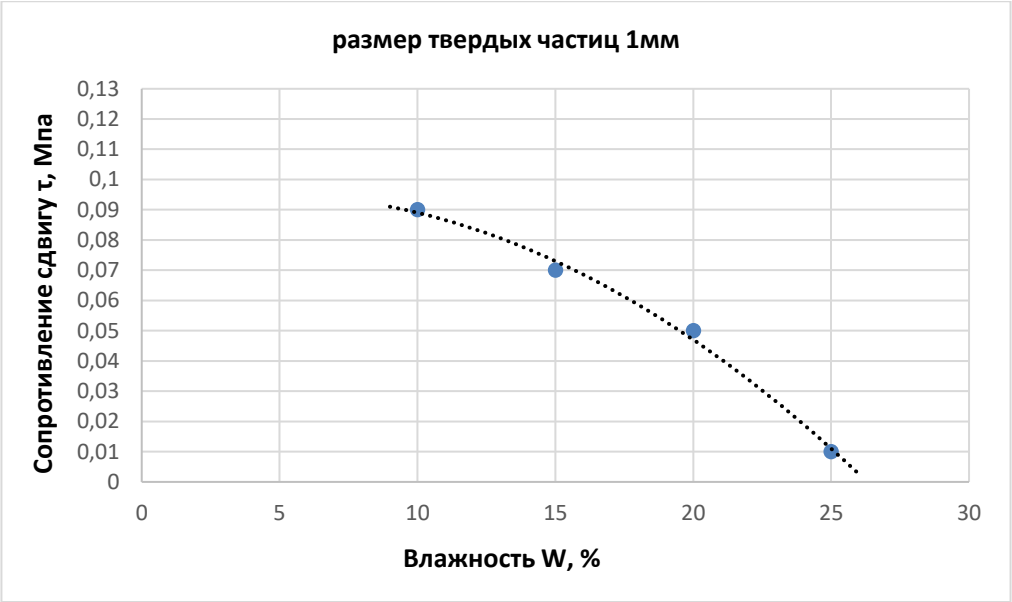
При плотности 1500кг/м^{3}наблюдается снижение сопротивляемости сдвигу грунтов до 0,009МПа с размером частиц 0,25мм и 0,5мм при влажности 10%, а при влажности 25% снижение до 0,05 и 0,04МПа. Для грунтов при влажности 10% и с размерами частиц 1мм и 2мм сопротивляемость сдвигу составляет 0,06МПа, а при влажности 25% составляет 0,01МПа.



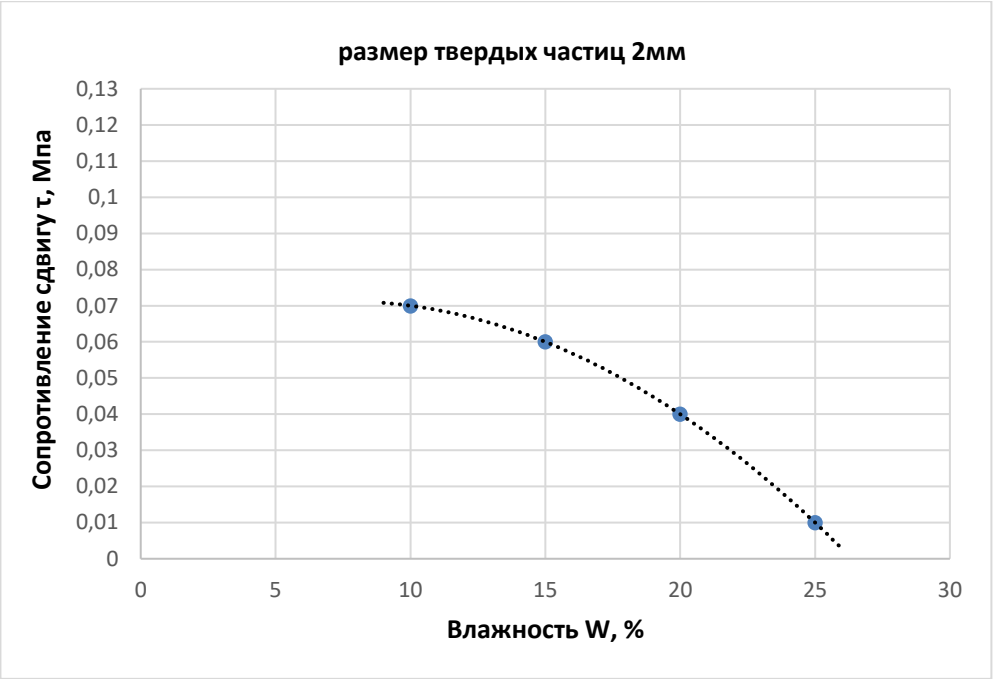
1) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от влажности при размерах твердых частиц 0,25мм



2) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от влажности при размерах твердых частиц 0,5мм



3) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от влажности при размерах твердых частиц 1мм



4) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от влажности при размерах твердых частиц 2мм

Рис. 3.5 Зависимость сопротивления грунтов сдвигу от влажности при плотности 1700кг/м^3 и разных размерах твердых частиц

С увеличением плотности образцов до 1700кг/м^3 также наблюдается некоторое превышение значений сопротивляемости грунтов сдвигу, особенно у образцов с размерами частиц 0,25мм по сравнению с образцами грунта с размерами частиц 1мм и 2мм.

При этом наблюдается снижение сопротивляемости сдвигу при влажности 10% от 0,009МПа до 0,001МПа для всех заданных частиц грунтов.

Таким образом, на основе полученных данных установлено, что гранулометрический состав оказывает существенное влияние на сопротивляемость сдвигу грунтов, при минимальных значениях заданной плотности (1300кг/м^3) грунтов и практически не зависит от гранулометрического состава при плотности выше 1700кг/м^3. [59]

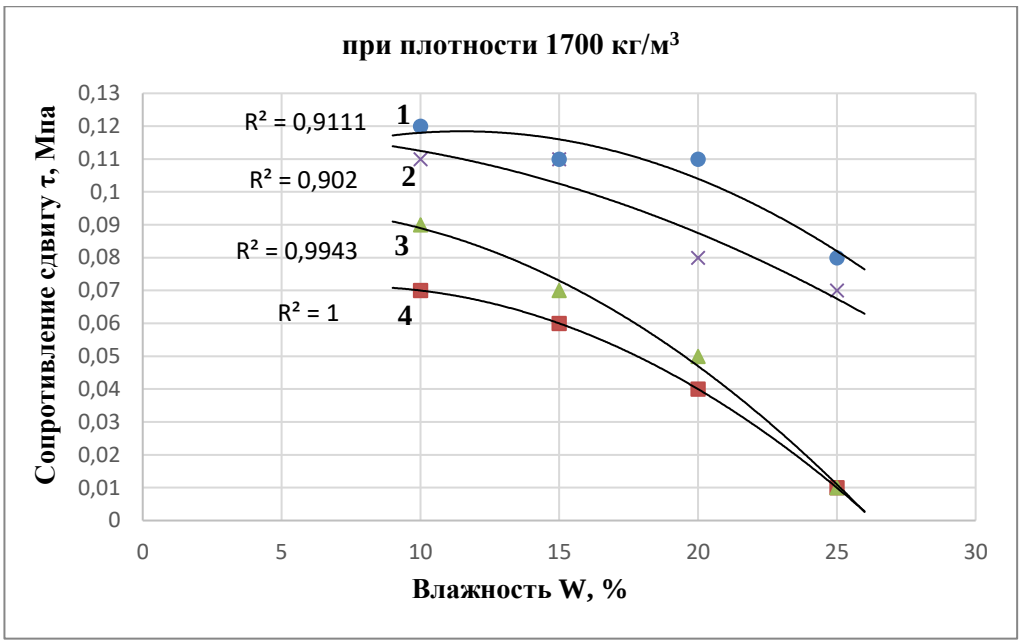


Рис. 3.6 Зависимость сопротивления грунтов сдвигу от влажности при плотности 1700кг/м^3

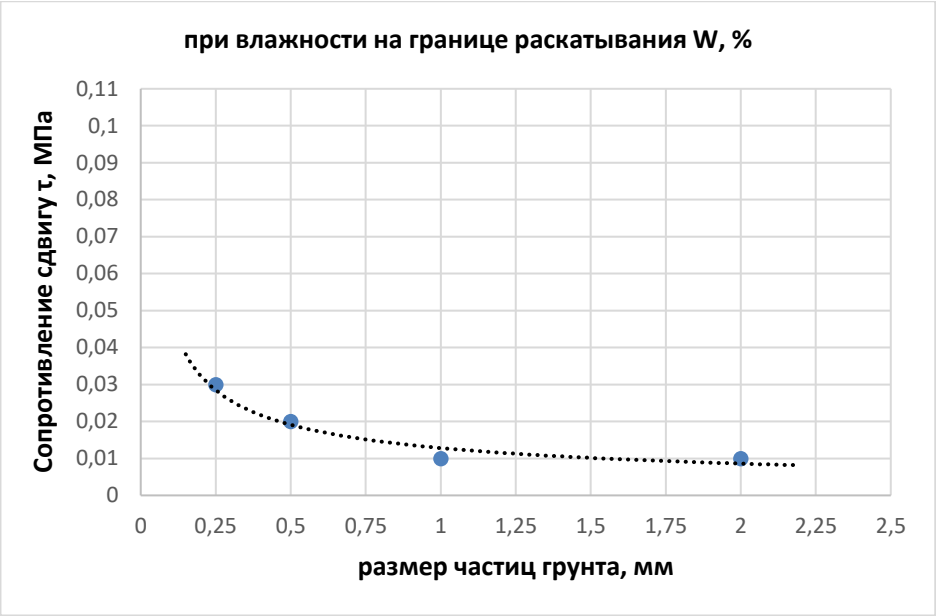
1 - диаметр частиц грунта 0,25 мм; 2 - диаметр частиц грунта 0,5 мм;

3 - диаметр частиц грунта 1мм; 4 - диаметр частиц грунта 2 мм;

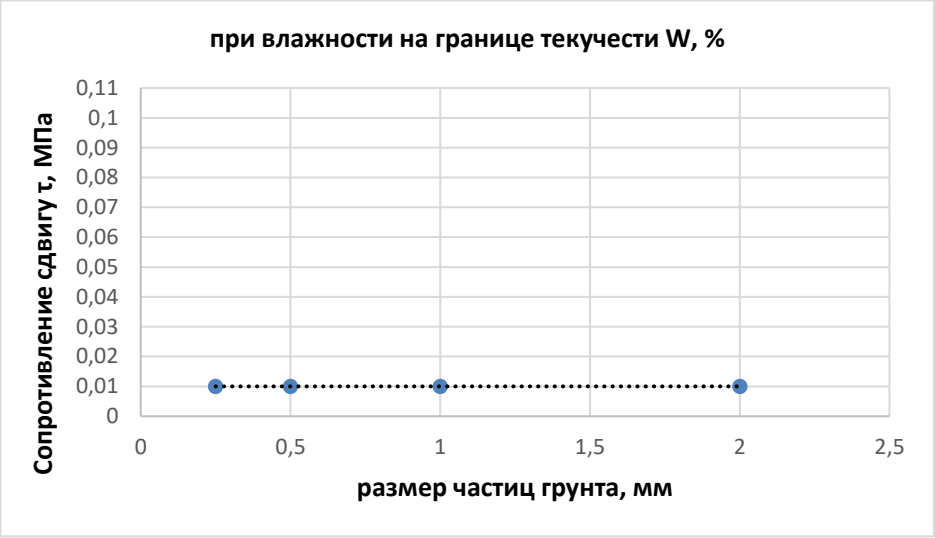
Оценка влияния гранулометрического состава грунтов на сопротивляемость сдвигу

Установив, что сопротивляемость грунтов сдвигу зависит от совместного влияния плотности, влажности и диаметра частиц грунта, следующую серию испытаний провели для грунтов с такими же размерами частиц Ø=0,25мм, Ø=0,5мм, Ø=1мм, Ø=2мм, при влажности на границе раскатывания (12%) и границе текучести (22%) для данных грунтов, при трех заданных значениях плотности ρ=1300кг/м^3, ρ=1500кг/м^3 и ρ=1700кг/м^3, результаты полученных данных представлены на рисунках 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11 и 3.12.

На основе проведенного анализа полученных данных испытаний по оценке влияния гранулометрического состава грунтов на их сопротивляемости сдвигу установлено, что с увеличением размера твердых частиц грунта сопротивляемость сдвигу уменьшается.



1) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от размера твердых частиц при влажности на границе раскатывания W=12%



2) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от размера твердых частиц при влажности на границе текучести W=22%

Рис. 3.7 Зависимость сопротивления грунтов сдвигу от размера твердых частиц при влажности W=12%, W=22% и плотности 1300кг/м^3

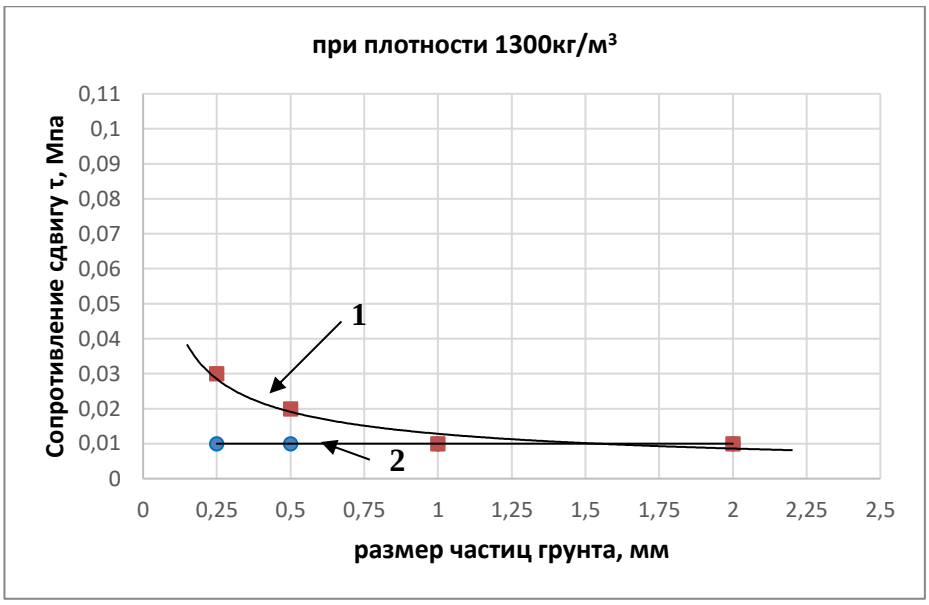
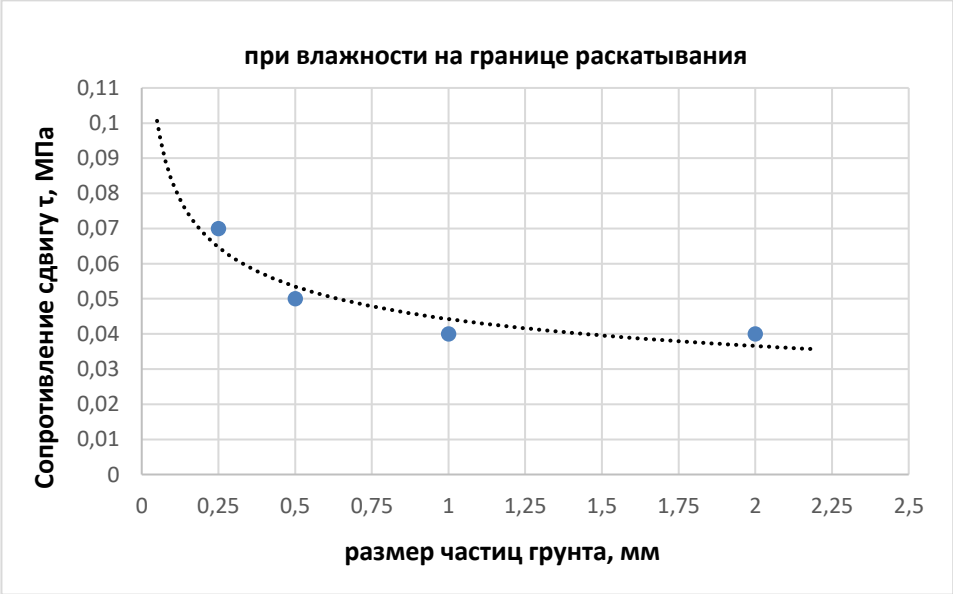


Рис. 3.8 Влияние размера частиц грунта на сопротивляемость сдвигу при плотности грунта 1300кг/м^3

1 – испытание проведенные при влажности на границе раскатывания;

2 - испытание проведенные при влажности на границе текучести;

При плотности грунта 1300кг/м^3 сопротивляемость сдвигу при влажности равной границе раскатывания уменьшается в 1,3раза, а при влажности на границе текучести практически в 4раза. При этом сопротивляемость сдвигу на границе раскатывания больше, чем на границе текучести в 3раза.



1) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от размера твердых частиц при влажности на границе раскатывания W=12%

Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от размера твердых частиц при влажности на границе раскатывания W=22%

Рис. 3.9 Зависимость сопротивления грунтов сдвигу от размера твердых частиц при влажности W=12%, W=22% и плотности 1500кг/м3

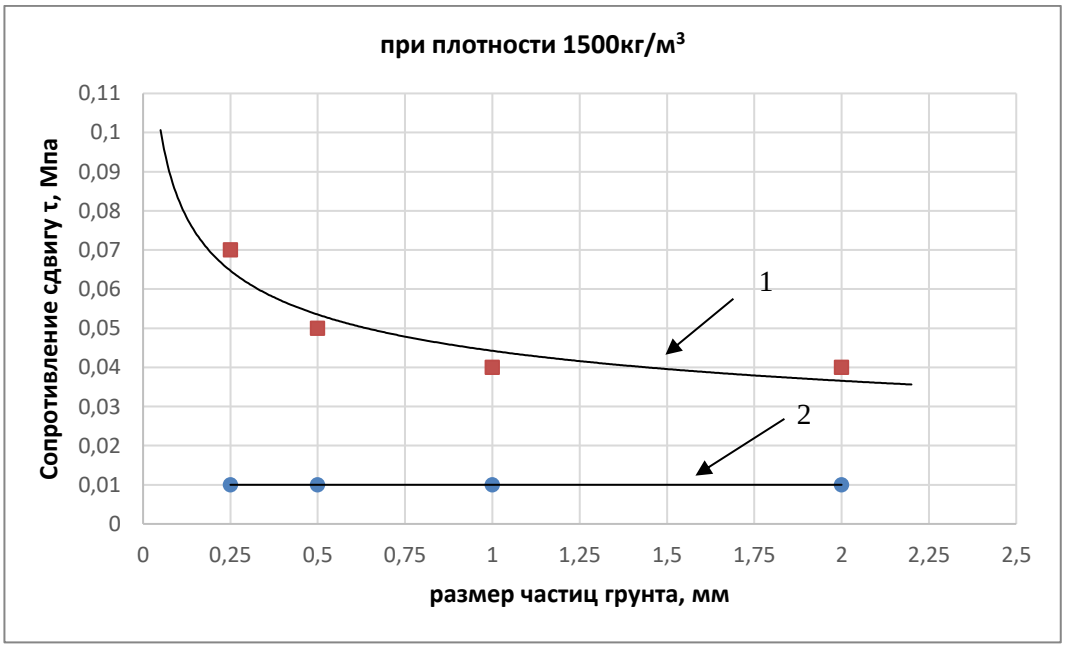
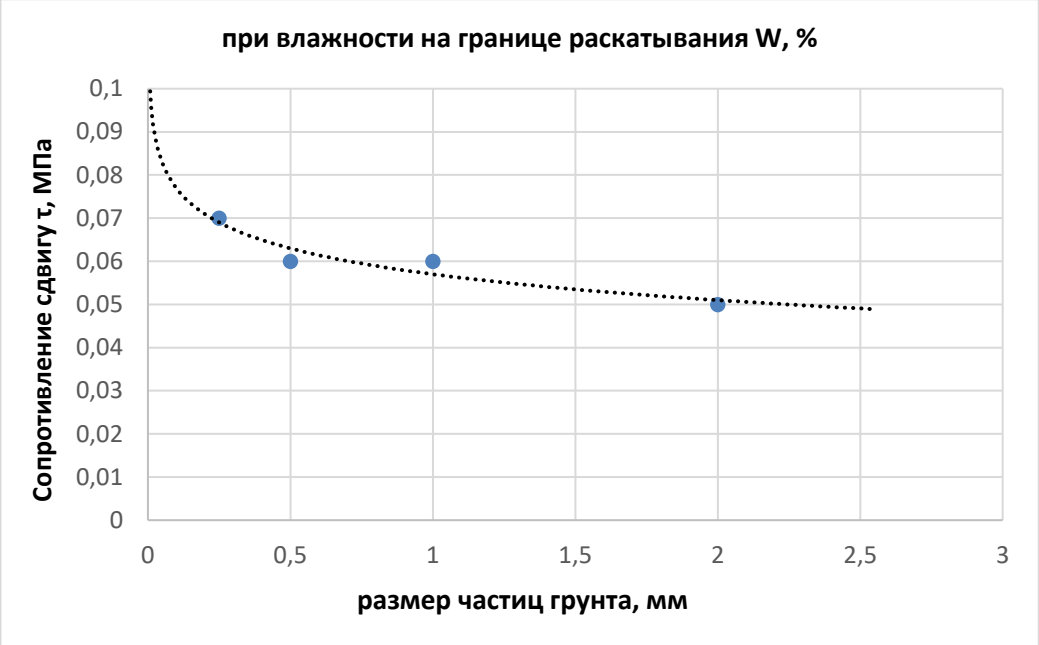


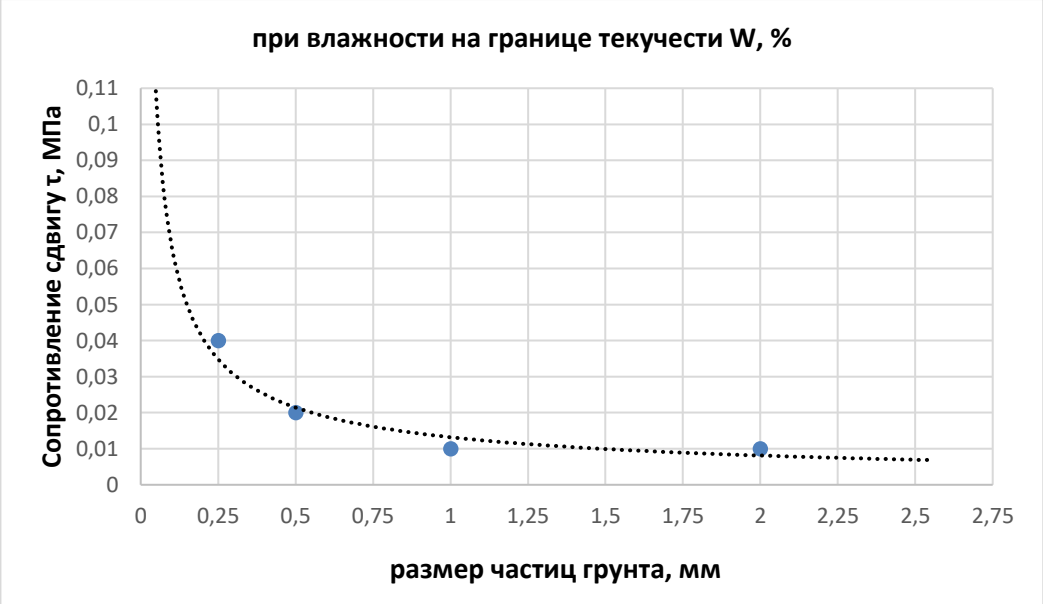
Рис. 3.10 Влияние размера частиц грунта на сопротивляемость сдвигу при плотности грунта 1,50г/см^3

1 – испытание проведены при влажности на границе раскатывания;

2 - испытание проведены при влажности на границе текучести;



1) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от размера твердых частиц при влажности на границе раскатывания W=12%



2) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от размера твердых частиц при влажности на границе текучести W=22%

Рис. 3.11 Зависимость сопротивления грунтов сдвигу от размера твердых частиц при влажности W=12%, W=22% и плотности 1700кг/м^3

При заданной плотности грунта 1500кг/м^3 сопротивляемость сдвигу на границе раскатывания с увеличением размера частиц снижается в 1,5раза, а при влажности на границе текучести остается неизменным и составляет 0,01МПа.

Разница в значениях сопротивляемости сдвигу грунтов на границе раскатывания и границе текучести отличается практически в 7раз.

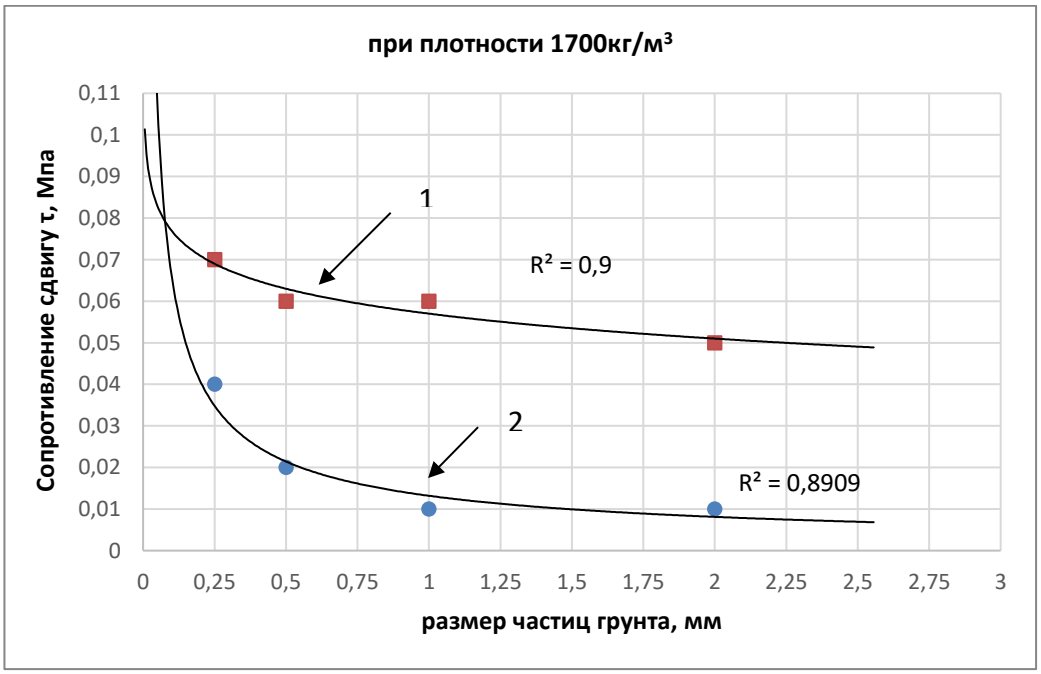


Рис. 3.12 Влияние размера частиц грунта на сопротивляемость сдвигу при плотности грунта 1,70г/см^3

1 – испытание проведены при влажности на границе раскатывания;

2 - испытание проведены при влажности на границе текучести;

У образцов грунта при плотности 1,70г/см^3 сопротивляемость сдвигу на границе текучести и размере твердых частиц 0,25мм и 0,5мм практически не изменяется, при размере частиц 1мм сопротивляемость сдвигу уменьшается с 0, 12МПа до 0,09МПа и с увеличением размера части практически не изменяется.

3.2 Результаты оценки влияния температуры воздуха и сезонного ее колебания на сопротивляемость сдвигу грунтов

Оценка влияния температуры воздуха на температуру грунта

Проведены лабораторные эксперименты по оценке влияния температуры окружающего воздуха на температуру образца при заданных значениях влажности на границе текучести равной W=22%, и границе раскатывания W=12%, результат представлены на рисунке 3.13.

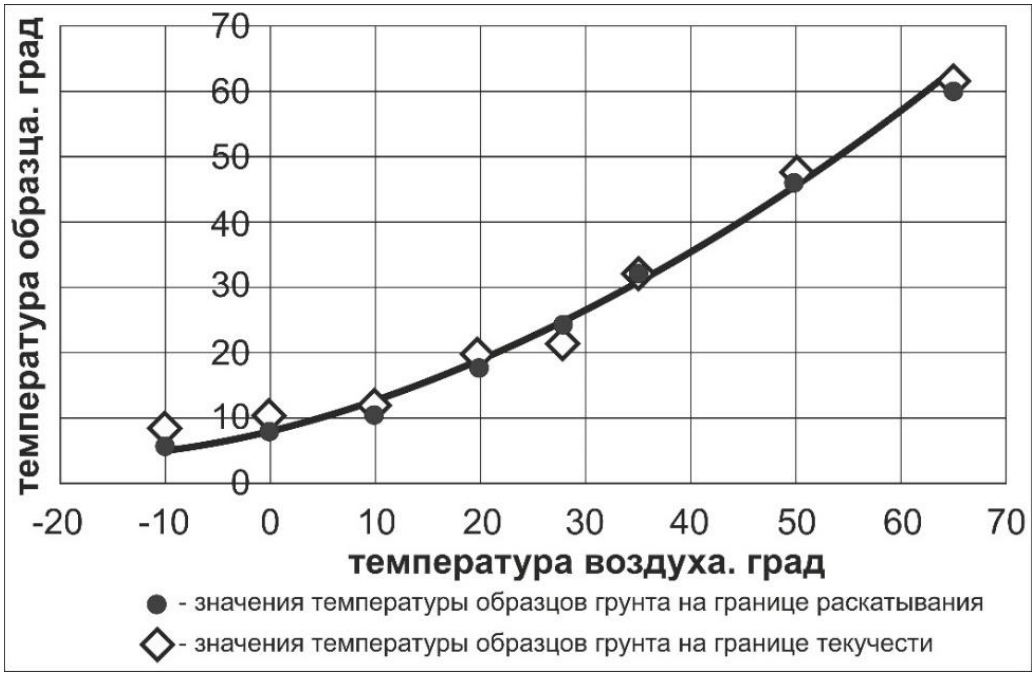


Рис. 3.13. Зависимость температуры грунта от температуры воздуха

- значения температуры образцов грунта на границе раскатывания

- значения температуры образцов грунта на границе текучести

На основе анализа полученных данных установлено, что температура образцов ниже температуры окружающего воздуха на 2-3^{0}С и при изменении температуры воздуха температура образца изменяется по экспоненциальной зависимости.

Оценка влияния температуры воздуха на время водонасыщения грунта

Результаты лабораторных экспериментов по оценке влияния температуры воздуха на время водопоглощения грунта приведены на рисунке 3.14.

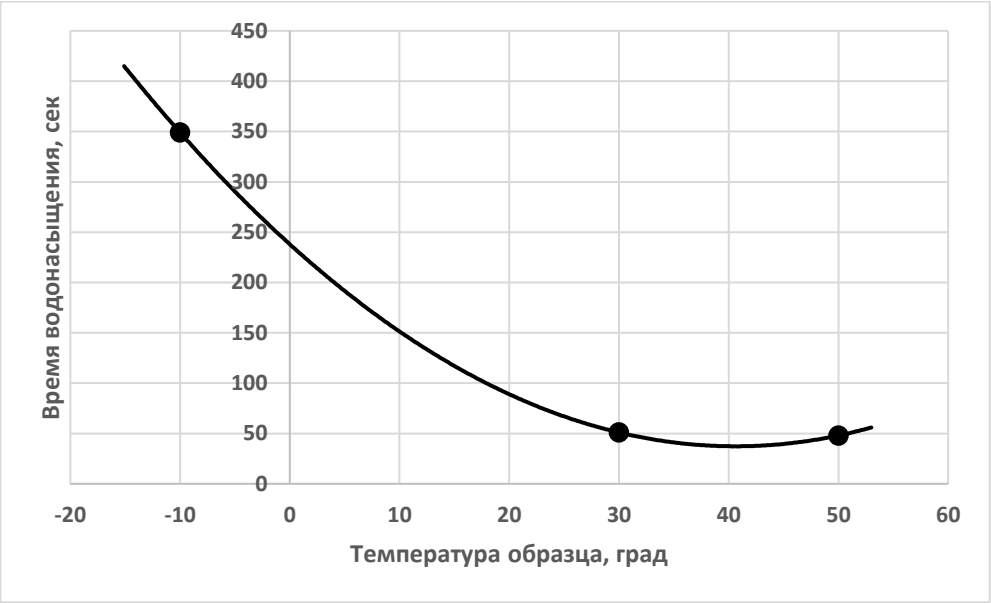


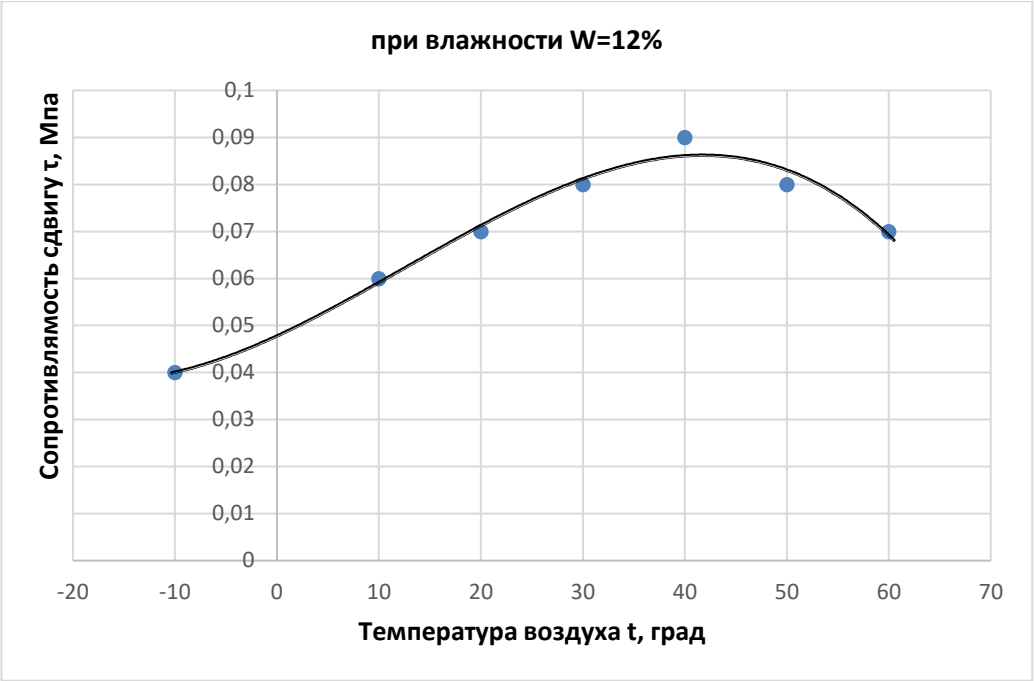
Рис. 3.14 Зависимость времени водонасыщения грунта от температуры

По полученным данным лабораторных испытаний установлено, что наибольшее количество воды впитали образцы, которые находились при температуре окружающего воздуха с отрицательной температурой – 125мл, наименьшее – с образцы, которые находились при температуре окружающего воздуха с температурой $+50^0$C – 95мл. [36]

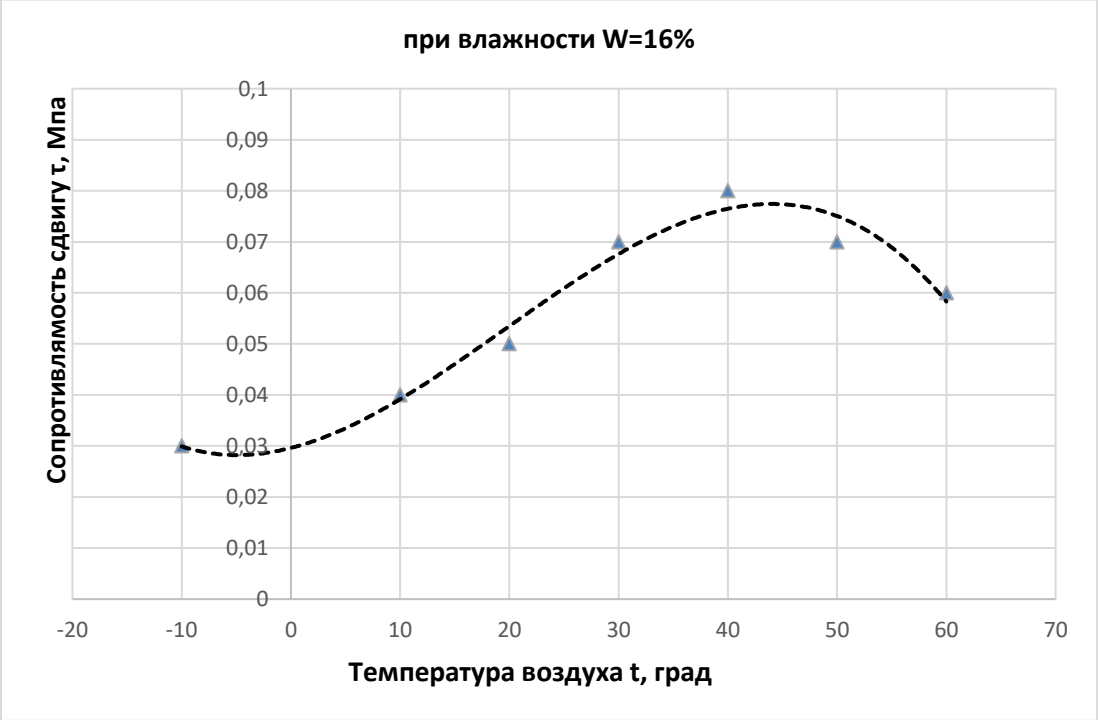
Время полного водонасыщения также зависит от температуры, чем ниже температура окружающего воздуха, тем продолжительнее протекает водонасыщение.

Оценка влияния температуры воздуха на прочностные характеристики грунта

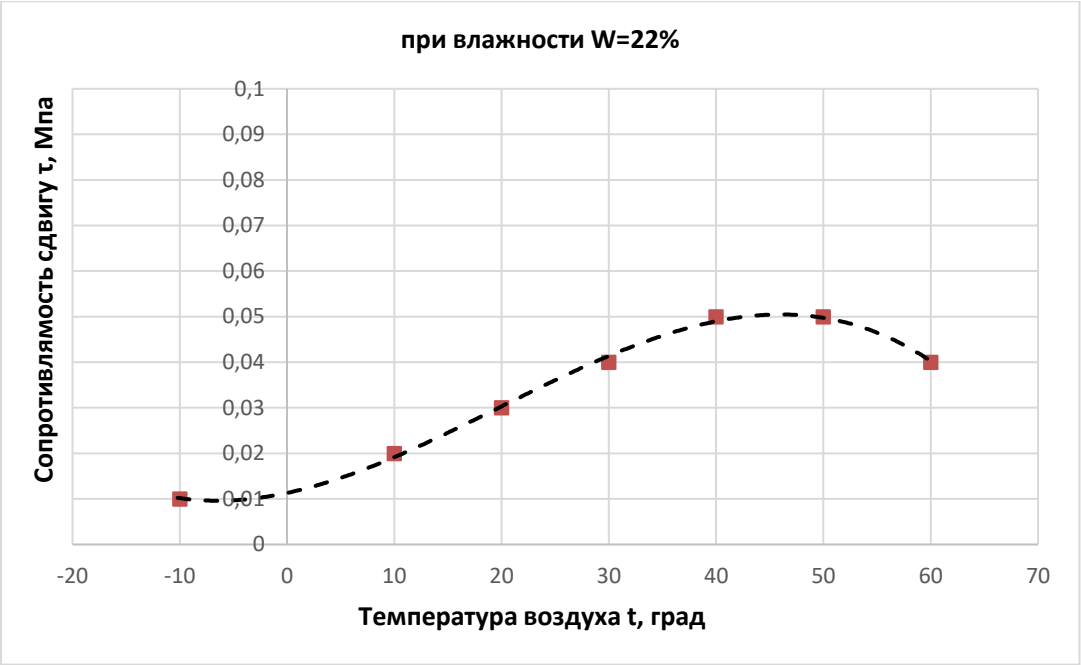
Для оценки влияния на сопротивляемость сдвигу грунтов поведены лабораторные испытания согласно методике (2.2) и полученные результаты приведены на рисунке 3.15. и 3.16.



1) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от температуры воздуха при влажности на границе раскатывания W=12%



2) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от температуры воздуха при естественной влажности грунтов W=16%



3) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от температуры воздуха при влажности на границе текучести W=22%

Рис. 3.15 Зависимости сопротивления сдвигу грунтов от температуры воздуха при заданных значениях влажности W=12%, W=16%, W=22%,

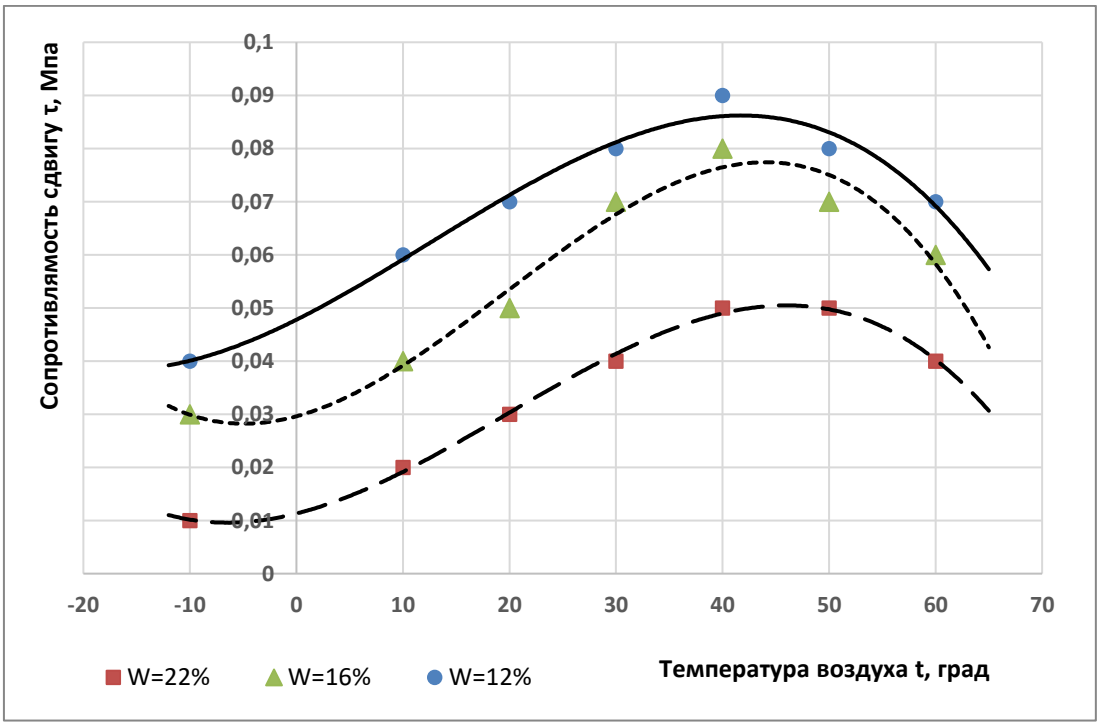


Рис. 3.16 Зависимость сопротивления грунта сдвигу от температуры воздуха

На основании анализа результатов, полученных в ходе эксперимента, выявлено, что наибольшим сопротивлением сдвигу обладают грунты при низких температурах воздуха и влажности на пределе раскатывания. С увеличением температуры от -10^0С до $+40^0$С наблюдается возрастание сопротивляемости сдвигу грунта, в зависимости от его влажности, в среднем от 0,001МПа до 0,0082МПа. При температуре выше $+45^0$С наблюдается снижение сопротивления сдвигу, и при температуре $+60^0$С при влажности 12%. эти значения составляют 0,007МПа, при влажности 16% - 0,069МПа и при влажности 22% - 0,0045МПа. Дальнейшее повышение температуры воздуха в экспериментах нецелесообразно.

Результаты определения влияния температуры на прочностные характеристики грунта угол внутреннего трения и сцепление приведены на рис.3.17.

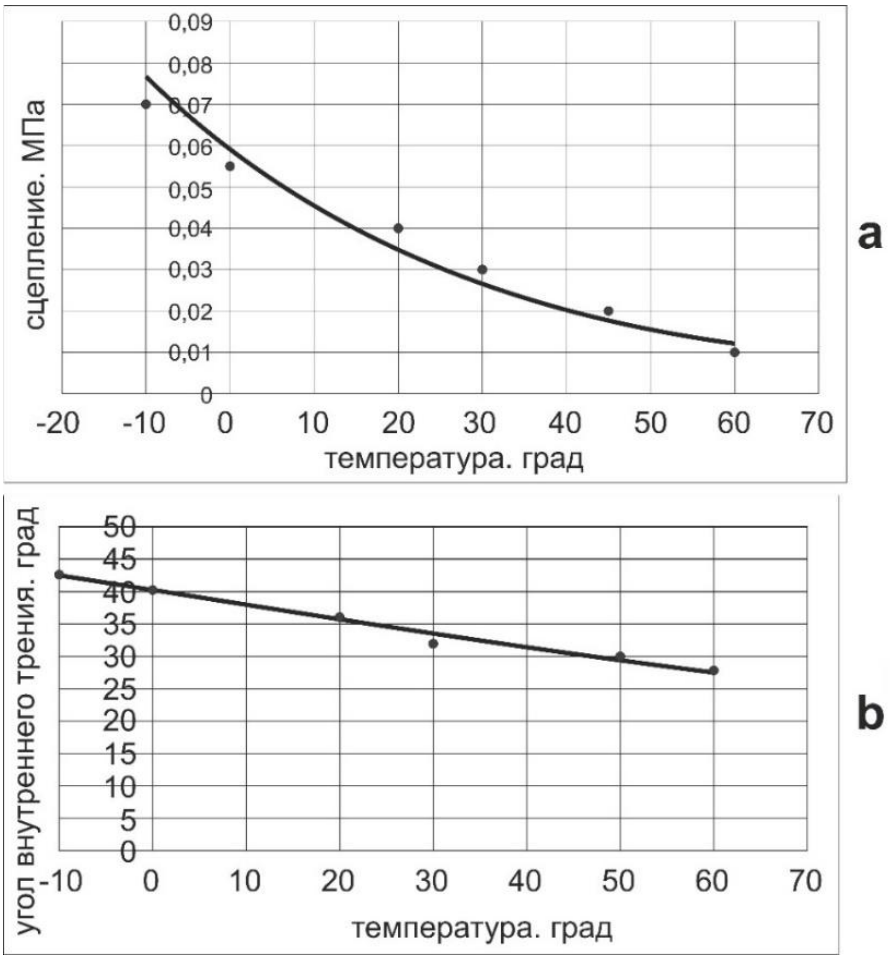


Рис. 3.17 Зависимость сцепления грунта (а) и угла внутреннего трения грунта от температуры (б)

В результате испытаний по оценке влияния температуры на прочностные характеристики грунта выявлено, что с повышением температуры воздуха от -10^0С до +60^0С сцепление снижается с 0,07МПа до 0,01МПа, а угол внутреннего трения - с 42^0 до 28^0, соответственно коэффициент трения tgφ с 0,9 до 0,53.

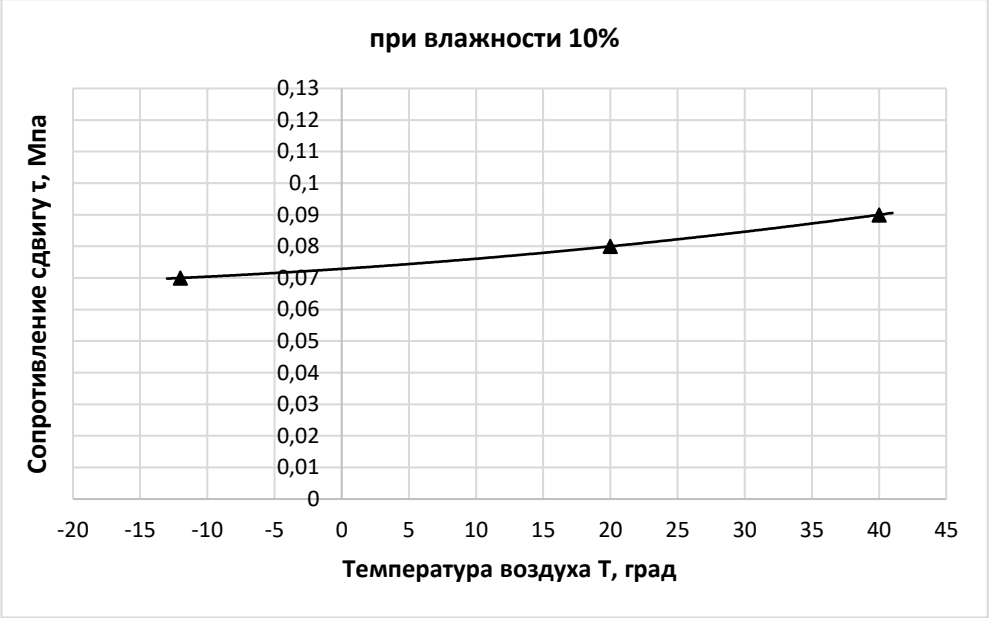
Таким образом, на основе анализа полученных результатов проведенных экспериментов установлено, что исследуемые грунты откосов:

- при нагревании или охлаждении температура грунта в поверхностном слое ниже температуры окружающего воздуха на 2-3^{0}С и при изменении температуры воздуха, температура грунта изменяется по экспоненциальной зависимости;
- время полного водонасыщения грунта зависит от температуры окружающего воздуха, чем ниже температура окружающего воздуха, тем продолжительнее протекает водонасыщение;
- наибольшим сопротивлением сдвигу обладают грунты при низких температурах воздуха и влажности на пределе раскатывания;
- повышением температуры воздуха от -10^0С до +60^0С приводит к снижению сцепления грунта с 0,07МПа до 0,01МПа, а угла внутреннего трения - с 42^0 до 28^0, соответственно коэффициент трения tgφ, с 0,9 до 0,53;

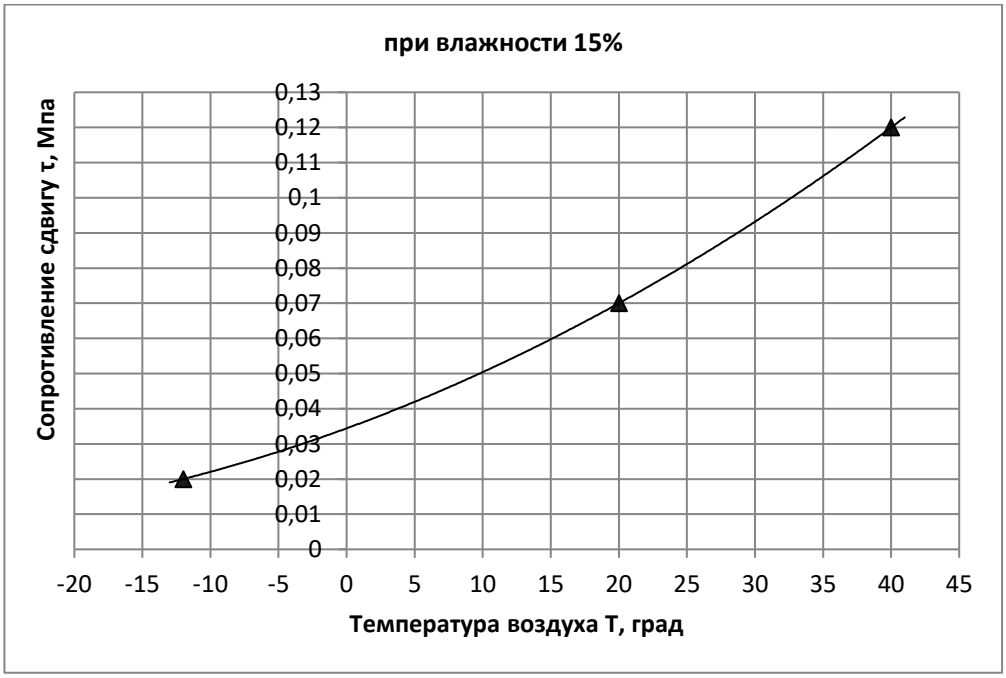
Результаты оценки совместного влияния влажности и температуры на прочностные свойства грунтов после их замораживания

По результатам испытаний образцов грунта при заданных значениях плотности ρ=1700кг/м^3, размера твердых частиц 1мм и влажности W=10%, W=15%, W=20%, W=25% получены следующие зависимости. Образцы подвергались испытанию на сдвиг после замораживания при температуре t=-12^0С, в течении 65часов.

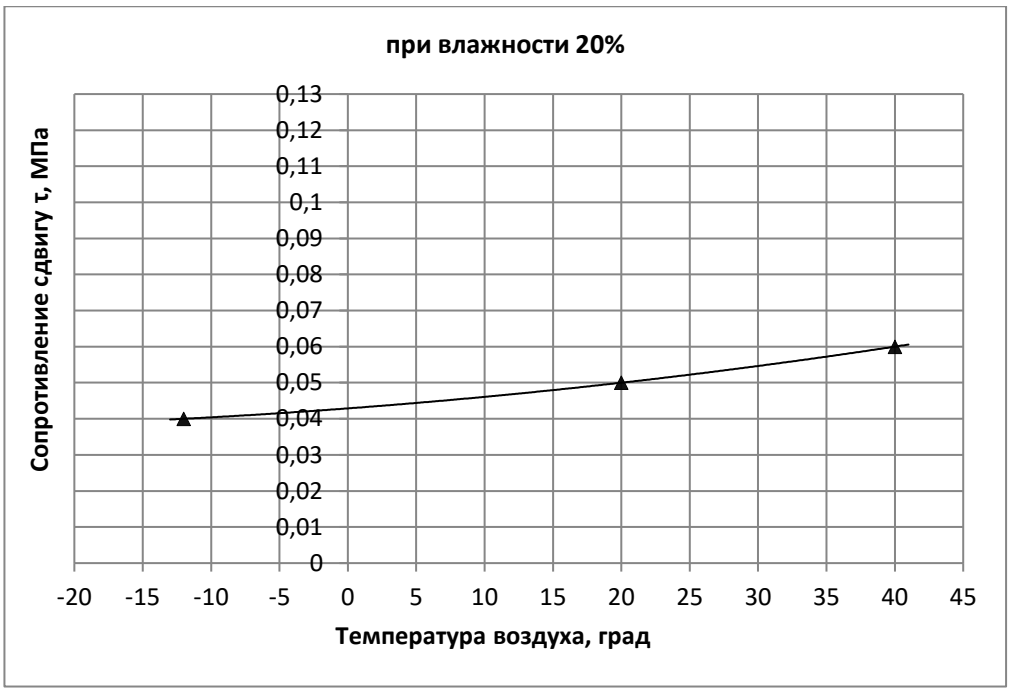
Результаты приведены на рисунках 3.18 и 3.19.



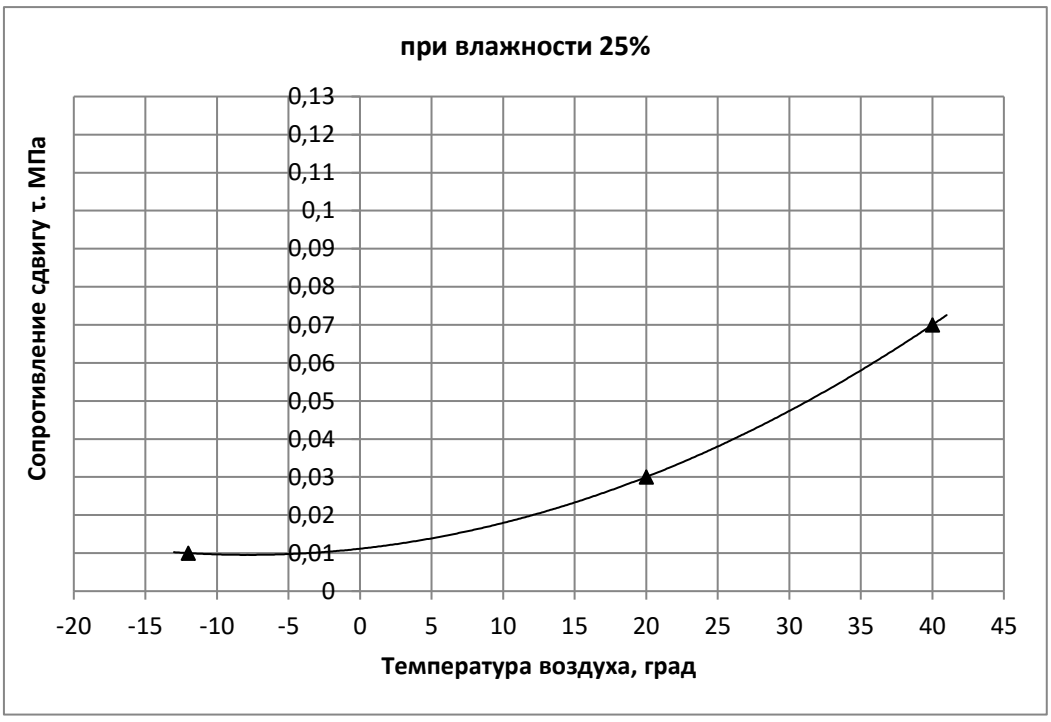
1) Зависимость сопротивления сдвигу оттаивших грунтов от температуры вохдуха при влажности W=10%



2) Зависимость сопротивления сдвигу оттаивших грунтов от температуры вохдуха при влажности W=15%



3) Зависимость сопротивления сдвигу оттаивших грунтов от температуры воздуха при влажности W=20%



4) Зависимость сопротивления сдвигу оттаивших грунтов от температуры воздуха при влажности W=25%

Рис. 3.18 Зависимости сопротивления сдвигу оттаявших грунтов от температуры воздуха при четырех разных заданных значениях влажности

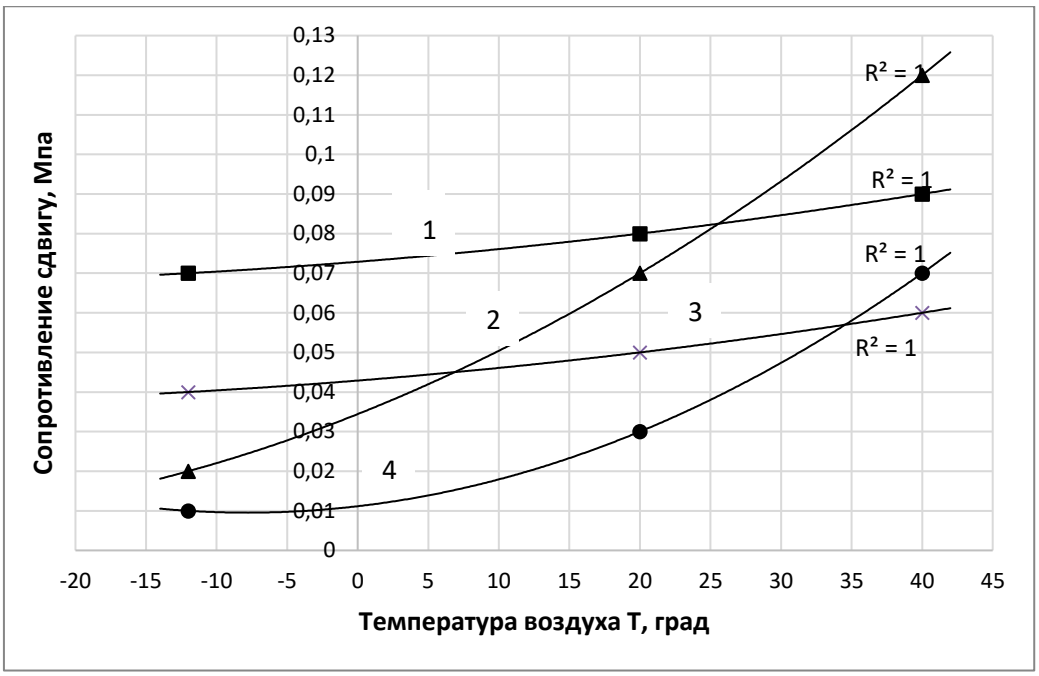


Рис. 3.19 Зависимость сопротивления сдвигу оттаявших грунтов от температуры воздуха при разных заданных значениях влажности
1 – при влажности 10%; 2 – при влажности 15%; 3 – при влажности 20%; 4 – при влажности 25%.

1) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от времени замораживания грунта при влажности на границе раскатывания W=12%

Результаты оценки влияния времени замораживания образцов на сопротивление сдвигу грунтов

Испытания проводили при заданных значениях влажности на границе раскатывания W=12% и границе текучести W=22%, размеры твердых частиц грунта 0,25мм и при постоянной плотности 1700кг/м^3.

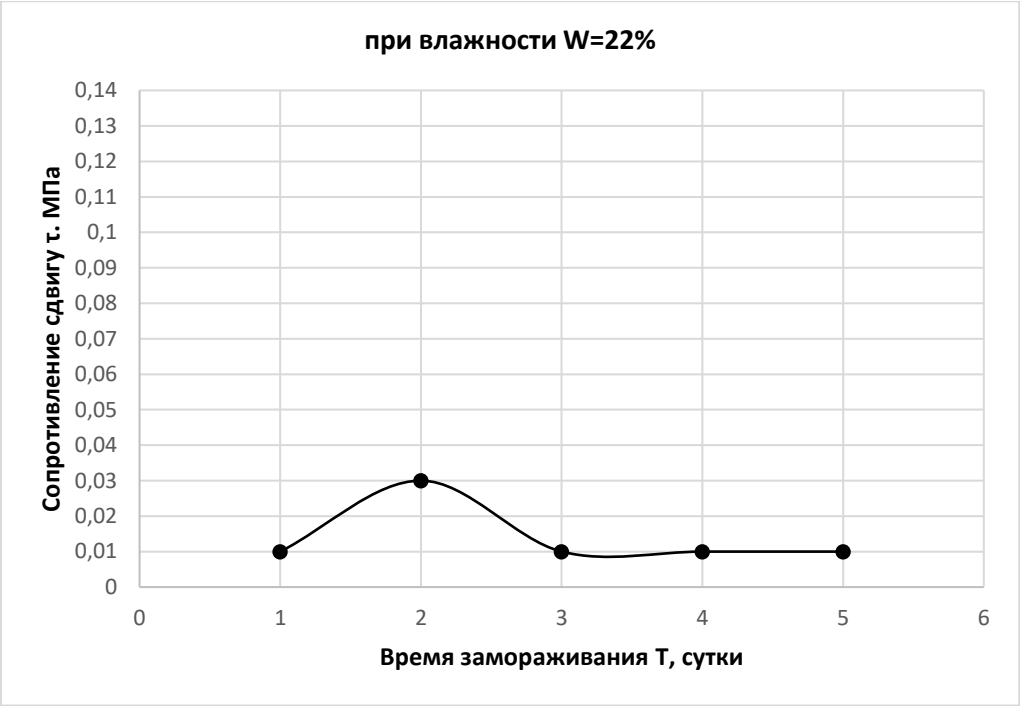
Результаты полученных данных представлены в таблице 3.1 и на рисунках 3.20 и 3.21.

Таблица 3.1. - Результаты определения влажности после сдвига при W=12%

Время замораживания, сутки	Температура в грунте до сдвига, град	Время сдвига, мин	Продолжительность сдвига, мин	Сопротивление сдвигу τ, МПа	Влажность после сдвига, %
1	16,4	8	20	0,08	11,62
2	16	12	23	0,12	10,83
3	10	9	24	0,09	10,97
4	9,3	8	20	0,08	12,03
5	12	8	21	0,08	12,63

Таблица 8. - Результаты определения влажности после сдвига при W=22%

Время замораживания, сутки	Температура в грунте до сдвига, град	Время сдвига, мин	Продолжительность сдвига, мин	Сопротивление сдвигу τ, МПа	Влажность после сдвига, %
1	7,1	1	19	0,01	21,67
2	3,8	3	17	0,03	21,67
3	4,9	1	18	0,01	21,99
4	3,6	1	16	0,01	21,82
5	3,7	1	13	0,01	21,82



2) Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от времени замораживания грунта при влажности на границе раскатывания W=22%

Рис. 3.20. Зависимости сопротивления сдвигу грунтов от времени их замораживания при двух заданных значениях влажности

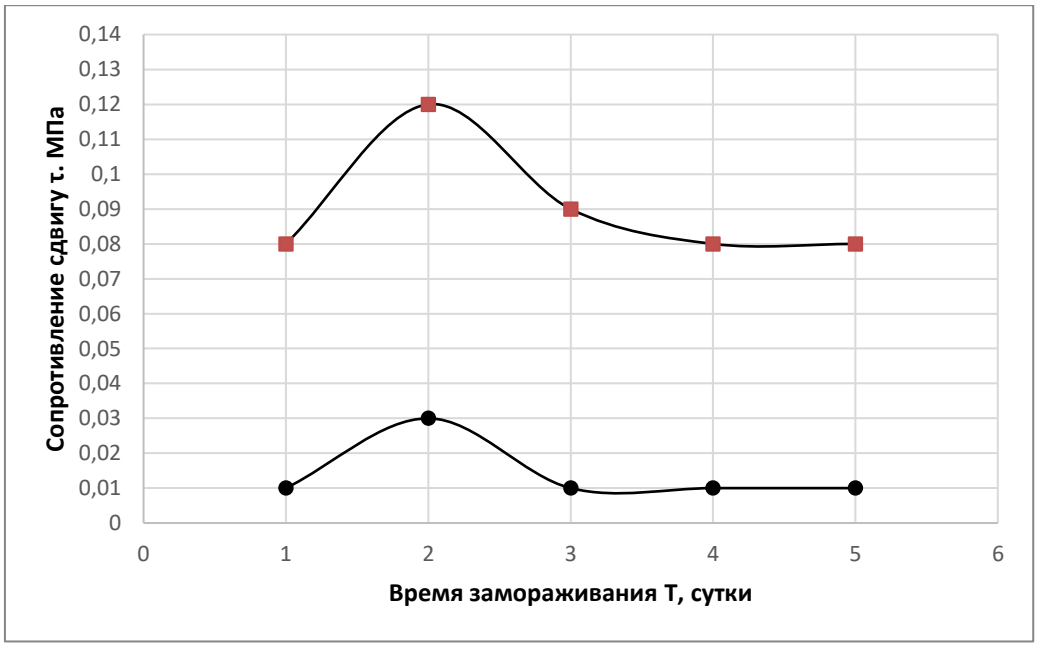


Рис. 3.21 Зависимость сопротивления сдвигу грунтов от времени их замораживания при разных заданных значениях влажности

1 – при влажности 12%; 2 – при влажности 22%;

Результаты натурных исследований по оценке влияния сезонного колебания температуры на сопротивляемость грунтов

Для оценки влияния сезонных колебаний температуры воздуха, на физико-механические свойства грунтов приповерхностного слоя склонов и откосов, проводили натурный эксперимент.

Для эксперимента был выбран оползневой участок склона, находящийся в Чуйской области, в селе Орто-Сай в южной части г. Бишкек (рис.3.22). Оползневой склон расположен на высоте 915м над уровнем моря, в низовой части склона в 15-20метрах находятся жилые дома. Оползень сошел в 2009г, принес некоторые экономические ущербы частным домам, обошлось без жертв.

Для исследования физико-механических свойств грунтов оползневого тела производили отбор образцов, каждый месяц, начиная с января по декабрь месяц, измеряли температуру воздуха и температуру грунта в момент отбора образцов и определяли влажность, плотность, гранулометрический состав и сопротивление сдвигу грунта в лабораторных условиях.

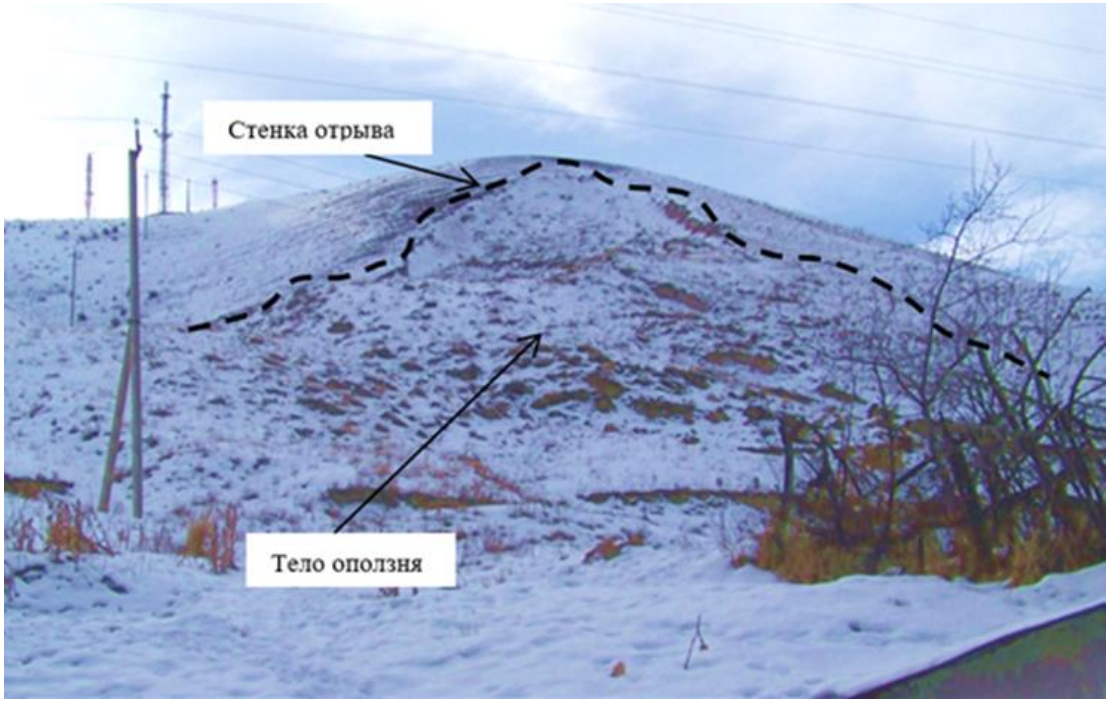


Рис. 3.22 Оползневой склон села «Орто-Сай», на котором производился отбор образцов естественного сложения

Отбор производили прямо в теле оползня, зачистив поверхности склона на 50-100см. Образцы подвергали испытанию в день отбора, в лабораторных

условиях. (рис.3.23) По числу пластичности грунты склона относятся к суглинкам Iп=9-14, в грунте содержатся карбонатные соли, которые заметны визуально, равномерно распределенные в грунте. (рис. 3.24)

Рис. 3.23 Место отбора образцов на оползневом теле

Также содержится множество мелких камней, которые препятствуют отбору образцов и влияют на процесс сдвига.

Рис. 3.24 В грунте наблюдаются включения карбонатной соли и твердые фракции

Как известно на поглощение почвой солнечной энергии большое влияние оказывает также и экспозиция склона. Южные склоны значительно отличаются по тепловому режиму почв от северных.

Оползневой склон «Орто-Сай» относиться к южным склонам, но солнечное тепло задерживается только в утреннее время суток, и у склона низкое снегозадержание.

Наблюдения за изменением температурного режима грунта оползневого тела проводили как по поверхности, так и по глубине. Температуру почвы измеряли термометром KI&BNT (рис.3.25), резервуар термометра погружали в почву, зачищенную от снежного покрова.

Рис. 3.25 Измерение температуры на поверхности склона.

Измеряли температуру в грунте, по высоте стенки, где отбирались образцы (рис.3.26).

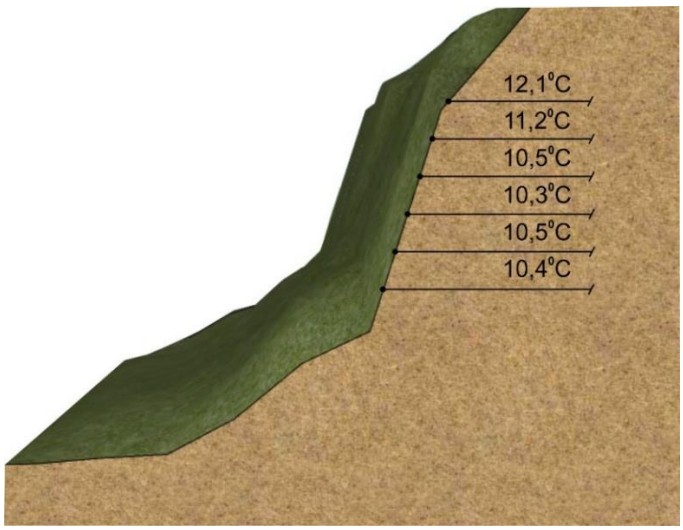


Рис. 3.26 Схема измерение температуры по высоте стенки склона и результаты измерений за март месяц

В ходе эксперимента установлено, что глубина промерзания склона зимой составляет 10-17см. Результаты измерения температуры грунта на оползневом склоне и атмосферного воздуха представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Измерения температуры грунта на поверхности склона и температуры воздуха в момент отбора образцов

Время измерения	**Температура воздуха, град**	**Температура грунта, град**
Январь	+2,8	-0,1
Февраль	-0,7	+1,9
Март	+12,1	+12,9
Апрель	+20,0	+14,8
Май	+27,0	+25,8
Июнь	+13,6	+17,2
Июль	+45,1	+48,5
Август	+40,1	+43,3
Сентябрь	+27,1	+27,4
Октябрь	+7,1	+6,0
Ноябрь	+4,2	+3,8
Декабрь	-1,6	-1,4

Значение температуры в грунте в жаркое время года (июнь, июль, август, сентябрь) превышает температуру воздуха. Это объясняется тем, что при больших температурах грунт нагревается и держит тепло в себе. В октябре, декабре и январе температура грунта наоборот ниже, чем температура воздуха. Затем в феврале и марте температура грунта больше, чем воздуха и апрель, май снова обратный цикл. На рисунке 3.27 представлены результаты измерения температуры воздуха и температуры грунта по месяцам в течении года.

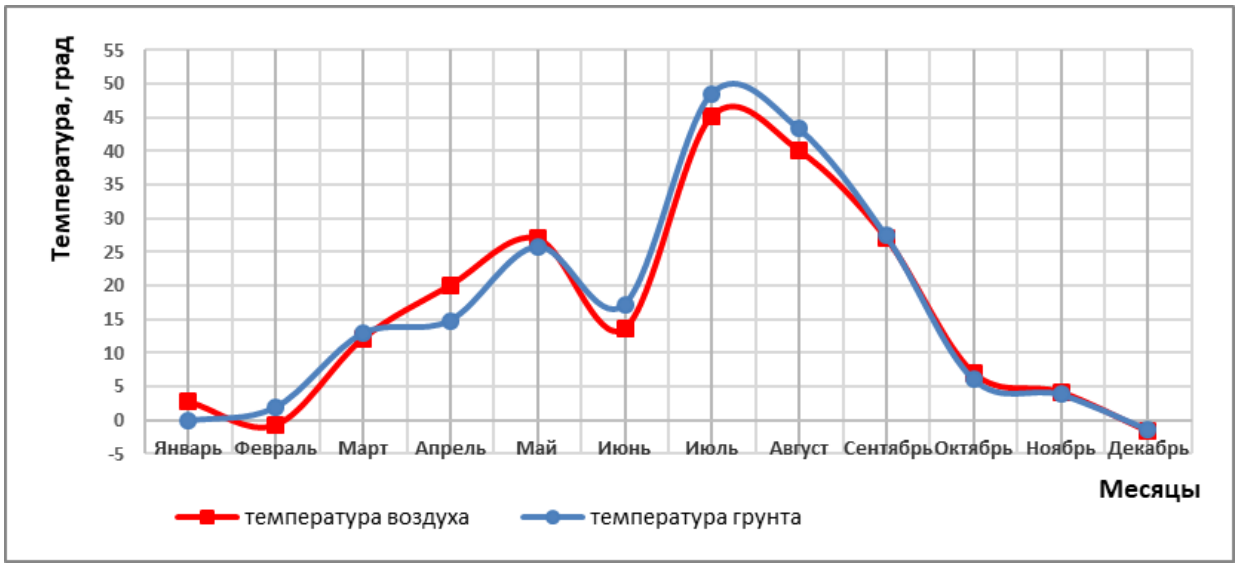


Рис. 3.27. Изменения температуры воздуха по месяцам

Определение гранулометрического состава грунтов оползневого тела производили ситовым методом. [20] В грунте преобладают фракции размером 0,1мм, крупных фракций почти не наблюдается.

Результат регулирования гранулометрического состава показал, что преобладающее содержание фракций размером 0,1мм не изменяется в зависимости от времени года. Крупные фракции, такие как 10мм, 7мм и 5мм почти отсутствуют. Результаты определение гранулометрического состава грунта оползневого склона представлены ниже. (рис. 3.28)

В результате наблюдения за изменением влажности грунтов оползневого тела выявлено, что влажность меняется в зависимости от температуры воздуха. Несмотря на максимально положительные показатели температуры воздуха и

даже самого грунта в летний период года, влажность грунта самое низкое, в среднем показатель W=12,48%.

Рис. 3.28. Гранулометрический состав грунта оползневого склона

Начиная с конца февраля по апрель месяц влажность грунтов увеличивается максимально до W=19,68%, составляя почти предел текучести грунтов (рис. 3.29).

В результате наблюдения за изменением плотности грунтов оползневого тела «Орто-Сай» установлено что, начиная с января месяца по май месяц грунты имеют низкую плотность, так как в этот период грунты имеет максимальные значения влажности, поскольку из-за нагревания воздуха происходит таяния льда в грунте.

Рис. 3.29. Изменение влажности грунта по месяцам

Максимальное показание плотности 2600кг/м^3 попадает на июль месяц, где температура воздуха составляет +45,1^{0}С, а температура грунта превышает атмосферного+48,5^{0}С. Затем идет обратное снижение плотности до 2100 кг/м^3 (рис. 3.30).

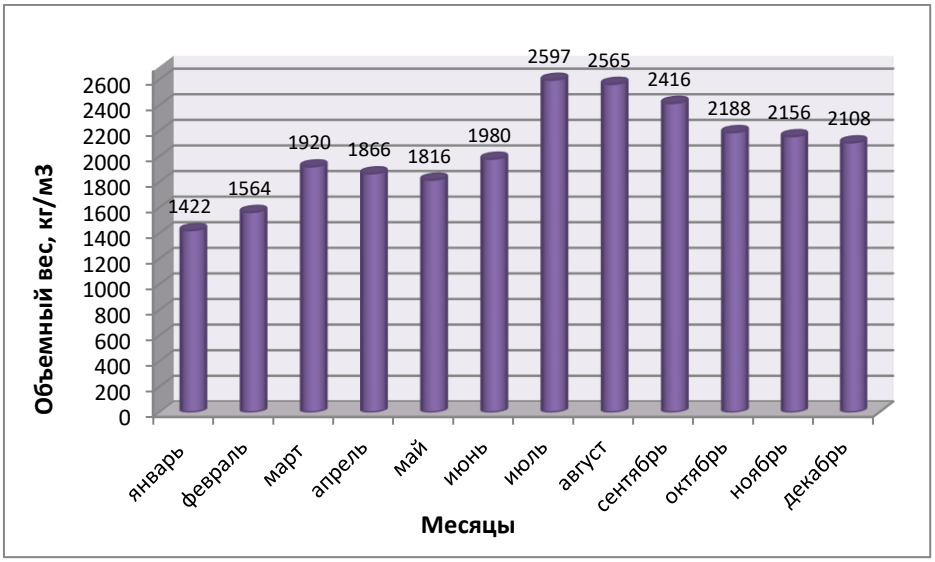


Рис. 3.30. Изменения плотности грунта по месяцам

Результаты полученных значений прочностных характеристик угла внутреннего трения и сцепления грунта оползневого склона представлены на рисунках 3.31 и 3.32. В грунтах минимальные показания угла внутреннего трения в мае, июле и декабре. Начиная с января по май месяц, угол внутреннего трения снижается, затем резко возрастает до 31^0, который попадает на июнь месяц, затем в следующем месяце снова снижается до 18^0, в сентябре повышается 27^0, а затем обратно снижается.

Рис. 3.31. Изменение угла внутреннего трения грунта по месяцам

Сцепление грунтов в январе месяце, когда температура в грунте -0,1^{0}C равно 0Мпа. Затем повышается до значения 0,05МПа в марте месяце.

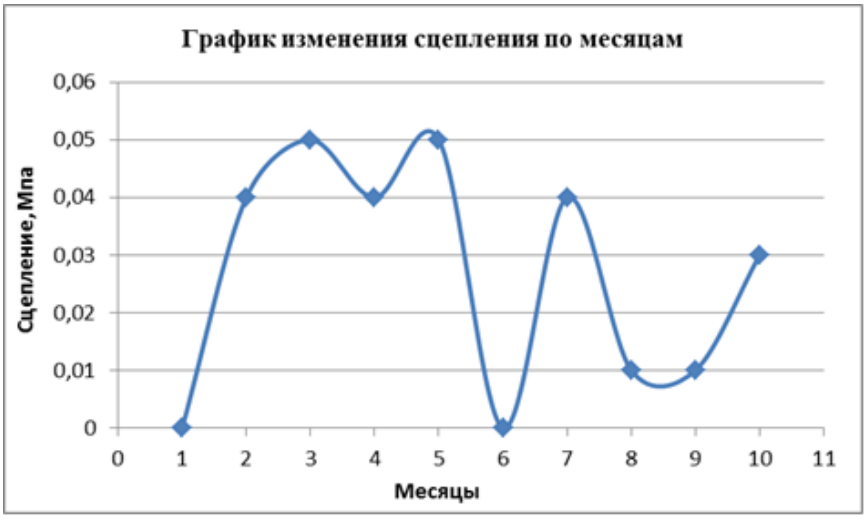


Рис. 3.32. Изменение сцепления грунта по месяцам

Прочностные показатели грунта оползневого склона «Орто-Сай» в зависимости от сезонного колебания температуры атмосферного воздуха повышаются или снижаются неравномерно. В грунте преобладают пылеватые фракции размерами 0,1мм и менее, которые реагируют на изменение влажности. В отличие от плотности, влажность грунтов имеют больше зависимости от сезонного колебания температуры. [37]

3.4 Выводы по главе

1. На основе анализа полученных данных лабораторных исследований установлено, что сопротивляемость сдвигу грунтов при влажности равной границе раскатывания уменьшается в 1,3раза, а при влажности на границе текучести практически в 4раза. При этом сопротивляемость сдвигу на границе раскатывания больше, чем на границе текучести в 3раза.
2. Наибольшее влияние на сопротивляемость грунтов сдвигу оказывает размер твердых частиц 0,25мм до 0,5мм. С увеличением диаметра твердых частиц от 0,25мм до 2мм сопротивляемость грунта сдвигу снижается на 50%

3. Выявлено, что сопротивляемость грунта сдвигу зависит от температуры грунта. С повышением температуры от -10^0С до $+60^0$С сопротивляемость грунтов сдвигу снижается на 70%.
4. В результате испытаний по оценке влияния температуры на прочностные характеристики грунта выявлено, что с повышением температуры воздуха от -10^0С до $+60^0$С сцепление снижается с 0,07МПа до 0,01МПа, а угол внутреннего трения - с 42^0 до 28^0, соответственно коэффициент трения tgφ с 0,9 до 0,53.

Глава 4. РАСЧЕТ МЕСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ ГОРНЫХ ДОРОГ

Горная дорога на склонах и их подножьях неизбежно оказывает негативное воздействие на окружающую среду и изменяет сложившееся природное равновесие, приводящее к потере геомеханической устойчивости откосов дорожных выемок на откосе. Направление трассы транспортной магистрали является одним из наиболее важных факторов безопасного строительства и эксплуатации будущей дороги. Обоснованному выбору направления трассы должно предшествовать детальное изучение территории прохождения трассы, включающее изучение и анализ геологических, геомеханических, физико-географических условий строительства и физико-механических свойств грунтов самого откоса. Под неустойчивым состоянием грунтового массива понимается такое его состояние, когда незначительное по величине изменение физико-механических свойств грунта «может нарушить равновесие массива, причем произойдут изменение структуры грунта и движение массива до тех пор, пока грунт не приобретет нового состояния равновесия» [125].

4.1 Расчет местной устойчивости откосов горных дорог по гранулометрическому составу грунтов и прочностным характеристикам оттаивающихся грунтов

Расчет местной устойчивости откосов горных дорог по гранулометрическому составу грунтов

По результатам проведенных лабораторных испытаний грунтов и полученных данных проведены расчеты местной устойчивости откосов выемок горных дорог и установлено зависимость коэффициента местной устойчивости откосов дорог от гранулометрического состава грунтов слагающих откосы. Коэффициент местной устойчивости откосов горных дорог рассчитывали по формуле: (4.1).

$$K = B\left(\frac{\gamma - 1}{\gamma} n tg\varphi_p + \frac{Ac_p}{\gamma H}\right) \quad (4.1)$$

где γ - объемный вес грунта, т/м^3;

φ_p, c_p - расчетные показатели соответственно угла внутреннего трения и сцепления грунта;

n - заложение откоса; $n = ctg\alpha$; (α - угол заложения откоса, град).

H - полная высота откоса (рис. 2.3), м;

A, B - безразмерные эмпирические коэффициенты, определяемые расчетным путем или номограмме [79] зависимости от отношения расчетной глубины сплыва h_c, к высоте откоса. (рис.2.13)

Местная устойчивость откосов при возможности формирования и развития сплывов считается обеспеченной, если K ≥ 1,5 [79]

На основе полученных данных прочностных показателей грунтов по результатам лабораторных тестовых испытаний произведены расчеты коэффициента местной устойчивости откосов выемок горных дорог в зависимости от гранулометрического состава грунтов, при постоянном значении угла откоса и плотности грунтов.

Были проведены расчета по 4 вариантам при постоянных исходных данных: объемный вес грунта γ=1,5г/см^3, угол откоса α=45^0 и размеры твердых частиц грунта равные Ø=0,25мм, Ø=0,5мм, Ø=1мм, Ø=2мм. Результаты расчетов приведены на таблице 4.1.

График зависимости коэффициента местной устойчивости откосов от гранулометрического состава грунтов приведен на рисунке 4.1.

На основе анализа полученных расчетных данных установлено, что коэффициент местной устойчивости зависит от гранулометрического состава грунтов слагающих откосы горных дорог, с увеличением размера частиц грунтов значение коэффициента местной устойчивости снижается.

Таблица 4.1 - Значения коэффициента местной устойчивости откосов в зависимости от гранулометрического состава грунтов

Угол откоса α, град	Объемный вес грунта γ, кг/м^3	Размер твердых частиц грунта , Ø, мм	Коэффициент местной устойчивости Ку≥1,5			
			вариант 1	вариант 2	вариант 3	вариант 4
45	1500	0,25	1,91	1,47	1,50	1,41
		0,50	1,49	1,41	1,51	1,26
		1,0	1,25	1,05	1,25	1,26
		2,0	0,78	0,84	0,98	1,01

Из полученной зависимости следует, что при размерах частиц грунта от 0,25мм до 0,5мм коэффициент местной устойчивости снижается на 2-30%, при размерах частиц от 0,25мм до 1,0мм на 20-43%, при размерах частиц от 0,25мм до 2,0мм на 26-71%.

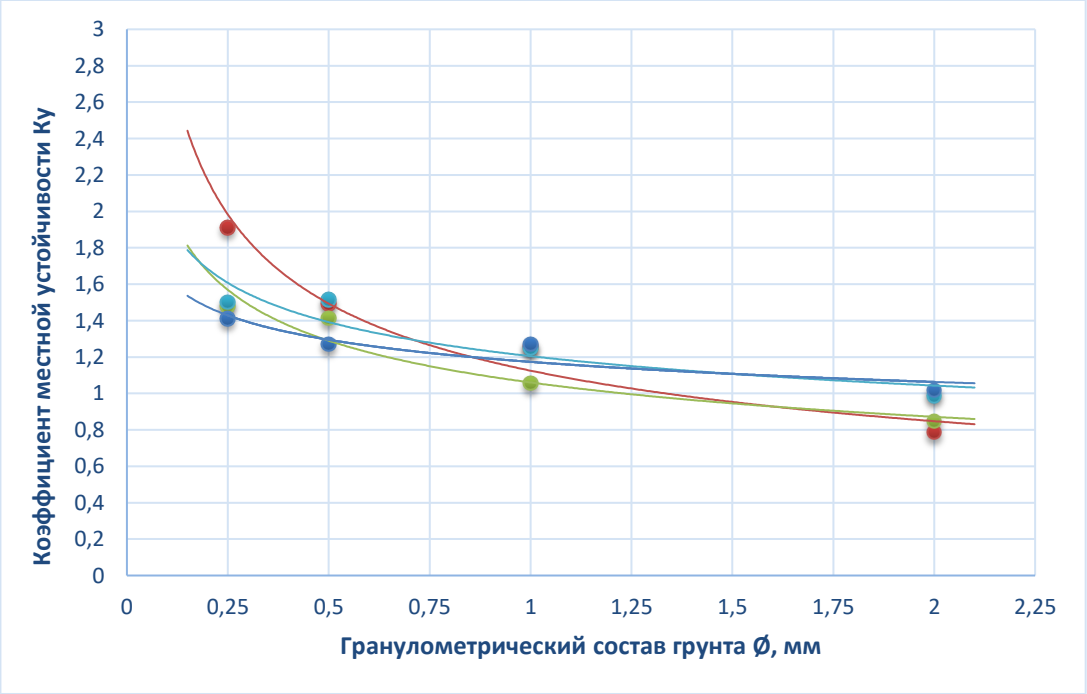


Рис. 4.1. График зависимости коэффициента местной устойчивости откосов от гранулометрического состава грунтов

Для подтверждения экспериментальных данных тестовых испытаний грунта, представлены результаты натурных исследований грунтов из нескольких натурных объектов.

Объект 1 – данные полученные в результате исследований грунтов **оползневого тела Ничке-Сай** в Ошской области.

Для грунтов оползневого тела были определены комплекс физико-механических свойств по 5 шурфам.

По гранулометрическому составу в грунте преобладают частицы размерами менее 0,1мм. (рис. 4.2.)

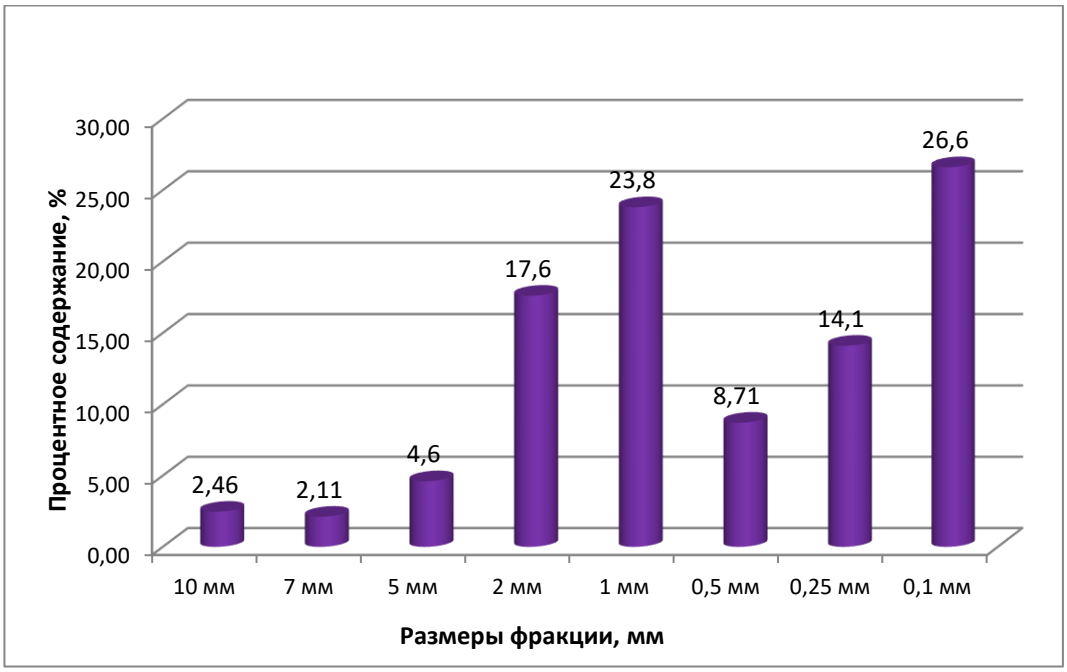


Рис. 4.2. Усредненные значения гранулометрического состава грунтов оползневого тела «Ничке-Сай»

По прочностным свойствам грунтов Ничке-Сай построены графики зависимости прочностных свойств от гранулометрического состава грунтов. (рис. 4.3. и 4.4)

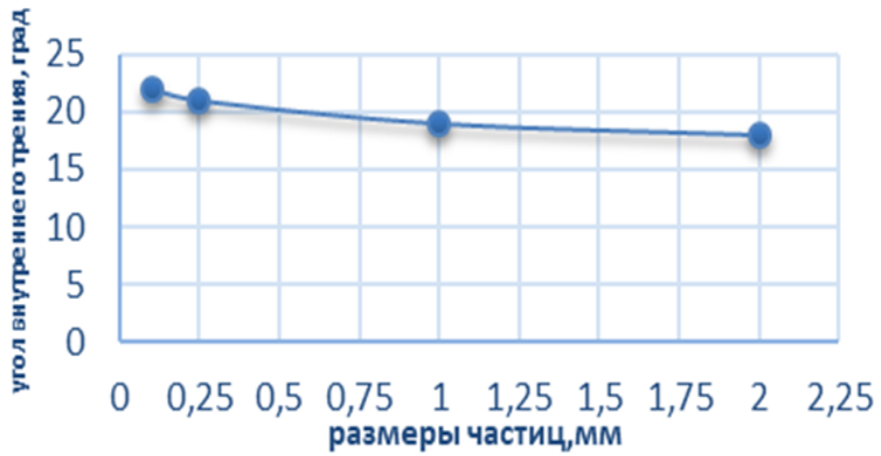


Рис. 4.3. Зависимость угла внутреннего трения от гранулометрического состава грунтов Ничке-Сай

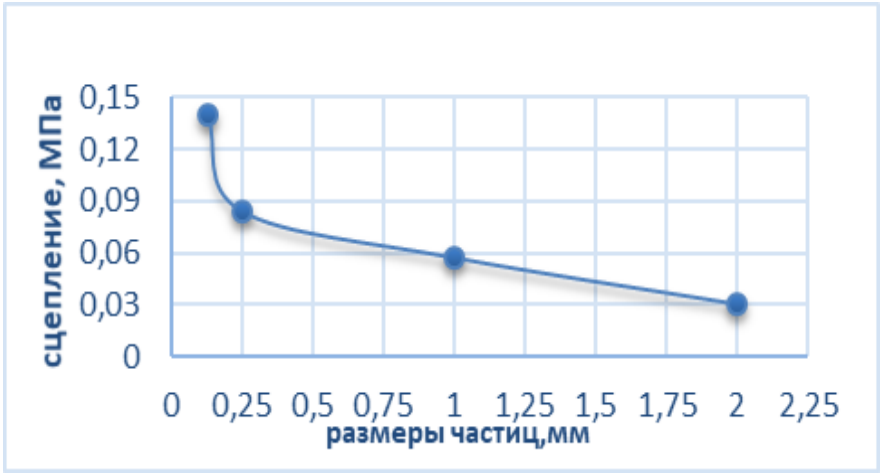


Рис. 4.4. Зависимость сцепления грунтов от гранулометрического состава грунтов Ничке-Сай

Из полученных зависимостей видно, что с увеличением размера твердых частиц грунта оползневого тела «Ничке-Сай» прочностные показатели снижаются, как угол внутреннего трения в среднем на 14-21%, так и сцепление на 16-27%.

Объект 2 - Оползневой склон «Кызыл-Бель» на участке автомобильной дороги Исфана-Сулюкта.

Для данного оползневого тела также были определены физико-механические свойства по 6 шурфам.

По гранулометрическому составу, в грунтах откоса автомобильной дороги преобладают глинистые частицы менее 0,1мм. (рис. 4.5)

Рис. 4.5. Усредненные значения гранулометрического состава грунтов откоса дороги «Исфана-Сулюкта»

По результатам определения прочностных характеристик грунтов построены графики зависимости от их гранулометрического состава. (рис. 4.6. и 4.7)

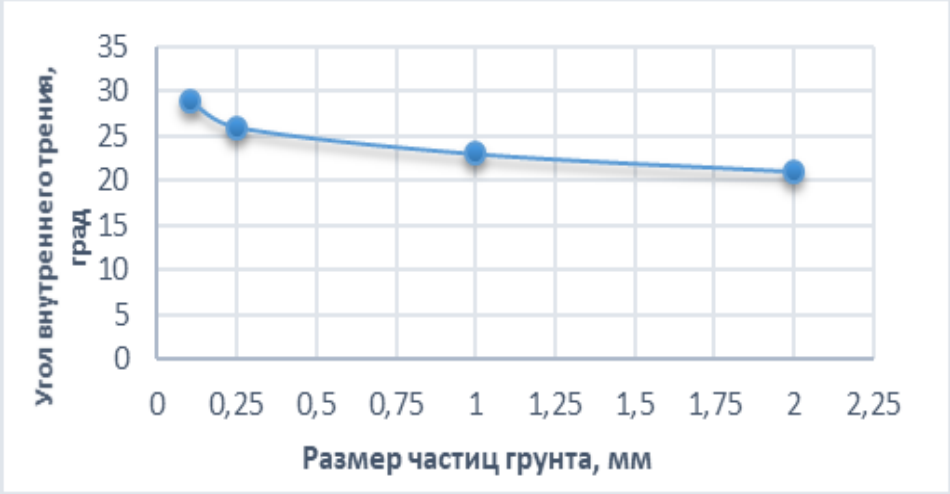


Рис. 4.6. Зависимость угла внутреннего трения от гранулометрического состава грунтов дороги «Исфана-Сулюкта»

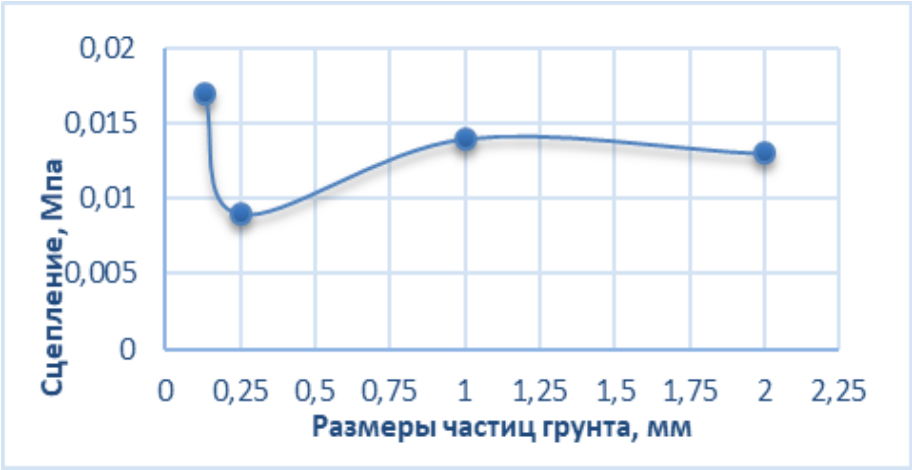


Рис. 4.7. Зависимость сцепления от гранулометрического состава грунтов дороги «Исфана-Сулюкта»

По результатам полученных данных выявлено, что прочностные показатели грунтов (угол внутреннего трения и сцепление) оползневого склона «Кызыл-Бель» на участке автомобильной дороги Исфана-Сулюкта зависят от их гранулометрического состава, с увеличением размера частиц прочностные показатели снижаются в среднем на 15-25%.

Объект 3 - Плотина хвостохранилища №4 Актюзского ГОК.

Для грунтов плотины также были определены комплекс физико-механических свойств по результатам отбора проб из 6шурфов. По гранулометрическому составу в грунтах плотины преобладают с 95% глинистые частицы размерами менее 0,1мм. (рис. 4.78)

Рис. 4.8. Усредненные значения гранулометрического состава грунтов плотины хвостохранилища «Актюзского ГОК»

Для данного объекта также были построены графики зависимости прочностных показателей грунтов от гранулометрического состава. Графики представлены на рисунке 4.9. и 4.10.

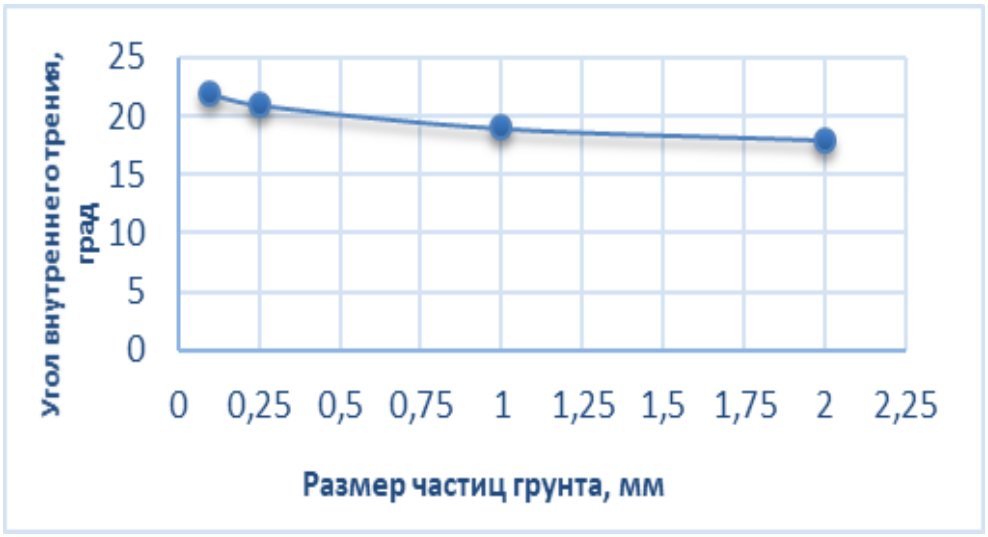


Рис. 4.9. Зависимость угла внутреннего трения от гранулометрического состава грунтов плотины хвостохранилища «Актюзского ГОК»

Рис.4.10. Зависимость сцепления от гранулометрического состава грунтов плотины хвостохранилища «Актюзского ГОК»

Выявлено, что в грунтах плотины хвостохранилища №4 Актюзского ГОК также имеется прямая зависимость прочностных характеристик от гранулометрического состава грунтов. С увеличением размера твердых частиц

грунта значение угла внутреннего трения снижается в среднем на 9-15%, сцепление на 12-28%.

На основе анализа полученных данных натурных исследований свойств грунтов установлено, что прочностные характеристики песчано-глинстых грунтов зависять от гранулометрического состава:

- с увеличением размера частиц от 0,1мм до 2мм угол внутреннего трения снижается в среднем на 9-21%
- с увеличением размера частиц от 0,1мм до 2мм значение сцепления снижается в среднем на 12-28%.

Расчет местной устойчивости откосов горных дорог по прочностным характеристикам оттаивающих грунтов

На основе анализа результатов лабораторных исследований свойств грунтов и зависимости сопротивляемости сдвигу от влажности и продолжительности замораживания и последующего оттаивания, установлено, что наличие талых грунтов на откосах приводит к массовому нарушению местной устойчивости откосов горных дорог в условиях высокогорья в феврале-марте месяце. В это время повышается температура воздуха, что и проводит к оттаиванию сезонно мерзлых грунтов. [37]

В работе выполнено сравнение результатов оценки устойчивости откоса оттаивающей насыпи при использовании в расчете прочностных характеристик, полученных для условий полностью оттаявшихся грунтов и приконтактной зоны оттаивающихся грунтов.

Поверхность скольжения оттаявшего грунта задавалась по поверхности раздела оттаивающего грунта и коренных пород и задана глубиной сезонного изменения температуры грунта.

Для проведения расчетов предполагаемая призма обрушения разбивается вертикальными линиями на блоки. Причем в пределах каждого блока линия скольжения задается прямой и составляет с горизонтом один и тот же угол. Считается, что все блоки взаимодействуют между собой по границе оттаивания.

При проведении расчетов принималось условие устойчивости оттаивающего отдельного блока (4.2), предложенное Г.И. Бондаренко в 1982: [114]

$$K = \frac{T_{уд}}{T_{сд}} \succ 1{,}3 \qquad (4.2)$$

где $T_{уд}$ – удерживающие силы

$T_{сд}$ – сдвигающие силы

В качестве примера были рассмотрены варианты откоса, сложенного грунтом с преобладанием частиц разного размера при постоянной высоте откоса и мощностью оттаиваемого слоя грунта. И для этих откосов при влажности грунта 10% и 20% произведены расчеты устойчивости откосов горных дорог. Расчеты произведены по формуле: [57]

$$K = \frac{\gamma_o h \cos\beta tg\varphi + Ch \sin\beta}{\gamma_0 \sin\beta + \gamma_{скл} h_{доп} \sin\alpha} \geq 1{,}5 \qquad (4.3)$$

где γ_0 – плотность грунта на откосе, кг/м^3;

$\gamma_{скл}$ – плотность грунта на склоне, кг/м^3;

h- высота откоса, м;

$h_{доп}$ - высота склона над откосом, м;

α – крутизна склона, град;

β – крутизна откоса, град;

φ – угол внутреннего трения град,

С – удельное сцепление грунта, МПа.

Выполненные расчеты коэффициента устойчивости для заданных условий для талого грунта и грунта, не подвергавшегося замораживанию приведены в табл. 4.2.

На основании анализа данных установлено, что для талых грунтов коэффициент устойчивости ниже, чем для грунтов, не подвергавшихся замораживанию. Причем чем выше влажность грунтов до замораживания, тем ниже значения коэффициента устойчивости.

Таблица 4.2. - Значения коэффициента устойчивости талого и грунта, не подвергавшегося замораживанию

Угол откоса, град	Коэффициент местной устойчивости			
	Талый грунт		Грунт не подвергавшийся замораживанию	
	t=3,W=20%	t=7, W=10%	t=18, W=10%	t=18, W=20%
25	1,12	1,31	1,50	1,36
30	1,08	1,26	1,32	1,24
45	0,62	0,73	1,26	1,06
60	0,36	0,43	1,10	0,95

Сравнение результатов проведенных расчетов откосов на местную устойчивость выполненных как для талых откосов, так и для не замораживаемых показывает, что использование расчетных характеристик оттаивающих грунтов дает возможность подойти более строго к выбору коэффициента запаса устойчивости.

Достоверность расчета коэффициента местной устойчивости зависит не только от климатических условий местности, но и от сезонного изменения свойств грунтов непосредственно в зоне промерзания и оттаивания.

4.2 Определение оптимальных параметров откосов выемок горных дорог при оценке их местной устойчивости.

Изучение вопросов, связанных с обеспечением устойчивости откосов и склонов имеет долгую историю, будь то откосы горных автомобильных дорог или внутрикарьерных технологических дорог. [35,44]

В решении этой проблемы наибольшее значение в горнодобывающей промышленности принадлежит месторождениям с открытым способом отработки. (рис. 4.11)

Учитывая, что в стране практически 65% месторождений отрабатываются комбинированным способом, вопросы по улучшению качественных показателей внутрикарьерных дорог в соответствии с условиями разработки и эксплуатации месторождений остается актуальным. [51, 52, 60]

Рис. 4.11. Характерные нарушения местной устойчивости откосов технологических дорог на месторождениии “Талдыбулак-Левобережный” [43]

В процессе эксплуатации внутрикарьерных дорог под воздействием природно-климатических факторов и движения, груженых автосамосвалов грузоподъемностью 40- 60тонн, нарушается местная устойчивость откосов, которая проявляется в виде оползней, сплывов и оплывин. Такого рода нарушения устойчивости откосов парализует бесперебойное движение транспорта по дороге, приводят к остановке работы на производстве, аварийным ситуациям, которые в совокупности существенно влияют на экономичность и безопасность эксплуатации автосамосвалов, также на горные работы в целом. [43, 8, 61,64].

Как было выше изложена, при оценке местной устойчивости откосов горных автомобильных дорог или технологических дорог при освоении месторождений, основного внимание требуют выбор оптимальных параметров

откосов (рис.4.12), рассчитанные в соответствии с физико-механическими свойствами грунтов слагающих откос, а также с геологическими, гидрогеологическими, геофизическими и климатическими особенностями склона и местности.

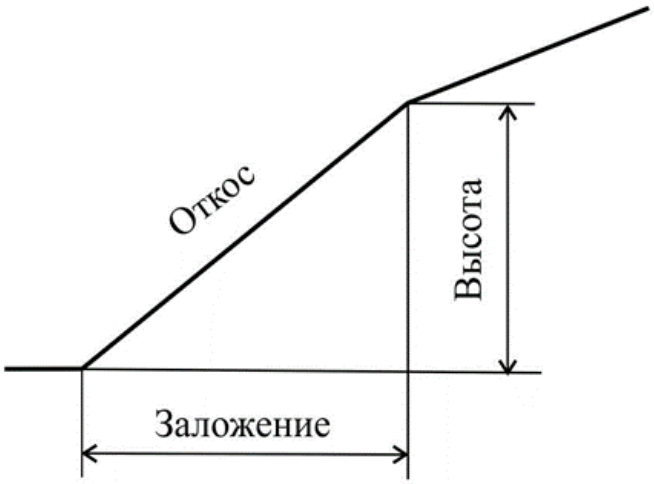


Рис. 4.12. Основные элементы откоса горной дороги

На основе полученных данных физико-механических свойств грунтов по результатам натурных исследований произведены расчеты по определению оптимальной высоты откоса выемок горных дорог в зависимости от гранулометрического состава грунтов. Для расчета использовали известную формулу П.М. Цимбаревича по определению высоту откоса (или уступа): [115]

$$H = \frac{2\frac{C}{\gamma}\sin\alpha\cos\varphi}{\sin^2\frac{\alpha-\varphi}{2}} \qquad (4.4)$$

где С – сцепление грунта откоса, т/м^2

γ – объемный вес грунта, т/м^3

α – угол откоса, град

φ – угол внутреннего трения грунта, град

Для расчетов исходными данными были выбраны следующие углы откоса α=45^0, 50^0, 55^0 и 60^0, которые назначают на откосах дороги Бишкек-Ош [ОДМ 218.2.006-2010] [86]. Значение объемного веса грунтов равны 1500кг/м^3, которая также размеры частиц равные Ǿ=0,25мм, 0,5мм, 1мм и 2мм, которые наиболее преобладают в песчано-глинистых грунтах откосов дорог.

По результатам полученных значений был построен график зависимости высоты откоса от гранулометрического состава грунтов (рис. 4.13).

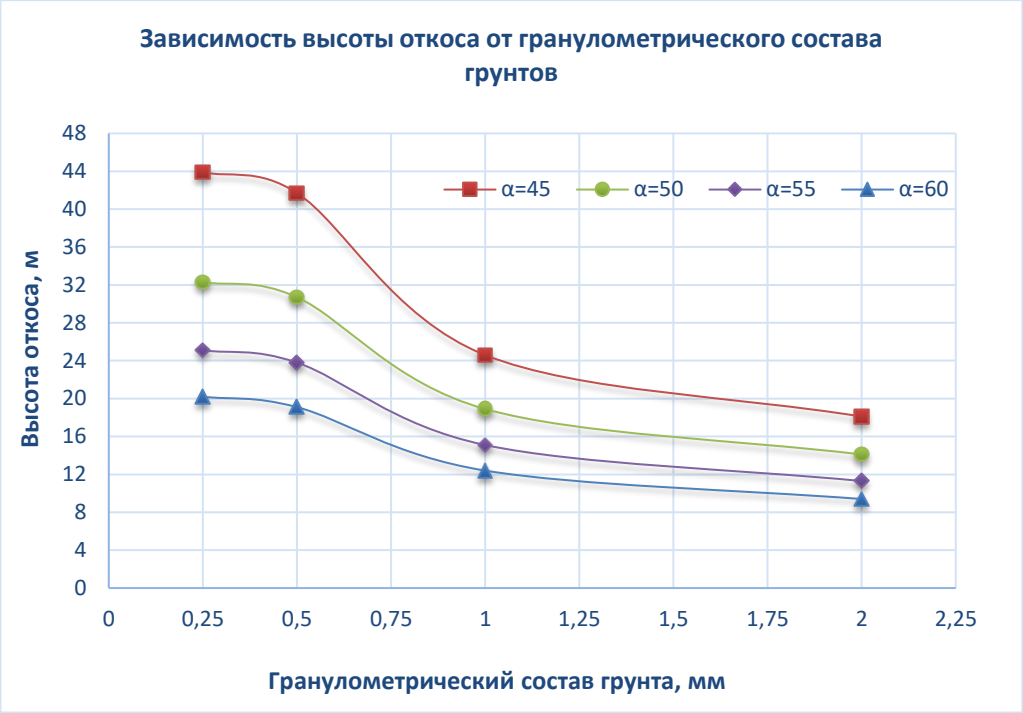


Рис. 4.13. График зависимости высоты откоса от гранулометрического состава грунтов

Согласно полученным данным установлено, что такой параметр откоса как высота зависит от гранулометрического состава грунтов, и с возрастанием размеров частиц грунта от Ǿ=0,25мм, до Ǿ=2мм, высота откоса уменьшаются на 52-60% от назначенной высоты.

В зависимости назначенного угла откоса и от того, какой размер частиц преобладает в грунтах откоса, по результатам определения гранулометрического состава грунтов, рекомендуется выбирать соотвествующую оптимальную высоту согласно графику в зависимости от проектируемого угла откоса.

4.3 Оценка местной устойчивости откосов на опасных участках автомобильной дороги «Бишкек-Ош»

Для реабилитации автомобильной дороги Бишкек-Ош потребовалось более 10лет, и ее завершение привнесло значительные экономические и социальные выгоды для всех слоев населения республики - бизнесменам, грузо

и пассажиро-перевозчикам и простым гражданам республики и многие другие положительные моменты.

Дорога Бишкек-Ош построена в сложных физико-географических условиях, протяженность которой составляет на около 672км, из них 350км проложено по горным участкам на склонах или у их подножия.

Начиная, с 83км по 129км проходит вдоль трансзонального субмеридианального линеамента - глубинного разлома, узкой, линейно вытянутой зоны нарушения сплошности горных пород. На этом участке трассой пересекается 5 разломов (85-85 км, 70-72км, 92-96км, 101+500км, 114-116км). На участке 114-116км трассой пересекается надвиг (рис. 4.14) [5].

На участке 190-210км трассой пересекается трансзональный субмеридиональный линеамент, совпадающий с речными впадинами. До перевала Алабель трассой пересекается три разлома.

На 340-345км трассой дороги пересекается сочленение трансзонального субмеридионального линеамента, совпадающего с речной впадиной, и трансзонального диагонального линеамента.

340-342км участок дороги проходит в зоне разломов западной части Фрунзенского, северо-западной части Нарынского и северо-восточной части Ферганского.

На 426-427км трасса дороги проходит через крупные тектонические нарушения в виде сбросов и двух участков с различными соотношениями зон ослабления в массиве.

На участке 436-450км дорога проходит вдоль субмеридионального линеамента и пересекает региональный разлом и тектоническое нарушение в виде складки.

На 451-452км образовалась просадка полотна и основания дорожной полки за счет обрушения на низовом откосе. На дорожной полке и верховом откосе выявлена трещина, которая является трещиной оперяющего разлома (рис.4.15) [5].

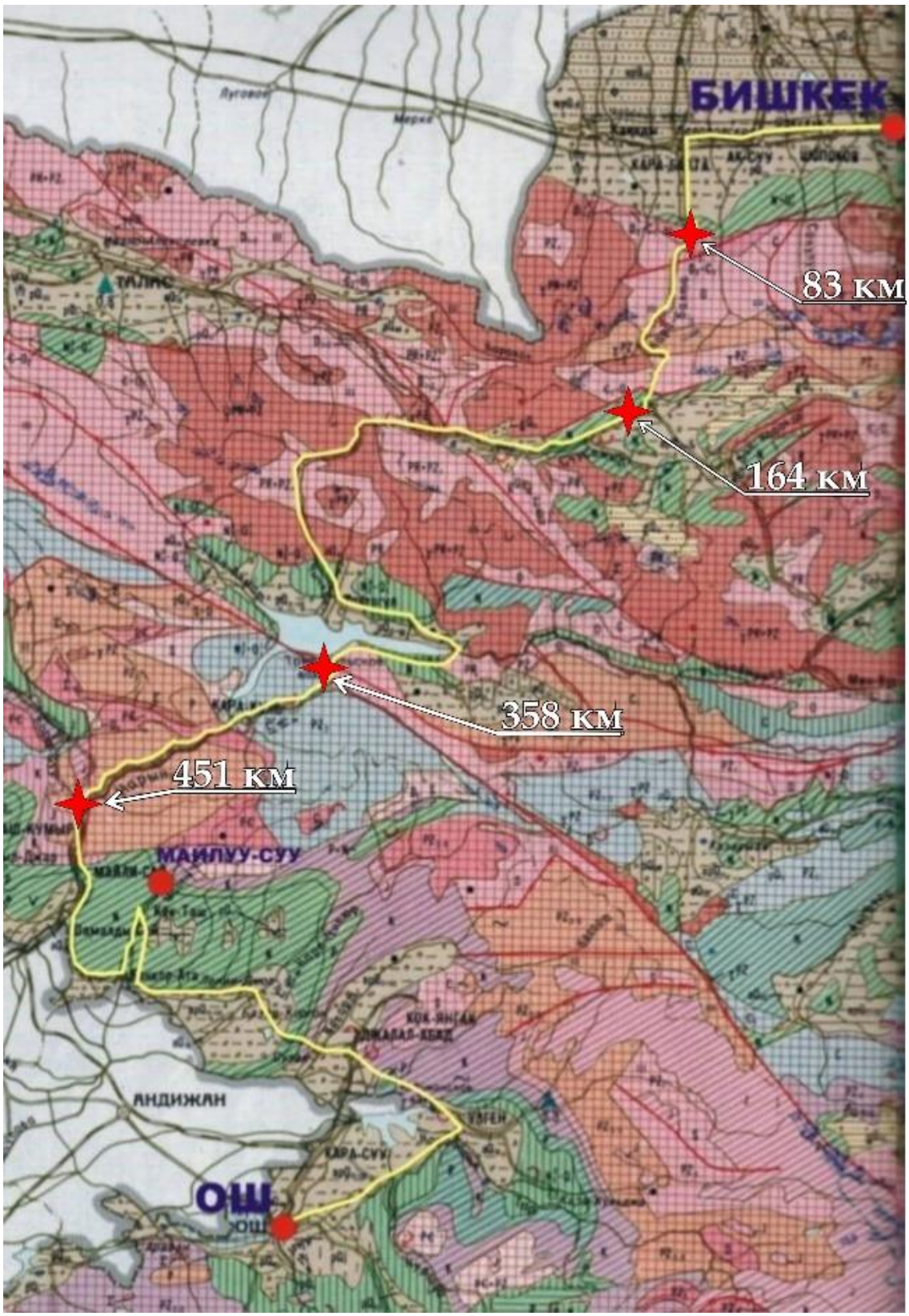


Рис. 4.14 Инженерно-геологические особенности пород по трассе Бишкек - Ош

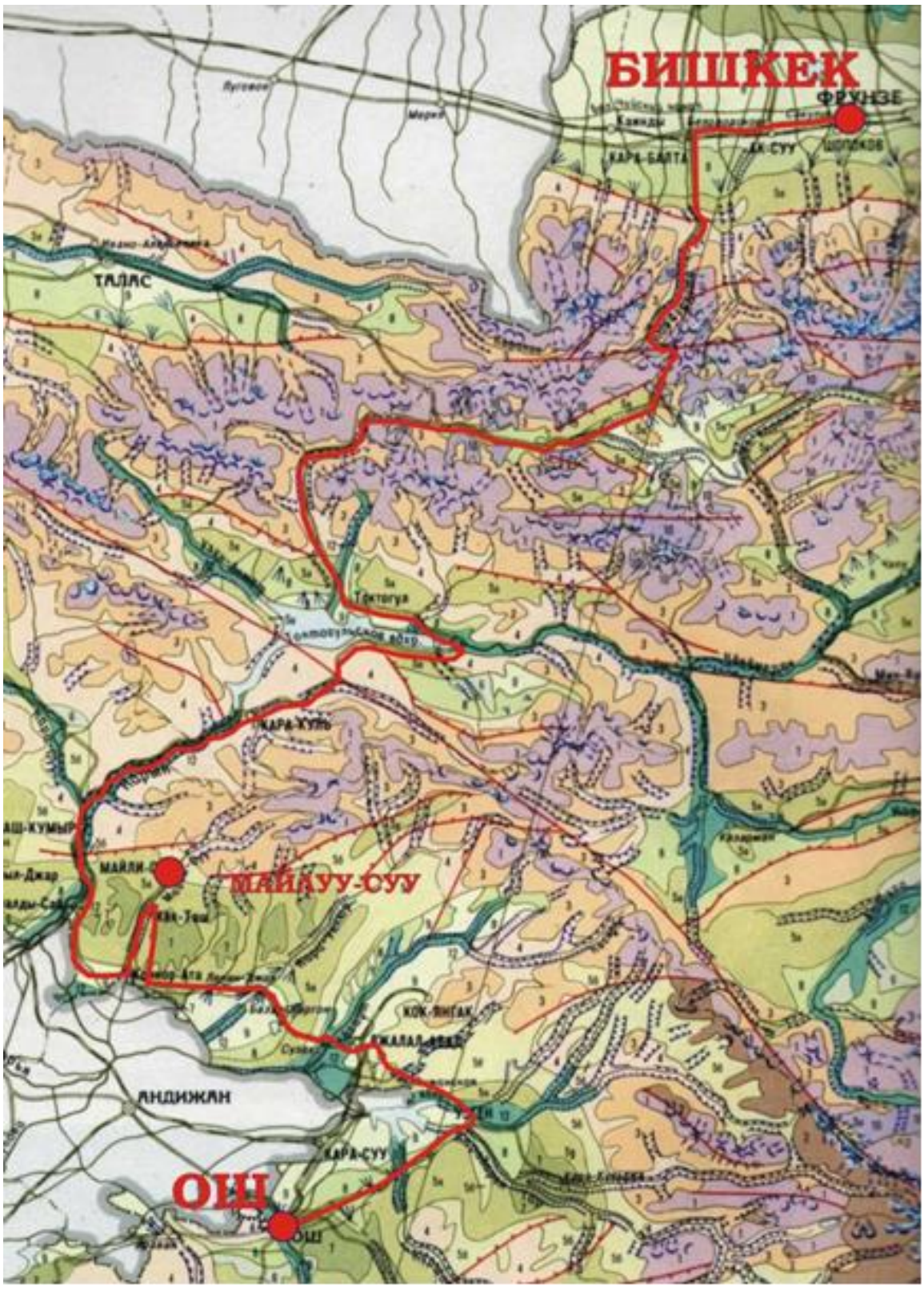


Рис. 4.15 Геоморфологические особенности по трассе Бишкек - Ош

Физико-геологические процессы и явления в пределах исследованной территории развиты повсеместно. Они изменяют состав, состояние и условий залегания горных пород, проявляются в разрушении и изменении рельефа

земной поверхности; влияют на устойчивость горных склонов, откосов и соответственно на устойчивость существующих инженерных сооружений.

Основными видами проявления этих процессов и нарушения устойчивости автомобильной дороги Бишкек-Ош являются оползни. Практически 80% протяженности горных участков дороги подвержены этим нарушениям. Основные процессы и явления приводятся в нижеследующей таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Основные физико-геологические процессы и явления на автомобильной дороге Бишкек-Ош

Процессы	**Явления**
Деятельность поверхностных вод на склонах и временных потоков	Размыв склонов, образование промоин, эрозия русел логов, сели
Деятельность дождевых и талых вод, колебания температуры воздуха, промерзание и оттаивание пород (морозное пучение) и пр.	Выветривание горных пород: повышение их степени раздробленности, изменение состава и физико-механических свойств.
Действие гравитационных сил (зачастую совместно с поверхностными водами).	Обвалы, осыпи, осовы, оплывины, оползни
Тектоника региона и тектонические нарушения (складчатость, разрывные нарушения)	Сейсмические явления: увеличение степени трещиноватости пород и их подвижки на склонах
Инженерная деятельность человека (техногенные процессы): изменение природного рельефа при строительном освоении территории, буро-взрывные работы.	Снижение устойчивости горных склонов

В результате обследования горных участков дороги Бишкек-Ош, выявлены наиболее опасные участки, на которых в результате проведенных реабилитационных работ была нарушена общая и местная устойчивость откосов, что привело к развитию негативных склоновых процессов.

Выявлено что, основными причинами нарушения местной устойчивости на откосах являются дождевые осадки, поверхностные и грунтовые воды, которые в неукрепленных откосах, сложенных малосвязными и водо-неустойчивыми супесчаными и песчаными грунтами, приводят к физико-химическому выветриванию и избыточному увлажнению, развитию эрозионных деформаций грунтов, в результате которого становятся чувствительными к сезонным колебаниям температуры.

В настоящее время в результате ведения горных работ была нарушена устойчивость приоткосного массива на некоторых откосах, где начали развиваться оползневые процессы, которые представляют угрозу безопасности пользователей дороги. В последние годы наряду с нарушениями общей устойчивости откосов, часто выявляются развитие процессов нарушения местной устойчивости.

Для выявления степени нарушенности склонов и откосов на трассе, был проведен комплекс работ, включающих изучение архивных материалов, визуального и инструментального обследования склона, активность проявления склоновых процессов (осыпей, селей, оползней, обвалов, камнепадов.) и изучение физико-механических свойств грунтов.

На территории **участка 84-88км** дорога проходит по конгломератам метаморфизированным алевролитам, перекрытых чехлом покровных образований. На основании проведенного визуального и инструментального обследования участка дороги и склона на участке 85+770 – 87+00 км выявлено четыре участка, представляющих непосредственную опасность для пользователей дороги: это километры 85+(770–832); 86+(069-076); 86+(154-174); 86+(279+301) км. (рис.4.16)

Изучаемая территория представляет собой высокогорный район с вытянутыми в широтном направлении хребтами [9]. На севере данный участок ограничен Киргизским хребтом Таласского Алатау. На юге находится Суусамырский хребет с прилегающей широкой долиной реки Суусамыр. Климат района резко континентальный с максимальной температурой +30 (август) минимальной – 42градуса в январе. За год выпадает более 500мм осадков.

Рис. 4.16. - Вид откоса дороги на 86 км до проведения реабилитационных работ

Склон крутизной от 45^0 до 50^0, сложен палеоген-неогеновыми конгломератами на песчано - глинистом известковом цементе, перекрытыми пролювиальными четвертичными отложениями, содержащими до 25% гальку и валуны. Мощность четвертичных отложений колеблется от 3м до 7м. Породы четвертичных отложений легкоразмокаемые, при влажности больше 25% переходят в текучее состояние. Породы коренной основы разбиты трещинами по напластованию, которое ориентировано в сторону откоса.

Участок дороги 164-170км проходит по террасе левого борта долины р. Суусамыр, основание которой представлено миоцен-плиоценовой толщей неогена, а покровные образования – плейстоценголоценовыми четвертичными отложениями [6]. Трасса автодороги пересекает язык древнего оползня, который является наиболее неустойчивой частью оползневого тела. В верхней части

склона выявлены закольные трещины, с азимутом падения 1600-2000. Длина отдельный трещин достигает 100-200м имеет горизонтальное раскрытие от 0,2 до 0,4 м. (рис. 4.17)

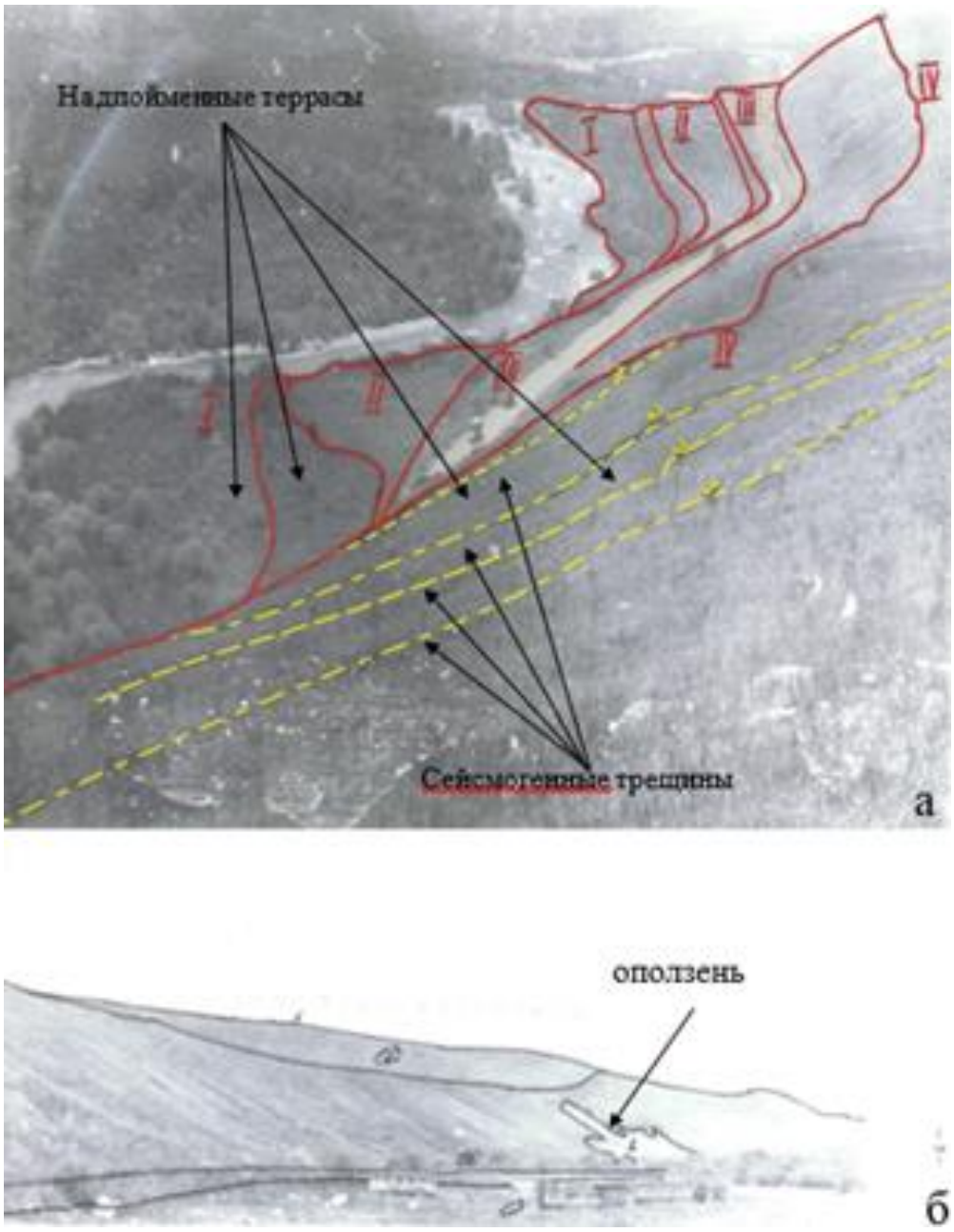


Рис. 4.17. - Оползнеопасный участок дороги Бишкек-Ош на 164-166км (фото А.Джаратова)

а-надпойменный террасы I-IV левобережья р. Суусамыр и сейсмогенные трещина на участке IV террасы

б-оползнеопсный склон и бровка террасы IVc участком схода оползня и осыпания гравийно-супесчаной массы

Покровные образования – это супесчаные отложения с включением валунов, галечника, гравия. Мощность покровных образований 10-15 м. На контакте пород коренной основы и покровных образований зарегистрированы глинистые прослойки

Грубообломочная фракция покрова состоит из окатанных галек до 25%. В верхней части склона видны следы трещин, которые трассируют разлом.

На основе анализа свойств грунтов и расчета устойчивости на участке 164-167км установлено следующее. Склоны в пределах обследуемых участков находятся в состоянии неустойчивого равновесия.

Выявлено, что в грунтах наличие песчаной фракции составляет более 50%. Это позволяет сделать заключение, что при затяжных атмосферных осадках интенсивностью 0,3мм/мин на склонах начинается процесс нарушения местной устойчивости откоса и образуются оплывины и сплывы небольших объемов, которые приводят к остановке движение транспорта до расчистки полотна.

Супесчанистые отложения слабо уплотненные, комковатые. При увлажнении более 20% грунты покровных образований переходят в текучее состояние. В верхней части склона видны следы трещин, которые трассируют разлом (рис. 4.18).

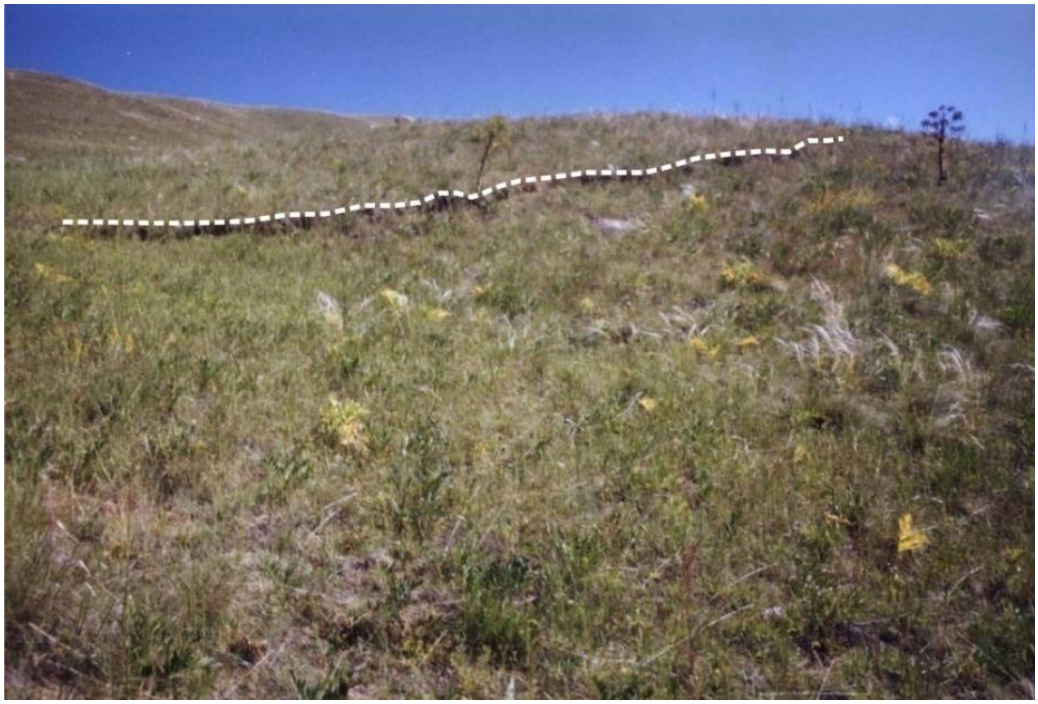


Рис. 4.18. - Трещина разлома в верхней части склона

Участок **дороги на 358км** находится на серпантине развития трассы, на перевале Кок-Бель на левом берегу р. Карасуу. До реабилитации дорога на перевал проходила по правому борту реки, на котором были развиты оползневые и селевые процессы. Причем селевые явления наблюдались практически каждый год. Селевым потоком нередко нарушалось полотно дороги и сдерживалось движение транспорта. В целях обеспечения безопасности пользователей дороги трассе перенесена на левый борт реки. Однако на стадии реабилитационных работ не было проведено инженерно-геологического обследования склона, производство буровзрывных работ производилось без учета геологических, тектонических и геомеханических особенностей породного массива. В результате на этом участке развился оползень, в результате которого произошло разрушение откоса, дорожного полотна и защитных сооружений (рис.4.19).

Разрушение дорожного полотна с протяженностью в 22м

Разрушение откоса и защитных сооружений

Рис. 4.19. Оползнеопасный участок дороги «Бишкек-Ош» на 358км

В результате обследования этого участка дороги выявлено, что на склоне в пределах верхового откоса коренные породы, перекрыты чехлом

галечниковых, глыбово-щебенистых пород. Низовой откос сложен песчаниками с прослоями известняковистых сланцев. Породы в пределах серпантина обводненные и просадочные. В рельефе склона прослеживается разрывное тектоническое нарушение, пересекаемое дорогой и два пликативных нарушения.

На склоне повсеместно происходит осыпание выветрелых пород, возведено водопропускное сооружение. На дорожном полотне, за счет обрушения низового откоса (верхового для следующего отрезка серпантины) образовалась трещина в пределах призмы возможного обрушения шириной 3м и протяженностью 22м. За парапетом разрушена верховодка, габион и непосредственно откос (рисунок 4.20).

На участке 401-402км дороги низовая часть склона отделена от основной части. Прямо по середине склона течет вода. Заметны небольшие промоины, следы ранних постоянных стоков ручей (рис. 4.21). Вода идет с вершины склона. Угол естественного откоса составляет 47^0. На склоне практически никакой растительности не имеется.

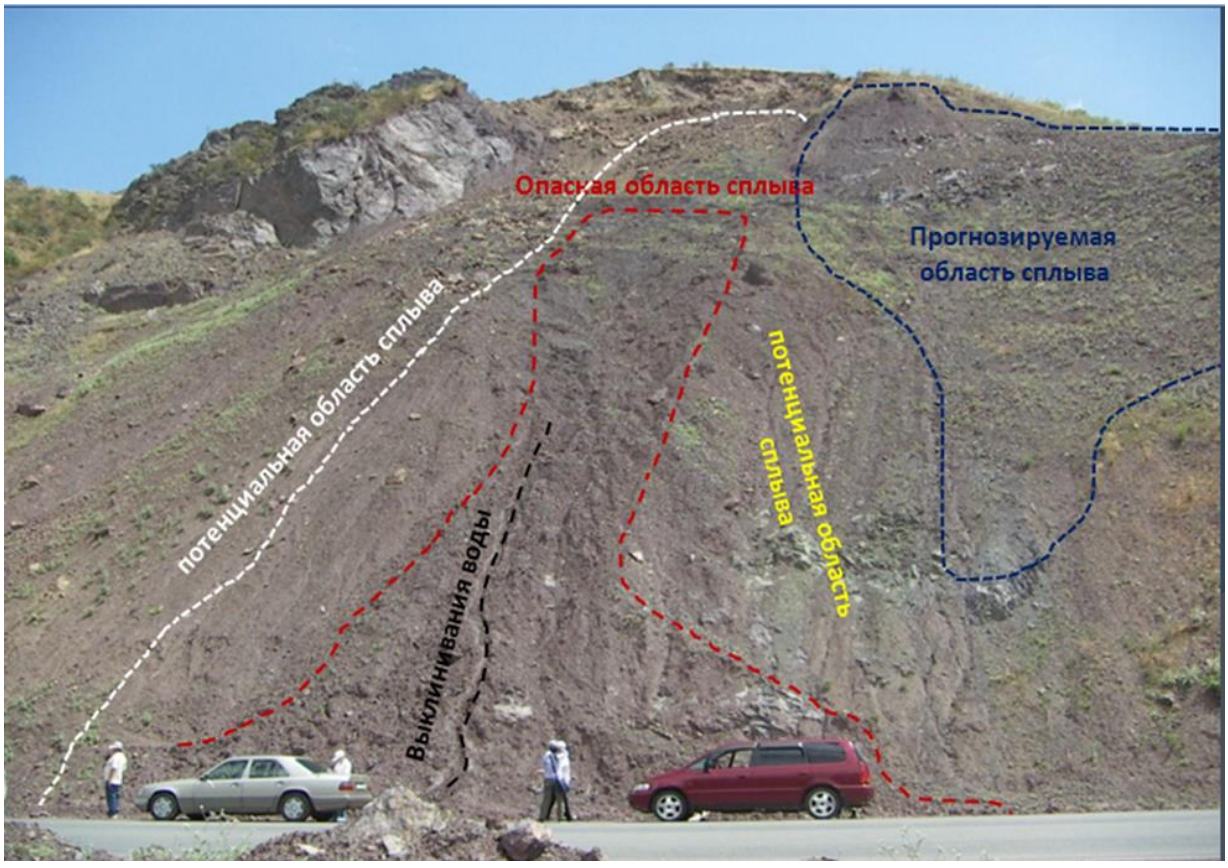


Рис. 4.201. - Участок на 401 км, автомобильной дороги Бишкек-Ош

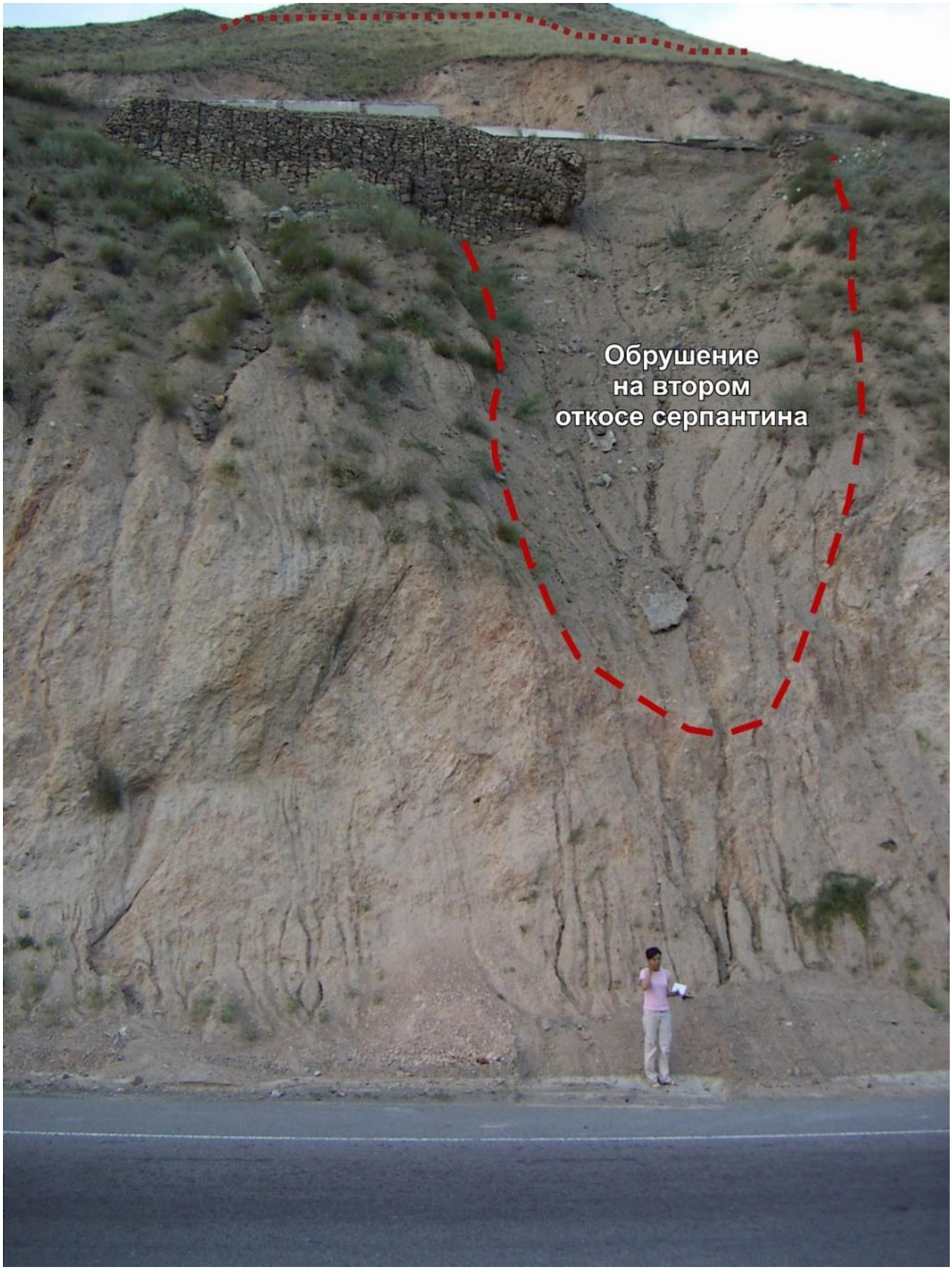


Рис. 4.20. - Участок на 358 км, автомобильной дороги Бишкек-Ош

На участке **трассы 410-412км** угол естественного откоса склона составляет 56^0. С самой верхушки склона течет вода. Из-за дождя постоянно сыпется со склона прямо на дорогу, заполняя его нижнюю часть. Каждый раз создает дополнительные работы с экскаватором, для очистки дороги. На склоне имеется значительная растительность.

На этом участке откос выходит прямо на дорогу. Породы гравелит и песчаник кангломер серого света. С вершины склона прямо по середине протекает вода. Были отобраны пробы в трех местах с низовой части склон. Грунты сланцы, крупнообломочные, кора выветривания, больше пылеватые частиц, слабо сцементированные с кварцевым заполнителем и имеют серый свет. На склоне незначительная растительность (рис.4.22).

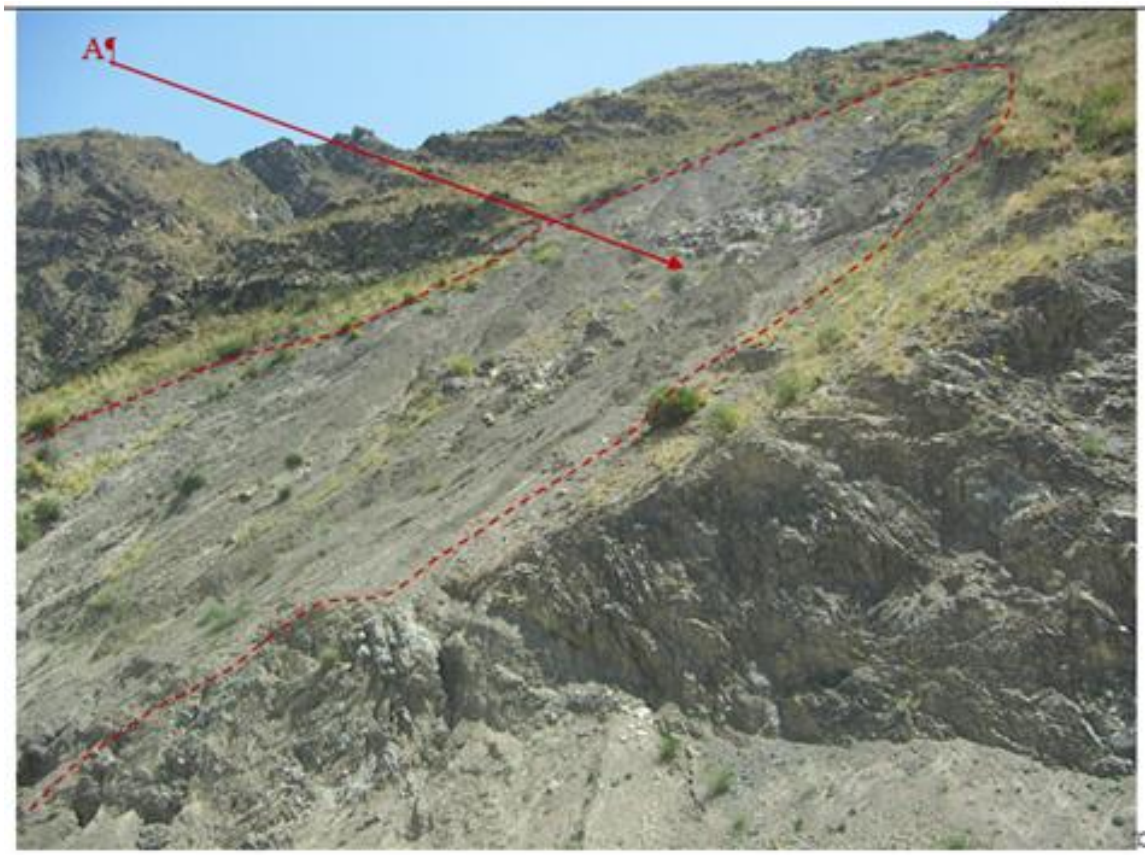


Рис. 4.22. – Участок 412 км автомобильной дороги Бишкек-Ош

Исследованная территория участка 423-425км входит в зону влияния Таласо-Ферганского разлома, который представляет собой крупный сдвиг с горизонтальной амплитудой смещения до 200км. Наибольшая его активность приходится на мезозой, т.е. время после образования коренных пород карбона (С3) в нашем районе. К этому разлому приурочены очаги крупных современных землетрясений. В результате проведения буровзрывных работ произошло обрушение пород приоткосного массива склона. Перекрыта проезжая часть дороги.

В целях безопасности работ по удалению обрушившихся масс и стабилизации приоткосного массива произведена разгрузка потенциально неустойчивых масс пород. Общий вид изучаемого участка дороги после обрушения показан на рисунке 4.23.

Рис. 4.23. Общий вид откоса на 424км после проведения профилактических мероприятий

На 451-452км дороги сформировалась просадка глубиной до 0,4м. На низовом откосе произошло обрушение, что и привело к деформациям дорожной одежды и полотна дороги.

На склоне, в котором выполнен верховой откос, основными породами являются галечники и песчано-суглинистым заполнителем и суглинисто-щебенистые отложения.

Грунтовые воды напорные, что вызывает просадку грунтов. Основными экзогенными процессами на этом участке склона являются овражная и боковая эрозия, просадка грунта.

Низовой откос, на котором произошло обрушение представлен переслаивающимися известняками и песчаниками. Известняки обводнены, видны выходы воды на поверхность, учитывая, что грунтовые воды гидрокарбонатные – это приводит к образованию карста (рис.4.24).

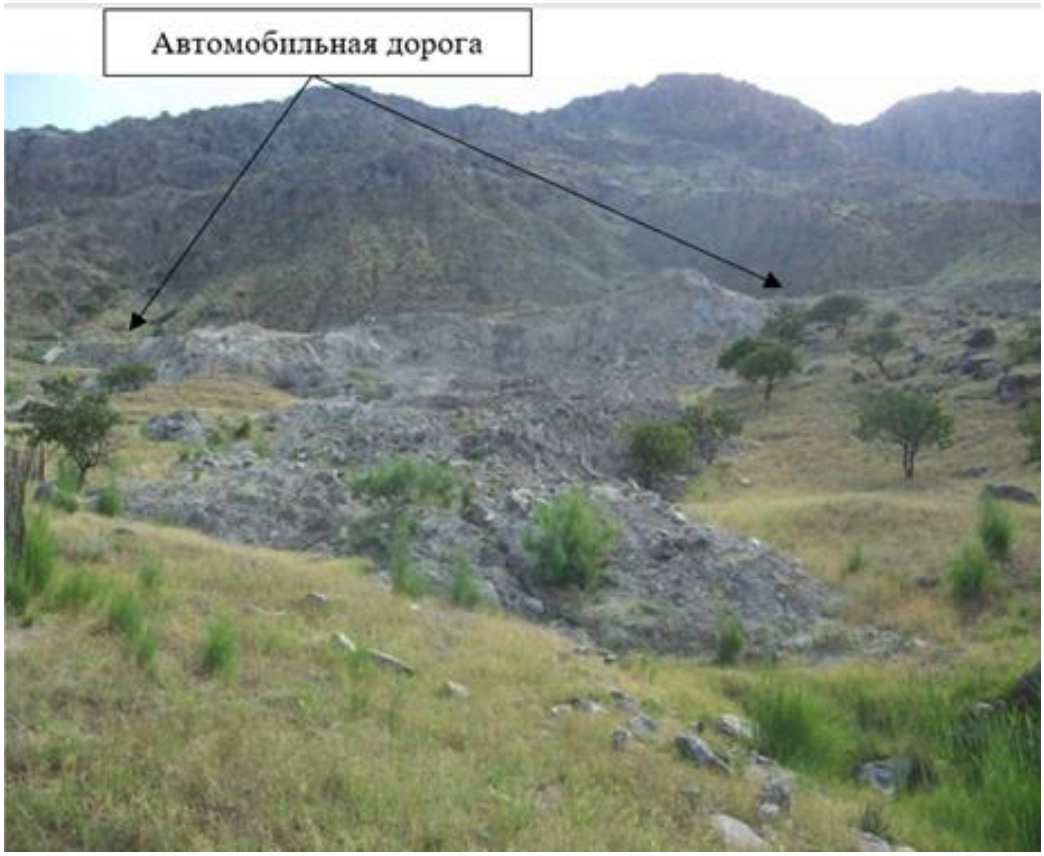


Рис. 4.24. - Общий вид нарушения на низовом откосе на 451 км автодороги Бишкек-Ош

На низовом откосе произошло обрушение, что и привело к деформациям дорожной одежды и полотна дороги. Общий вид низового откоса показан на рисунке 4.25. На склоне, в котором выполнен верховой откос, основными породами являются галечники и песчано-суглинистым заполнителем и суглинисто-щебенистые отложения. Грунтовые воды напорные, что вызывает просадку грунтов. Основными экзогенными процессами на этом участке склона являются овражная и боковая эрозия, просадка грунта.

Для оценки местной устойчивости откосов трассы Бишкек-Ош определены следующие свойства грунтов, такие как:

- плотностные свойства грунтов - плотность минеральных частиц грунта, пористость и коэффициент пористости, гранулометрический состав;
- водно-физические свойства грунтов - влажность, водопоглащение, размокаемость, прочностные свойства при естественной влажности и при

водонасыщении: предел прочности при растяжении и предел прочности при сжатии, сцепление грунтов, угол внутреннего трения, сопротивление сдвигу;

- пластичные - пластичности, предел текучести и число пластичности.

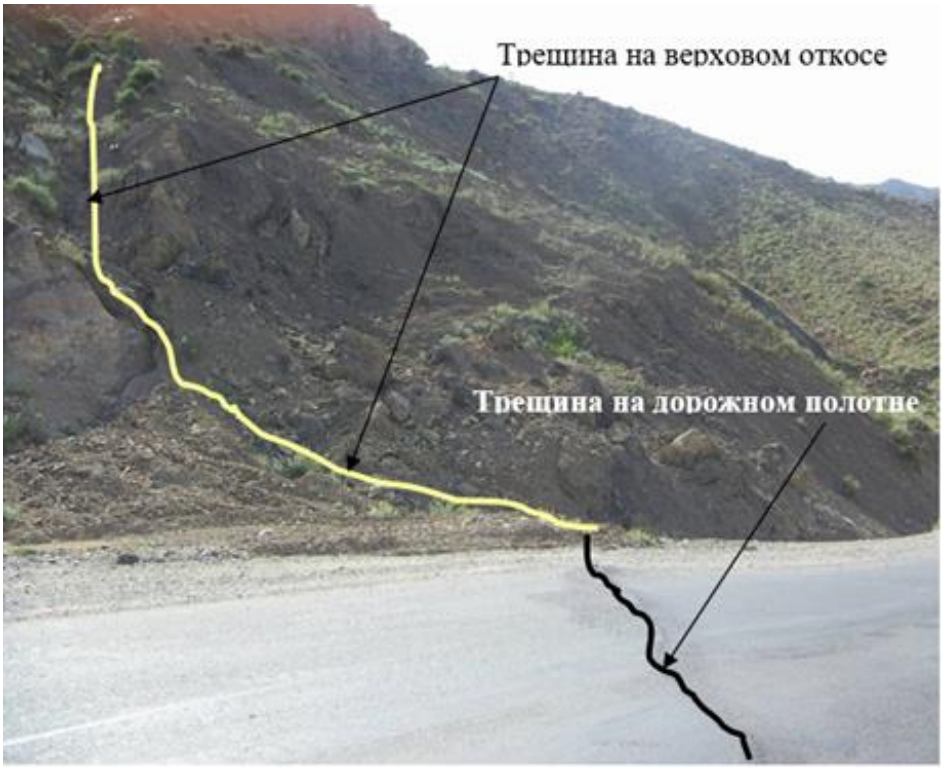


Рис. 4.25. Нарушение на участке дороги 451км автомобильной дороги Бишкек-Ош

Лабораторные исследования грунтов были выполнены в соответствии с требованиями государственных стандартов, строительных норм и правил, а также настоящих Республиканских строительных норм, которые распространяются на организации, выполняющие исследования грунтов при инженерных изысканиях для строительства объектов промышленного, жилищно-гражданского и сельскохозяйственного назначения и устанавливают основные требования к производству лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов. Результаты определений физико-механических свойств грунтов представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Основные физико-механические свойства грунтов оползнеопасных участков автомобильной дороги «Бишкек-Ош»

Место отбора	Гранулометрический состав, %								Влажность, %	Плотность минеральной части (удельный вес), г/см^3	Пределы прочности			
	Фракция, мм										Пределы прочности на растяжение, Мпа	Предел прочности на сжатие, Мпа	Угол внутреннего трения, φ, град	Сцепление, С, Мпа
	>10,0	10,0-7,0	7,0-5,0	5,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10						
Участок 451-452км	17,32	8,51	10,52	24,93	15,30	1,34	9,82	12,25	5,51	2,88	20,64	413	64	0,17
Участок 412км	0,74	0,93	2,00	24,15	35,29	4,78	23,54	8,56	3,87	2,6	20,73	518,5	66	0,19
Участок 358км	10,77	11,49	10,09	23,68	14,35	1,19	11,4	17,02	9,04	2,65	8,09	161,9	64	0,19
Участок 395км	10,50	9,39	12,55	33,91	15,56	3,46	5,02	9,61	0,76	2,74	9,13	228,3	66	0,21
Участок 401км	21,69	7,13	7,11	13,70	12,63	5,15	8,67	24,51	-	4,13	-	-	-	-

На основе анализа полученных значений физико-механических свойств грунтов оползнеопасных участков автомобильной дороги Бишкек-Ош выявлено, что:

- В летний период года, естественная влажность грунтов составляет в среднем от 1-9%. Значение сцепления составляет в среднем от 0,17Мпа до 0,20Мпа.

- По гранулометрическому составу преобладающее количество размера частиц грунта

на участке дороги 451-452км – 2мм

на участке дороги 412км – 1мм

на участке дороги 401км – 0,1мм

на участке дороги 395км – 2мм

на участке дороги 358км – 2мм

Учитывая физико-механические свойства грунтов, слагающих эти откосы, сезонные изменения температуры воздуха и грунта были проведены расчеты коэффициента запаса устойчивости откосов горных дорог.

Для расчета общей устойчивости и для расчета местной устойчивости по известным формулам на наиболее опасных участках автомобильной дороги Бишкек-Ош были проведены расчеты коэффициентов общей, местной и нормативной устойчивости приоткосного массива выемок и откосов, которые приведены в табл. 4.5. На основании анализа результатов расчета коэффициента запаса для оценки различных видов устойчивости откосов горных дорог на дороге Бишкек-Ош установлено, что на выявленных опасных участках дорог в весенний период при повышении температуры неизбежно опознание с откоса на глубину промерзания грунтов.

Таблица 4.5 - Назначение оптимальной высоты на наиболее опасных участках автомобильной дороги Бишкек-Ош

Опасный участок дороги	**Выявленные нарушения**	**Расчетный коэффициент общей устойчивости K ≥ 1**	**Коэффициент местной устойчивости K ≥ 1,5**	**Степень опасности**	**Угол откоса, град**	**Высота откоса**	
						существующая	**рекомендуемая**
85-87 км	Наличие тектонических нарушений. Активизация оползневого процесса в результате нарушения равновесия склона: валы выпирания языка оползня на основании дорожной полки	0,98	1,29	Очень высокая	45-50	25	15
358	Пересечение дорогой тектонического нарушения, обрушение откосов, развитие оползневого процесса в пределах откосов серпантины	1,12	1,30	Очень высокая	63	12	9
402	Пересечение дорогой оползневого тела, активизация оползневого процесса в весенне-осенний период смещение грунтовых масс на проезжую часть дороги	1,07	1,29	Высокая	48	20	18-19
410-415	Смещение выветрелых пород откоса на проезжую часть дороги	1,36	1,31	Высокая	49	19	18-19

4.4 Технология строительства горных дорог на склонах с покровными образованиями

Инженерно-геологическая исследование местности

На автомобильной дороге Бишкек-Ош участок дороги на 338-342км-проходит в зоне сочленения трех разломов на стыке трех инженерно-геологических подрегионов: западной части Фрунзенского, северо-западной части Нарынского и северо-восточной части Ферганского. (рис.4.26) [5]

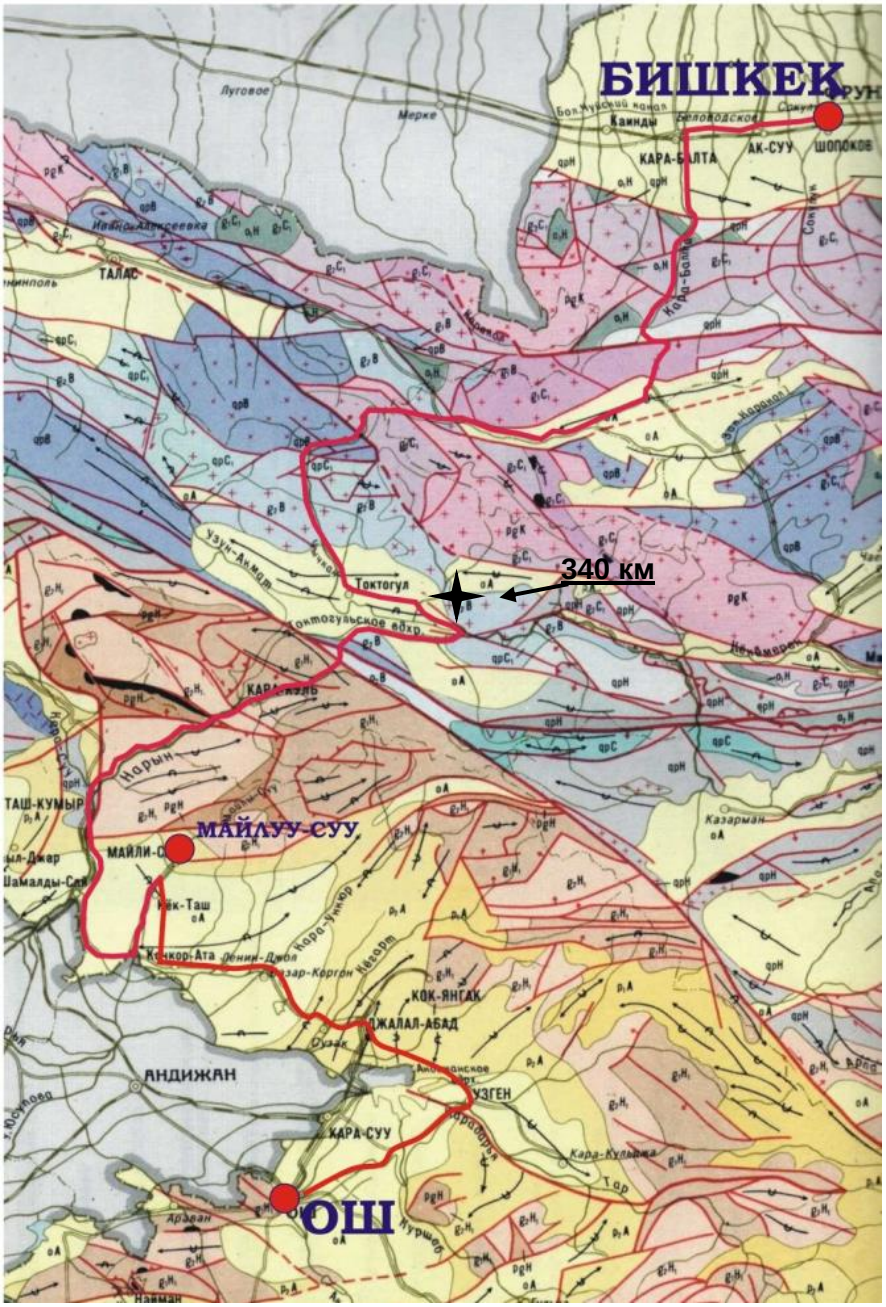


Рис. 4.26. Тектонические особенности по автомобильной дороге Бишкек – Ош на участке 340км

В строении района принимают участие сложный комплекс сильно метаморфизированных протерозойских и палеозойских, а также сильно изверженных пород герцинского магматического цикла. (рис. 4.27)

Рис. 4.27. Космоснимок участка дороги Бишкек-Ош

На рисунке 4.28 представлен космоснимок откоса участка 340км.

В пределах ущелья реки Нарын, прорезающей Ферганский хребет интенсивно развиты геодинамические процессы: эрозия склонов, карсты, оползни, осыпи, обвалы, сели.

Оползни развиты на левом берегу реки Нарын при входе ее в ущелье из Токтогульской впадины.

Откосы дороги выполнены в переотложенных, сильно нарушенных породах зоны разлома. Мощность современных отложений составляет на различных участках от 6м до 8м.

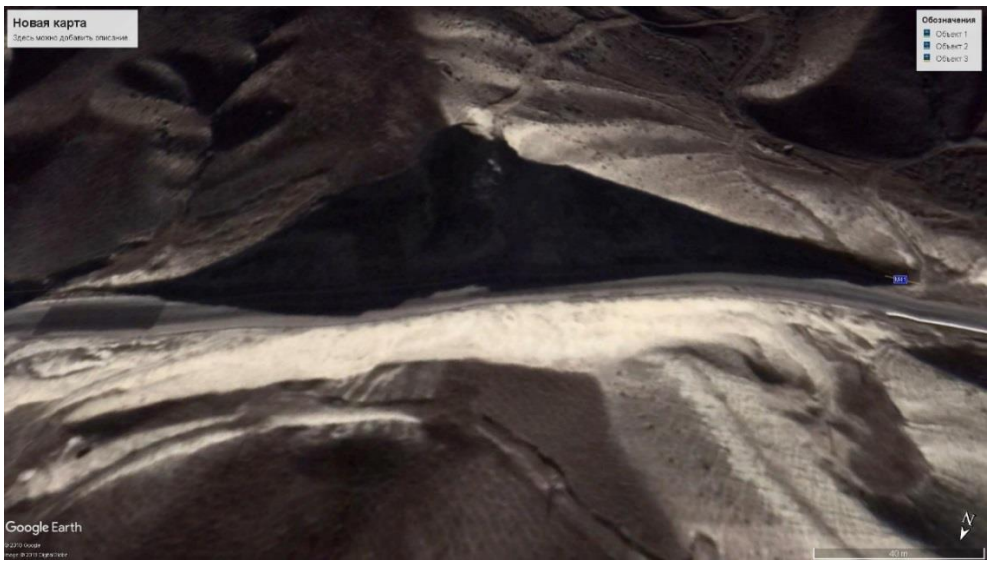


Рис. 4.28. Откос на участке дороги Бишкек-Ош на 340-342км

На данном участке произошло нарушение местной устойчивости откоса дороги, общий вид после проведения профилактических работ представлен на рисунке 4.29.

Рис. 4.29. Вид откоса после проведения профилактических мероприятий

Откосы выполнены двумя подуступами. Крутизна нижнего подуступа составляет от 42^0 до 48^0, верхнего 70^0. Ширина предохранительных берм составляет 5-6м. На предохранительных бермах и непосредственно на склоне прослеживаются гравитационные трещины и трещины напластования, по

которым свободно проникает влага при выпадении атмосферных осадков. На участке 340+950 произошел оползень по напластованию в зоне сочленения разлома, который явно прослеживается в рельефе и на обнажении. Непосредственно на склоне зарегистрированы гравитационные трещины шириной раскрытия до 15 см.

Физико-механических свойств грунтов

В составе пород, слагающих откос автомобильной дороги на данном участке обнаружены мраморные брекчии, известняки, обломки глинистых и песчанистых сланцев, кварциты сцементированные слюдянисто-глинистым цементом. Эти породы перекрыты суглинками и современными отложениями. Мощность полускального основания в пределах откоса составляет от 6м до 12м, суглинков от 1,5м до 5м. суглинки легко размокаемые, и при увлажнении полностью распадаются в течение 3мин., бурно вскипая.

По результатам отбора проб грунтов с откоса были определены физико-механические свойства, необходимые для расчета устойчивости, они приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – физико-механические свойства основных пород на участке 339-342 км

Плотность пород основания, г/см^3	Плотность суглинков, г/см^3	Сцепление пород основания, МПа	Сцепление суглинков, МПа	Угол внутреннего трения пород основания, град	Угол внутреннего трения пород основания, град	**Гранулометрический состав**								
						>10мм	10,0-7,0мм	7,0-5,0мм	5,0-3,0мм	3,0-2,0мм	2,0-1,0мм	1,0-0,5мм	0,5-0,25мм	0,25-0,10мм
1,75-1,94	1,48-1,55	11,54-19,61	0,75-1,69	62	48	13,32	8,51	9,52	14,29	24,93	1,34	9,82	12,25	6,02

Расчет устойчивости откоса автомобильной дороги

Расчет устойчивости откоса производили с учетом разновидностей пород по высоте откоса вдоль поверхности скольжения по профилям. (рис.4.30)

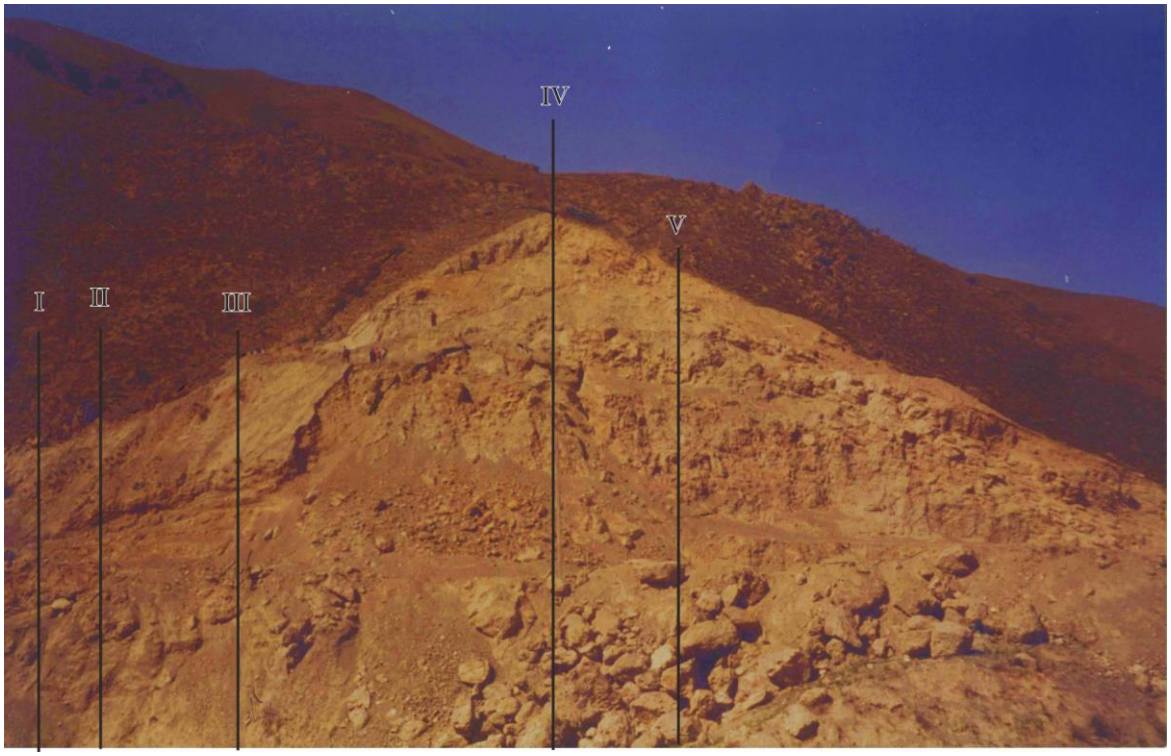


Рис. 4.30. Вид откоса с указанием расчетных разрезов

Были произведены расчеты устойчивости откоса догори по пяти разрезам приведенных ниже на рисунках 4.31, .4.32, 4.33, 4.34 и 4.35.

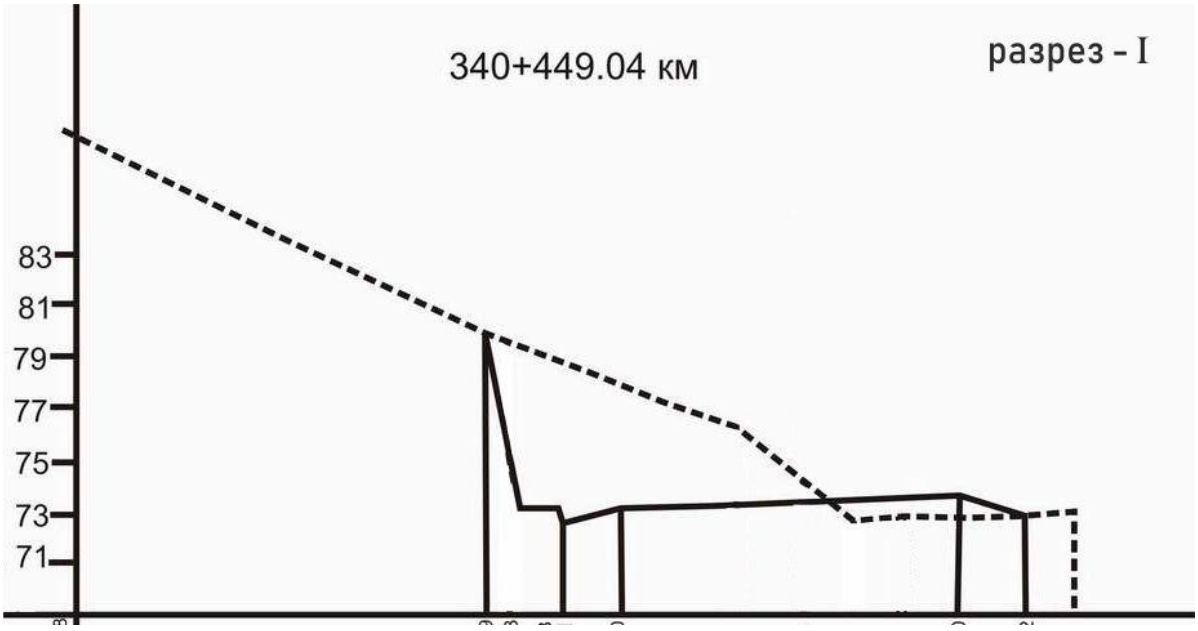


Рис. 4.31. Разрез I расчета устойчивости откосов участка 340км

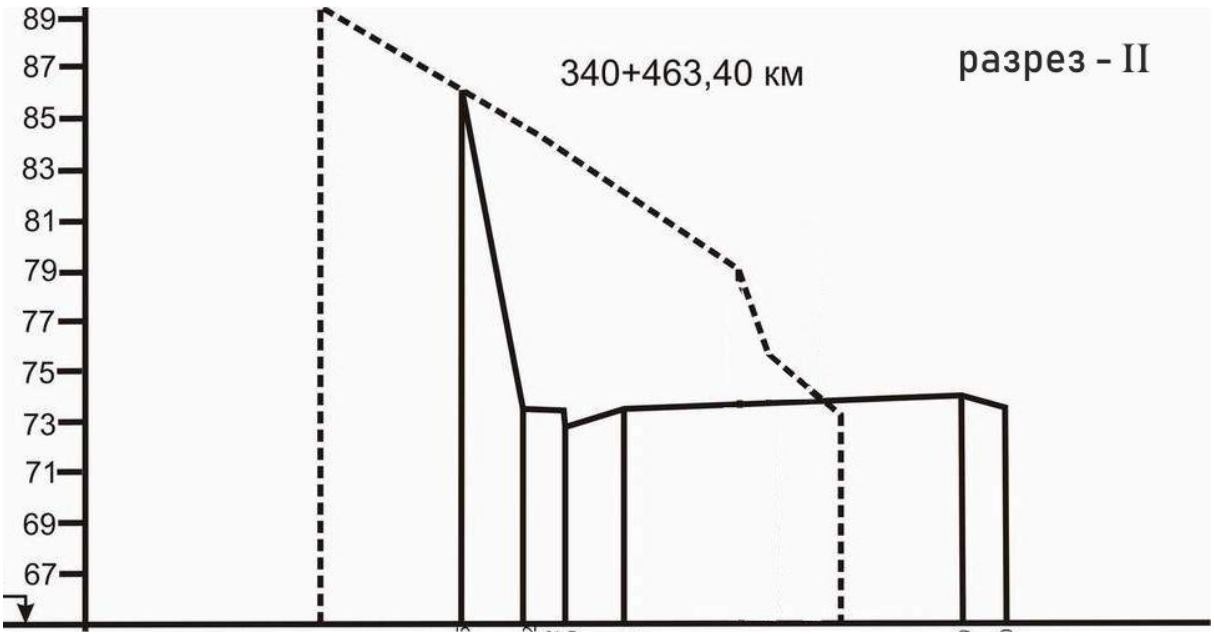


Рис. 4.32. Разрез II расчета устойчивости откосов участка 340км

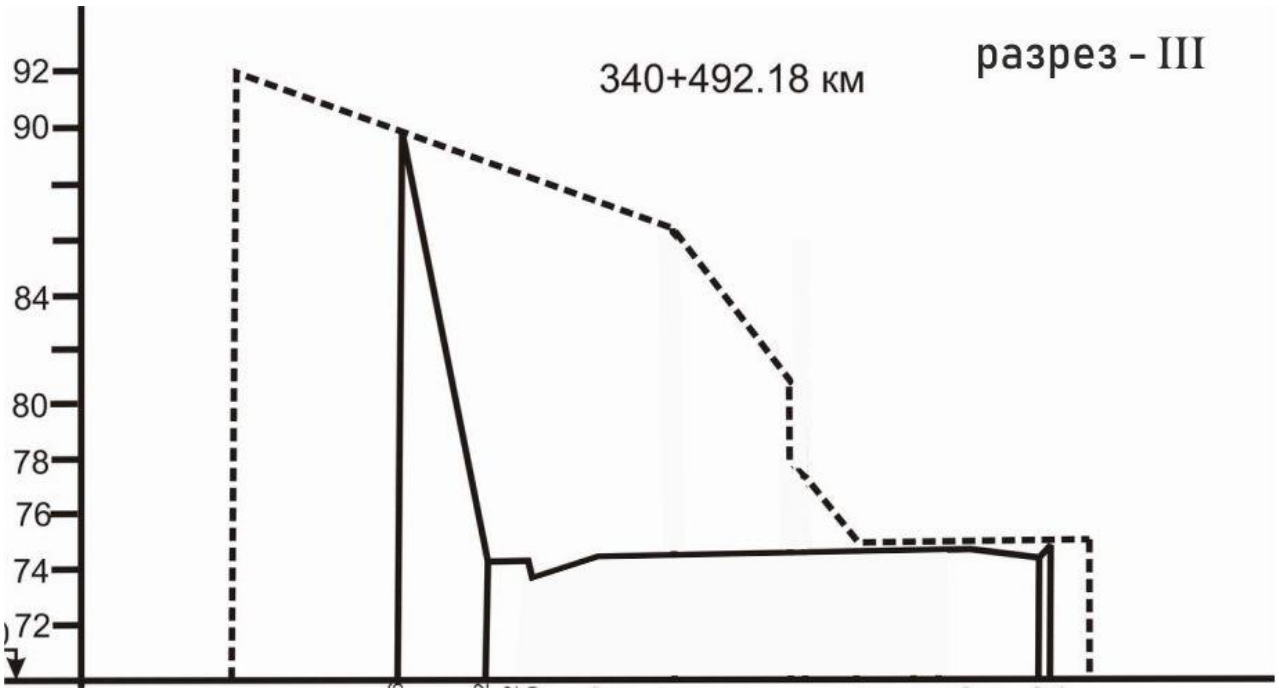


Рис. 4.33. Разрез III расчета устойчивости откосов участка 340км

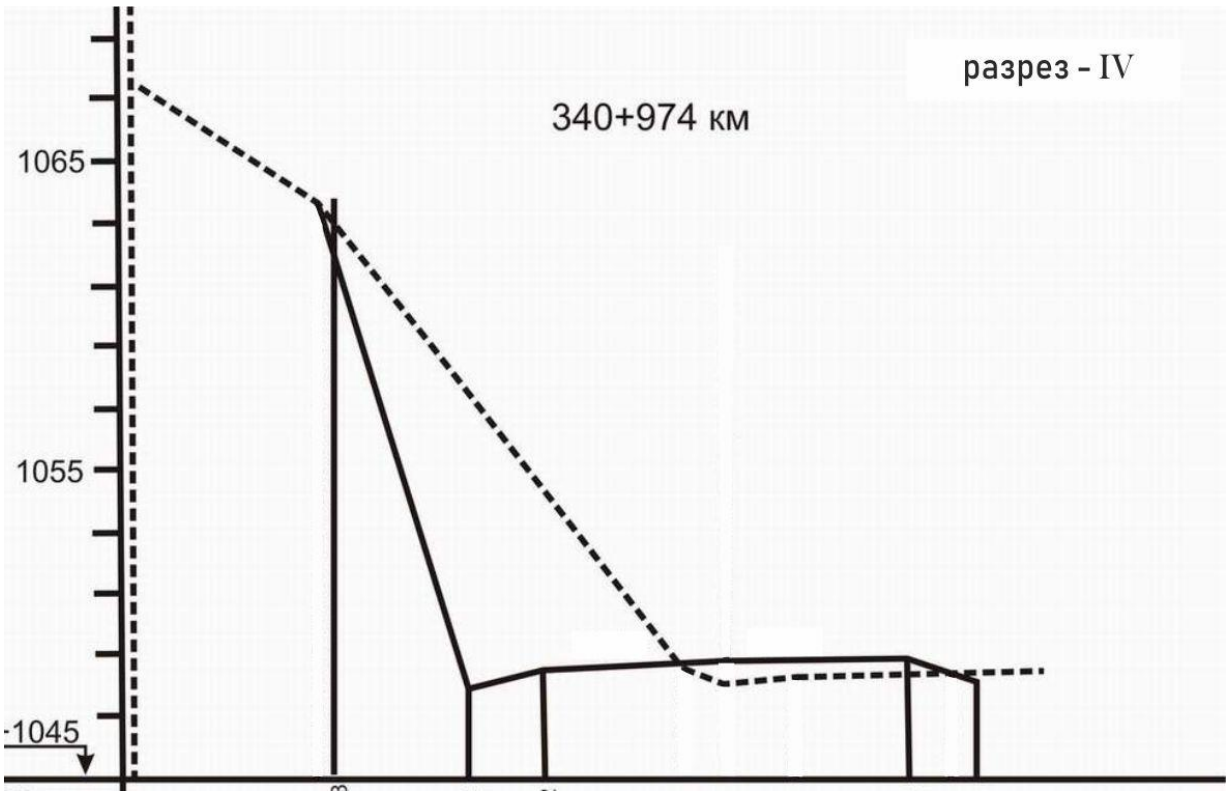


Рис. 4.34. Разрез IV расчета устойчивости откосов участка 340км

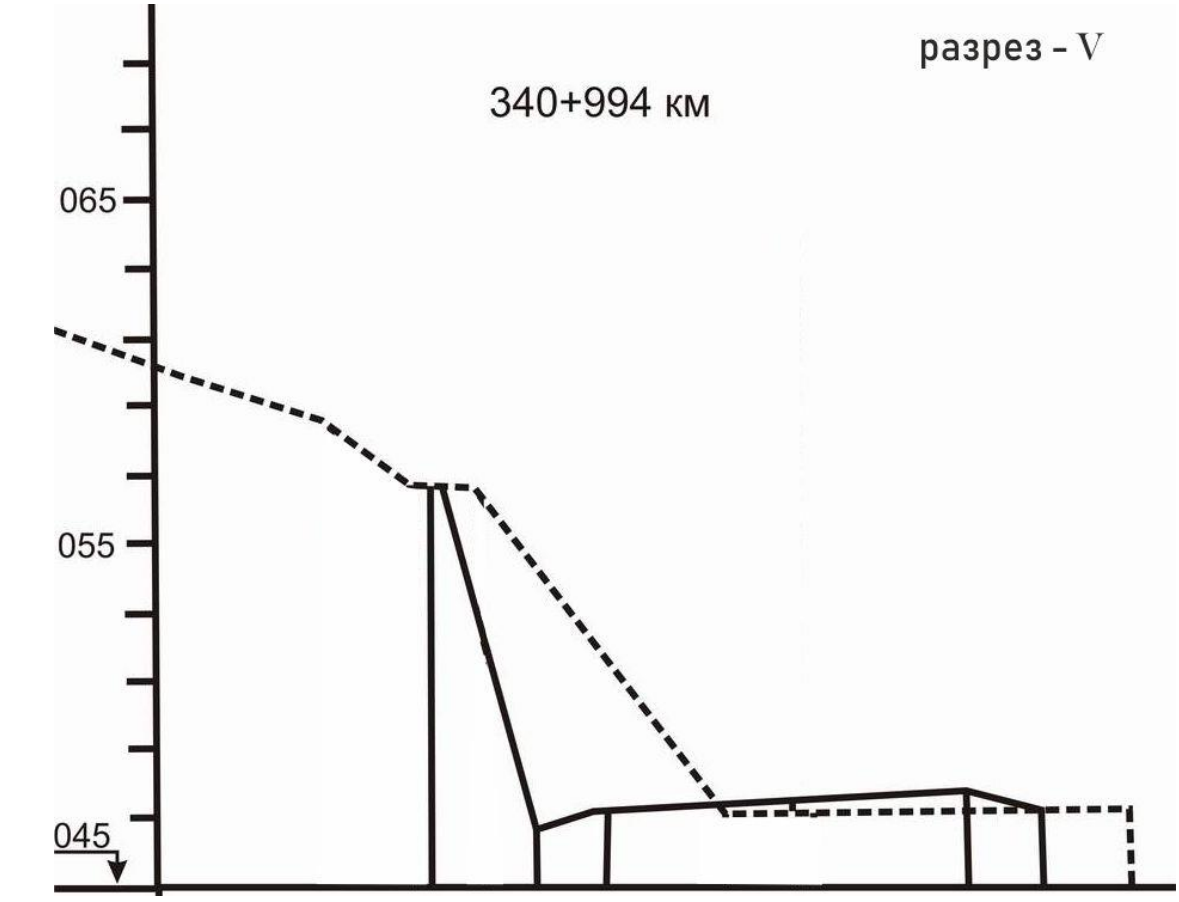


Рис. 4.35. Разрез V расчета устойчивости откосов участка 340км

Полные результаты проведенных расчетов представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7. – Результаты расчета коэффициента устойчивости

№	Километр дороги	Высота откоса Н, м	Крутизна откоса α, град	Коэффициент устойчивости, $К_у$
1	340+492.18	16,8	76	0,96
2	340+506.0	15	80	0,95
3	340+521.20	21	80	0.93
4	340+914	18 (13/5)	46/53	0,98/0.92
5	340+934	21(15/6)	49/65	0,96/0.96
6	340+954	24 (18/6)	47/70	0.96/0.92
7	340+975	15	72	0,98

Выявление причин нарушения откосов дороги

В результате исследования физико-механических свойств грунтов слагающих данный откос и проведения расчетов устойчивости выявлено, что основной причиной нарушения откосов является нарушенность массива разломами и свойства пород, слагающие массив, а также технология расширения дороги за счет подрезки существующего откоса.

Применение буровзрывных работ в таких геологических условиях должно производится по индивидуальным проектам. Причиной нарушения откосов является также и завышенные параметры откоса.

Оценка устойчивости приоткосного массива

Приоткосный массив на обследованном участке находится в состоянии неустойчивого равновесия. По гранулометрическому составу в грунтах откоса преобладающими являются твердые частицы размером 2мм.

Наличие гравитационных трещин на откосе показывает, что на склоне и откосе интенсивно развиваются оползневые смещения. Откос находится в стадии основного оползневого смещения и временной стабилизации.

На основе проведенных расчетов представлены следующие решение:

1. Формировать откос в виде сдвоенных уступов, при этом увеличить высоту верхнего откоса и назначить ее равной нижнему.
2. Расширить берму безопасности до ширины не более 6м.
3. Назначить крутизну верхнего откоса не менее 60^0.

4.5 Выводы по главе

1. На основе анализа полученных данных натурных исследований свойств грунтов установлено, что прочностные характеристики грунтов зависят от гранулометрического состава:
   - с увеличением содержания частиц от 0,1мм до 2мм угол внутреннего трения снижается в среднем на 9-21%
   - с увеличением содержания частиц от 0,1мм до 2мм значение сцепления снижается в среднем на 12-28%.
2. Выявлено, что коэффициент местной устойчивости зависит от температуры промерзания грунтов и их оттаивания. Коэффициент устойчивости откосов при наличии талых грунтов ниже на 30-50%.
3. Установлено, что коэффициент местной устойчивости откосов зависит от гранулометрического состава грунтов, при размерах частиц грунта от 0,25мм до 0,5мм коэффициент местной устойчивости снижается на 2-30%, при размерах частиц от 0,25мм до 1,0мм на 20-43%, при размерах частиц от 0,25мм до 2,0мм на 26-71%.
4. По результатам расчетов оптимальной высоты откоса в зависимости от гранулометрического состава грунта установлено, что высота зависит от гранулометрического состава грунтов, и с возрастанием размеров частиц, преобладающих в грунте откоса от Ǿ=0,25мм, до Ǿ=2мм, высота откоса уменьшаются на 52-60% (11-26м).
5. На откосах с покровными образованиями где размеры твердых частиц 2мм и более составляет больше 25%, следует формировать откос в виде сдвоенных уступов, при этом ширина предохранительной бермы не должа превышать половину высоты подуступа.

Выводы

На основе анализа научной литературы и результатов выполненных работ в данной диссертационной работе, основные научные и практические результаты исследований заключается в следующем:

1. Выявлено, что основными причинами нарушения местной устойчивости откосов дорожных выемок на горных участках дороги является снижение прочностных характеристик и сопротивляемости сдвигу грунтов за счет изменения влажности, плотности, размера твердых частиц грунта и сезонных колебаний температуры воздуха.
2. Разработана методика лабораторного эксперимента по оценке влияния плотности, влажности, гранулометрического состава грунтов и сезонных колебаний температуры воздуха на сопротивляемости сдвигу и прочностные характеристики грунтов в лабораторных условиях.
3. Установлена, что наибольшее влияние на сопротивляемость грунтов сдвигу оказывает размер твердых частиц 0,25мм и 2мм. С увеличением содержания частиц от 0,25мм до 2мм сопротивляемость грунта сдвигу снижается на 50%;
4. Установлена, что сопротивляемость грунта сдвигу зависит от температуры грунта. С повышением температуры воздуха от -10^0С до $+60^0$С сопротивляемость грунтов сдвигу снижается на 70%;
5. На основе анализа натурных исследований прочностных свойств грунтов установлено:
   - с увеличением содержания частиц от 0,1мм до 2мм угол внутреннего трения снижается в среднем на 9-21%
   - с увеличением содержания частиц от 0,1мм до 2мм значение сцепления снижается в среднем на 12-28%.
6. На основе анализа расчетных данных установлено, что коэффициент местной устойчивости зависит от гранулометрического состава грунтов слагающих откосы горных дорог, при этом с увеличением содержания частиц грунта от 0,25мм до 0,5мм коэффициент местной устойчивости

снижается на 2-30%, от 0,25мм до 1,0мм на 20-43%, и при размерах частиц от 0,25мм до 2,0мм на 26-71%.

7. Установлена, что коэффициент местной устойчивости зависит от температуры промерзания грунтов и их оттаивания. Коэффициент местной устойчивости откосов при наличии талых грунтов ниже на 30-50%.
8. По результатам расчетов оптимальной высоты откоса в зависимости от гранулометрического состава грунта установлено, что высота зависит от гранулометрического состава грунтов, и с возрастанием содержания частиц, преобладающих в грунте откоса от Ǿ=0,25мм, до Ǿ=2мм, высота откоса уменьшаются на 11-26м от назначенной высоты.
9. На откосах с покровными образованиями где размеры твердых частиц 2мм и более составляет больше 25%, следует формировать откос в виде сдвоенных уступов, при этом ширина предохранительной бермы не должна превышать половину высоты подуступа 1:2.
10. Результаты работы внедрены в работы по оценке местной устойчивости откосов опасных оползневых участков дороги «Бишкек-Ош» и «Альтернативной дороги Север-Юг» по комплексу геологических, геомеханических параметров и физико-механических свойств пород, и разработке мероприятий по безопасной эксплуатации горных дорог (Акт о реализации научных результатов диссертационной работы от 10.01.2018г), также используется при чтении лекций и проведении лабораторных и практических занятий по дисциплинам «Физика горных пород» и «Геомеханика» на кафедрах «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых», «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых», «Маркшейдерское дело» и «Безопасность жизнедеятельности» в Институте горного дела и горных технологий им.акад. У.Асаналиева.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айтматов И.Т. Геомеханика оползневых склонов И.Т. Айтматов, К.Ч. Кожогулов, О.В. Никольская. // Илим, - Бишкек:1999. -210с
2. Айтматов И.Т., Геомеханическое обоснование прогноза оползней в покровных отложениях горно-складчатых областей [Текст]:/ И.Т. Айтматов, К.Ч. Кожогулов, О.В. Никольская //Вопросы геомеханики и разработки месторождений полезных ископаемых (ИФиМГП №1). - Бишкек: Илим, 1997. – С. 9-20.
3. Акосова Л. Н. Изменение состава и деформационного поведения глин при оползневых процессах [Текст]:/ Л. Н. Акосова -М.: «Наука», 1966. - 128с.
4. Асилова З.А. Определение высоты капиллярного поднятия воды в грунтах различной влажности [Текст]:/ З.А. Асилова, Г.А. Кадыралиева // Известия ВУЗов, №3-4. – Бишкек.: 2008. – С. 185-189.
5. Атлас Киргизской ССР I, Академия наук Киргизской ССР Ордена трудового красного знамени институт геологии им. М.М. Адышева, отдел географии [Текст]:/ Главное управление геодезии и картографии при совете министров СССР, Том первый, - Москва.: 1987. 157с.
6. Белый Л.Д. Инженерная геология: Учебник для строительных вузов [Текст]:/ Л.Д. Белый – М.: Высш. шк., 1985. – 231 с., ил.
7. Бийбосунов Б.И., Задачи расчета устойчивости склона против падения селей [Текст]:/ Б.И. Бийбосунов, А.Б. Чейчебаев, Ж.Т. Бексултанов // Известия ВУЗов, №5, - Бишкек.: 2012. С.11-14
8. Винокуров В.А. Обоснование главных параметров постоянных внутрикарьерных автомобильных дорог [Текст]:/ В.А. Винокуров Дисс.работа, код специальности ВАК 05.15.03, Артикул: 62687 Красноярск, 1999г, 198с.
9. Геология Киргизской ССР. – М.: 1954. –Т.XXV. – 800 с.
10. Герасимов И.П. Основы почвоведения и география почв [Текст]:/ И.П. Герасимов, М.А Глазовская - М.: Географгиз, 1960. 490с

11. Герсеванов Н. М. Основы динамики грунтовой массы [Текст]:/ Н. М. Герсеванов// Изд-во: М.-Л.: ОНТИ-Госстройиздат, -М.: 1937г.
12. Гольдшейн М.Н. Механические свойства грунтов [Текст]:/ М.Н. Гольдшейн – М.: Стройиздат, 1973. – 365с
13. Гольдштейн М.Н. Деформации земляного полотна и оснований сооружений при промерзании и оттаивании [Текст]:/ М.Н. Гольдштейн «Государственное транспортное железнодорожное издательство» - Москва: 1948.
14. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов. [Текст]:/ М.Н. Гольдштейн «Стройиздат» -М.:, 1952 – С 359.
15. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов: Напряженно деформированные и прочностные характеристики [Текст]:/ М.Н. Гольдштейн «Стройиздат» - М.: 1979. –304с.
16. Гольдштейн М.Н. О сопротивлении грунтов сдвигу [Текст]:/ М.Н. Гольдштейн "Почвоведение" № 7 – М.:1937г.
17. Гольдштейн М.Н. О теории устойчивости земляных откосов [Текст]:/ М.Н. Гольдштейн. "Гидротехническое строительство" – М.: 1940г.
18. Гороховский М.В. Механика грунтов. [Текст]:/ М.В. Гороховский// Издательство Ростовского университета, -Ростов, 1988. - 160с.
19. ГОСТ 12248-96 ОКС 13.080 ОКСТУ 5702 "Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости»
20. ГОСТ 12536-79 Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. Дата введения с 01.07. 1980 г.
21. ГОСТ 25100-11. Грунты. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, Межгосударственный стандарт введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2013 г
22. ГОСТ 30416-96 Межгосударственный стандарт. Грунты Лабораторные испытания Общие положения Soils. Laboratory testing. General requirements Дата введения 1997-01-01

23. ГОСТ 5180-84. ГРУНТЫ. Методы лабораторного определения физических характеристик 01.07.85.
24. Грунт свойства. Физические и механические свойства грунта http://stroykaa.ru.
25. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. [Текст]:/ Б.И. Далматов// Издание: Стройиздат, -Санкт-Петербург.: 1988г. -416с
26. Джороев Т.Д., Оценка устойчивости откосов горных дорог. Напряженно-деформированное состояние массива пород в горных районах. [Текст]:/ Т.Д. Джороев, О.В. Никольская// Илим. - Фрунзе:.1985. с. 50-56
27. Зелинский И.Т. и др. Моделирование напряженного состояния и устойчивости пород оползневого склона// Вопросы инженерной геологии. -М., -1970. С. 322-332.
28. Земятченский П. А. О латерите // Почвоведение. 1899. Т. 1. № 2. С. 117—122. Отд. изд. СПб.: тип. СПб. акц. об-во печ. дела в России Е. Евдокимов, 1899. 6 с.
29. Значение автомобильных дорог в развитие национального хозяйства страны. http://truport.ru/foo_page2/ador_1.html
30. Золотарев Г.С. Геологические закономерности развития оползней и обвалов – основа теории их изучения и прогноза [Текст]:/ Г.С. Золотарев // Вестник МГУ, сер. Геология, №4. –М.: 1974, С. 3-19.
31. Золотарев Г.С. Опыт оценки устойчивости склонов сложного геологического строения [Текст]:/ Г.С. Золотарев. -М.: Издательство МГУ, 1973г
32. Ильницкая Е.И. Свойства горных пород и методы их определения [Текст]:/ Е.И. Ильницкая, Р.И. Тедер, Е.С. Ватолин, М.Ф. Кунтыш, М.: изд-во «Недра»- 1969, С392
33. Исаханов Е.А. Физико-механические характеристики грунтов насыпи земляного полотна железной дороги в п. Бурундай [Текст]:/ Е.А. Исаханов, М.Я. Квашнин, В.А. Хомяков, Б. Апшикурулы. Материалы

международной научно-практической конференции к 125-летию со дня рождения М. Тынышпаева. –Алматы, 2004г.Т.4. – С.213-217.

34. Kadyralieva G.A. Estimation of local stability of slopes of mountain roads [Текст]:/ G.A. Kadyralieva. Book of abstracts 1st International scientific conference «The role of multidisciplinary approach in solution of actual problems of fundamental and applied sciences» Baku, 2014. - c. 69-71
35. Kadyralieva G.A. Assessment peculiarities of the constructions stability in the areas of affected by mining operations [Текст]:/ G.A. Kadyralieva, B.T. Dzhakupbekov, S.J. Kuvakov. The Second Geo-Institute – Kazakhstan Geotechnical Society Joint Workshop on TC 305 “Geotechnical Infrastructure for Megacities and New Capitals”, Orlando, New York, 2018. –c. 112-116
36. Кадыралиева Г.А. Влияние сезонных колебаний температуры воздуха на прочностные свойства грунтов откосов горных дорог [Текст]:/ Г.А Кадыралиева, К.Ч. Кожогулов О.В. Никольская «Известия НАН КР» - Бишкек №2. Изд. «Илим», 2013 С25-29
37. Кадыралиева Г.А. Оценка влияния температурных колебаний воздуха на физико-механические свойства грунтов естественного сложения [Текст] / Г.А. Кадыралиева. «Современные проблемы механики сплошных сред» - Бишкек: Выпуск18, 2013. – С. 180-189
38. Кадыралиева Г.А. Факторы, влияющие на местную устойчивость откосов горных дорог [Текст] / Г.А. Кадыралиева. «Современные проблемы механики сплошных сред» - Бишкек: Выпуск 12, 2010. – С. 174-181.
39. Кадыралиева Г.А. Оценка влияния водно-физических свойств грунта на их сопротивляемость сдвигу [Текст] / Г.А. Кадыралиева. «Вестник КГУСТА» им. Н. Исанова - Бишкек: Вестник 3 (33), 2011. – С. 29-33
40. Кадыралиева Г.А. Причины нарушение местной устойчивости откосов горных дорог [Текст] / Г.А. Кадыралиева. «Современные концепции научные исследования», - Москва: Часть 3. Изд. Евразийский союз ученых, 2014. – С. 49-52

41. Кадыралиева Г.А. Влияние физических свойств грунтов на сопротивление сдвигу [Текст] / Г.А. Кадыралиева. Сбор. Междунар. науч. конференции молодых ученых «Инновационное развитие и востребованность науки в современном Казахстане». –Алматы: №4, 2010. – С. 42-47.
42. Кадыралиева Г.А. Оценка местной устойчивости откосов дорог на склонах в горно-складчатых областях [Текст]: / Г.А. Кадыралиева, К.Ч. Кожогулов, О.В. Никольская. Труды II междунар. н.-практ. конф. «Проблемы механики и строительства транспортных сооружений», посвященной 80-летию Заслуженного деятеля науки и техники Казахстана, академика Национальной академии наук Казахстан, д.т.н., профессора Айталиева Ш.М. - Алматы: 2015. – С. 116-124
43. Кадыралиева Г.А. Оценка влияния влажности и температуры грунтов на устойчивость откосов внутрикарьерных дорог [Текст]: / Г.А. Кадыралиева, О.В. Никольская. «Известия КГТУ им. И. Раззакова» - Бишкек: №28 Издательский центр «Текник», 2013. С 231-237
44. Кадыралиева Г.А. Нарушение местной устойчивости откосов автомобильных и технологических горных дорог [Текст]: / О.В. Никольская, Г.А. Кадыралиева. «Вестник КГУСТА» - Бишкек: Изд. КГУСТА им. Н. Исанова, 2016. – С. 402-407
45. Кадыралиева Г.А. Особенности оценки местной устойчивости откосов горных дорог [Текст]: / Г.А. Кадыралиева, О.В. Никольская. «Инновации в науке», Изд. "Сибирская академическая книга", Новосибирск, 2017. – с. 45-50
46. Казарновский В.Д., Предложения по расчету устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок [Текст]:/ В.Д. Казарновский, Ю.М. Львович, Н.И. Вельмакина и др. Союздорнии. -М.: 1967. - 112 С.
47. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения [Текст]:/ Н.А. Качинский — Москва: Изд-во АН СССР, 1958. — С 191с.

48. Классификация автомобильных дорог. Строительная техника. http://stroy-technics.ru/article/klassifikatsiya-avtomobilnykh-dorog
49. Кожобаев К.А. Влияние концентрации порового и содержание органического вещества на тексотропное упрочнение глин [Текст]:/ К.А. Кожобаев //Вестник МГУ, сер.геология. –М.: 1976 -№5. -С. 110-114.
50. Kozhogulov K.Ch. Assessment and the landslides forecast dangers of slopes in mountain-folded areas [Текст]:/ K.Ch. Kozhogulov, G.A. Kadyralieva, B.T. Dzhakupbekov. Proceeding of the International Symposium on «Geohazards: Science, Engineering and Management», Katmandu, Nepal, 2014. – c. 172-179
51. Kozhogulov K.Ch. Design features of transport tunnels in difficult physical-geographical conditions of Kyrgyzstan [Текст]:/ K.Ch. Kozhogulov, O.V. Nikolskaya, G.A. Kadyralieva. The 8th International Symposium «Geotechnical aspects of underground construction in soft ground» South Korea, Seoul, 2014г. – с.441-443
52. Kozhogulov K.Ch. Features of physic-mechanical properties metamorphic breeds at an estimation of stability of slopes [Текст]:/ K.Ch. Kozhogulov, O.V. Nikolskaya, G.A. Kadyralieva. Proceeding of the 6th International geotechnical symposium «Disaster mitigation in special geoenvironmental conditions», Madras, Chennai, India, 2015. – с.197-199
53. Кожогулов К.Ч. Геомеханическая оценка оползневой оценки склонов в бассейнах крупных рек юга Кыргызстана. [Текст]:/ К.Ч. Кожогулов, О.В. Никольская. –Бишкек: Илим, 2011. - 114с
54. Кожогулов К.Ч. Оползни Юга Кыргызстана [Текст]:/ К.Ч. Кожогулов, О.В. Никольская, О.В. Ибатулин - Бишкек: КиргНИИНТИ, 1993. - 46с.
55. Кожогулов К.Ч., Основные признаки оползневой опасности в горно-складчатых областях. Вопросы геомеханики и разработки месторождений полезных ископаемых. [Текст]:/ К.Ч. Кожогулов, О.В. Никольская. Бишкек: Илим, 1997, 60-63 с.
56. Кожогулов К.Ч. Геомеханические особенности оползневых участков автодороги Бишкек-Ош на 161-170км [Текст]:/ К.Ч. Кожогулов, О.В.

Никольская, С.А. Шерматов «Проблемы горных дорог /НАН КР. ИФМГП» -Бишкек: Технология 1998. С.17-21

57. Кожогулов К.Ч., Принципы безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации горных дорог. [Текст]:/ К.Ч. Кожогулов, О.В. Никольская, Р.С. Картанбаев, Н.Ч. Сулайманов - Бишкек: изд.: Илим, 2006. С.186.
58. Кожогулов К.Ч. Проблемы оценки местной устойчивости откосов выемок горных дорог [Текст] :/ К.Ч. Кожогулов, О.В. Никольская, Г.А. Кадыралиева, «Современные проблемы механики сплошных сред» Выпуск12, Бишкек, 2010. – с. 7-14.
59. Кожогулов К.Ч. Методические рекомендации по предотвращению нарушения устойчивости откосов транспортных магистралей на горных склонах в Кыргызской Республике [Текст] :/ К.Ч. Кожогулов, О.В. Никольская, Н.Ж. Маданбеков, Р.А. Жумабаев, Г.А. Кадыралиева. Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова, Бишкек, 2011. – 40с.
60. Кожогулов К.Ч. Особенности свойств горных пород в зонах влияния тектонических нарушений золоторудных месторождений Кыргызстана [Текст] :/ К.Ч. Кожогулов, О.В. Никольская, Г.А. Кадыралиева. Мат. науч. практ. конф. «Проблемы безопасности и эффективности освоения георесурсов в современных условиях», -Пермь, 2014. -с 273-277
61. Кожогулов К.Ч. Устойчивость бортов нагорных карьеров в зонах влияния тектонических нарушений [Текст] :/ К.Ч. Кожогулов, О.В. Никольская, Г.А. Кадыралиева, Б.Т. Джакупбеков. «Фундаментальные и прикладные проблемы горных наук». №2 ИГД им. Н.А.Чинакала СО РАН, Новосибирск, 2015. – с. 240-244
62. Кокумбаева К.А. Оценка устойчивости горных пород склонов при строительстве гидротехнических сооружений [Текст]:/ К.А. Кокумбаева, К.Ж. Усенов. //Вестник ЖАГУ, - Жалал-Абад: 2007. С175-182

63. Косте Ж. Механика грунтов. [Текст]:/ Ж. Косте, Г. Санглера – М.: Стройиздат,1981. – 455с.
64. Куваков С.Ж. Физико-механические свойства горных пород глубоких горизонтов месторождения "Макмал" [Текст]:/ С.Ж. Куваков, Г.А. Кадыралиева, Б.Т. Джакупбеков. Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета, Том 16, №5, -Бишкек, 2016. –с 151-153
65. Курдюмов В. И. Краткий курс оснований и фундаментов [Текст]:/ В.И. Курдюмов – М.: изд. 2-е в 1897г.
66. Кыргызстандын географиясы [Текст]:/ Под ред. У. Бараталиева. — Бишкек: Мамлекеттик тил жана энциклопедия борбору, Большая Советская Энциклопедия 2004. — С. 40.
67. Лебедев А.Ф. Передвижение воды в почвах и грунтах. [Текст]:/ А.Ф. Лебедев // Известия Донского сельскохозяйственного института, 1918г
68. Лебедев А.Ф. Почвенные и грунтовые воды [Текст]:/ А.Ф. Лебедев //- М.-Л.: Сельхозгиз, 1936г. С.54
69. Лебедев А.Ф. Уплотнение грунтов при различной влажности [Текст]:/ А.Ф. Лебедев -М.: Стройвоенмориздат, 1949. С.56
70. Лебедев, Н.А. Почвоведение [Текст]:/ А.Ф. Лебедев –М.: № 2. 1936. С.280–281.
71. Лысенко И.З. Принципы разработки высокогорных месторождений [Текст]:/ И.З. Лысенко- Алмата. Изд. «Наука» Казахской ССР. 1966г, с.395
72. Львович Ю.М. Укрепление откосов земляного полотна автомобильных дорог [Текст]:/ Ю.М. Львович, Ю.Л. Мотылев. - М.: Изд. «Транспорт» 1979.
73. Малюшицкий, Ю. Н. Условия устойчивости бортов карьеров [Текст]:/ Ю. Н. Малюшицкий –М.: вып.II Изв. АН УССР, 1957.
74. Масадыков Э.К. «Евроазиатский железнодорожный коридор через Кыргызстан» Э.К. Масадыков, К.Ч. Кожогулов, О.В. Никольская, Ф.Ю. Гатаулин, Ю.В. Куренков, Г.Р. Трутнев. – Бишкек: Илим. -118с.: табл., илл.

75. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов [Текст]:/ Н.Н. Маслов –М. «Высшая школа» 1982. –С.510
76. Маслов Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии. [Текст]:/ Н.Н. Маслов - М.: Высш.школа, 1968. – 629 с.
77. Маслов Н.Н. Условия устойчивости склонов и откосов в гидроэнергетическом строительстве [Текст]:/ Н.Н. Маслов// Государственное энергетическое издательство Н.Н. Маслов -М.: 1955. - 467с.
78. Мендекеев Р.А. К определению закономерности распределения фракций гранулометрического состава грунтов [Текст]:/ Р.А. Мендекеев, М.С. Тургунбаев. Вестник КГУСТА. № 2 (52). –Бишкек. 2016. -С. 95-99.
79. Методические указания по оценке местной устойчивости откосов и выбору способов их укрепления в различных природных условиях. //Всесоюзный научно-исследовательский институт транспортного строительства. – М.: 1970. с.73
80. Никольская О.В. Изучение на моделях характера смещения и разрушения покровных отложений на горных склонах [Текст]:/ О.В. Никольская «Напряженно-деформированное состояние массива пород в горных районах» - Фрунзе: Илим, 1985. –С. 44-50.
81. Никольская О.В. Оценка влияния сезонных колебаний температуры на прочностные свойства грунтов и местную устойчивость откосов горных дорог [Текст]:/ О.В. Никольская, Г.А. Кадыралиева «Современные проблемы механики сплошных сред». – Бишкек: Выпуск 16, 2012. С.238-245
82. Никольская О.В. Критерии оценки местной устойчивости откосов горных дорог на горных склонах [Текст]:/ О.В. Никольская, Г.А. Кадыралиева. Сборник трудов международной н/т конференции «Современные геотехнологии в строительстве и их научно-техническое сопровождение», - Санкт-Петербург: Часть 1., СПбГАСУ, РААиСН, РОпМГГиФ, 2014. С.214-221

83. Ничипоревич А. А. Расчет устойчивости откосов земляных плотин с учетом гидродинамических сил [Текст]:/ А. А. Ничипоревич –М.: II Информационные материалы. Водгео, 1959.
84. Ничипорович А.А. Сопротивление связных грунтов сдвигу при расчете гидротехнических сооружений на устойчивость. [Текст]:/ А.А. Ничипорович. М.: Стройиздат., 1948. – 128с. ил.; 20см
85. Ниязов Р.А. Формирование крупных оползней Средней Азии. [Текст]:/ Р.А. Ниязов -Ташкент: Фан, 1982. – 156 с.
86. ОДМ 218.2.006-2010 Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог
87. Омуралиев С. Б. Определение положения линии скольжения склона и величины оползневого давления ?????
88. Полынов Б. Б. Кора выветривания. [Текст]:/ Б. Б. Полынов. - М.: Изд-во АН СССР, 1934. 242 с.
89. Прагер В. Теория идеально пластических тел. [Текст]:/ В. Прагер, Ф. Г. Ходж // Иностранная литература — М.:, 1956. — 398 с.
90. Рекомендации по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневого давления. // Центральное бюро научно-технической информации –М.: – 1986. - 48С
91. Саваренский Ф.Н. Опыт построения классификаций оползней [Текст]:/ Ф.Н. Саваренский // Тр. I-го Всес. Оползневого совещания. – Л., М.: Геолразветиздат, 1935. - С.29-37.
92. Сезонное протаивание и промерзание грунтов на территории Северо-востока СССР /Сборник трудов СО РАН АН СССР.М.: Наука, 1966. - С.144
93. Сергеев Е.М. Общая инженерная геология. Классификация горных пород и почв. [Текст]:/ Е.М. Сергеев, В.А. Приклонский, П.Н. Панюков, Л.Д. Белый. Труды совещ. по инж.-геол. свойствам горных пород и методам их изучения. — М., Том II Изд-во АН СССР, 1957. С.18-44

94. Сергеев Е.М. Инженерная геология [Текст]:/ Е.М. Сергеев// Изд-во Московского университета - М., изд. 2., 1982, 248с., с ил.
95. Сергеев Е.М. Грунтоведение [Текст]:/ Е.М. Сергеев, Г.А. Голодковская, Р.С. Зиангиров, В.И. Осипов, В.Т. Трофимов –М.: изд.4-е., перераб. 1973. – 387 с.
96. Сергеев Е.М. Грунты. Грунтоведение [Текст]:/ Е.М. Сергеев, под. ред. Сергеев Е.М. М.: Изд. МГУ, 1983. С.389
97. Снижение последствий стихийных бедствий на дорогах. // Международная ассоциация дорожных конгрессов PIARC. Доклад рабочей группы. – Монреаль: 3-9 сентября 1995г.
98. Степанов В.Я. Механика горных склонов [Текст]:/ В.Я. Степанов / Ответ.ред. Н.Г. Ялымов; АН Республики Кыргызстан, Ин-т физики и механики горных пород. – Бишкек: Илим, 1992. – С.192.
99. Татаринцев Л.М. Физическое состояние основных пахотных почв юго-востока Западной Сибири: [Текст]:/ Л.М. Татаринцев: Дисс. доктора биол. наук. – Новосибирск: 1993. - С368
100. Тейлор Д.В. Основы механики грунтовД.В. Тейлор // Гос. изд. Литературы по строительству, архитектуре и строй. материалам, перевод Г.Л. Игнатюка, - М.: - 1960. – 597с.
101. Телтаев Б.Б. Результаты инженерного обследования насыпи земляного полотна участка автомобильной дороги Алмата-Астана [Текст]:/ Б.Б. Телтаев, С.Т. Самыратов, А.Д. Батырханов, Г.А. Абденова, М.Я. Квашнин. Вестник КазГАСА. –А. 2004г. – С.142-149
102. Тер-Мартиросян З.Г. Прогноз механических процессов в массивах многофазных грунтов. [Текст]:/ З.Г. Тер-Мартиросян – М.: недра, 1986. 292с.
103. Тер-Мартиросян З.Г., Прогноз механических процессов в массивах многофазных грунтов. – М.: недра, 1986. 292с., ил

104. Терцаги К. Механика грунтов в инженерной практике. [Текст]:/ К. Терцаги, Р. Пек // Гос. изд. литературы по строительству, архитектуре и строй. материалам, перевод А.В. Сулима-Самуйло, - М.: - 1958. – 607 с.

105. Торгоев И.А. Генетические факторы развития оползней в бассейне реки Майлуу-Суу [Текст]:/ И.А. Торгоев, Ю.Г. Алешин, Б.Д. Молдобеков, А.В. Малешко //Вопросы геомеханически и разработки месторождений полезных ископаемых. –Бишкек: Илим, 1997. –С.90-103.

106. Трескинский С.А. Горные дороги. [Текст]:/ С.А. Трескинский // Изд-во «Транспорт», -М.: 1974г, стр. 1-368

107. Трофимов В.Т. Грунтоведение [Текст]:/ В.Т. Трофимов, В. А. Королёв, Е. А. Вознесенский и др.// Серия Классический университетский учебник (Под. ред. В. Т. Трофимова, 6-е изд.). — М.: Изд-во МГУ, 2005. — 1024 с.

108. Усенов К.Ж. Оценка устойчивости склона по напряженному состоянию с учетом подземных вод [Текст]:/ К.Ж. Усенов, З.А. Асилова // «Ізденіс»–«Поиск» (ест. /тех.сер.) – Алматы: №3-4. 2010. – С. 78–82.

109. Устойчивость откосов и склонов. Мир знаний. http://mirznanii.com/a/303610/ustoychivost-otkosov-i-sklonov

110. Фалалеев Г.Н. Исследование закономерностей деформирования во времени глинистых грунтов при одномерном уплотнении [Текст]:/ Г.Н. Фалалеев. Современные проблемы механики, № 25 (3), - Бишкек, 2016г - С. 65-72.

111. Филатов М. М. Лабораторный практикум по морфологии, физике и механике грунтов. [Текст]:/ М. М. Филатов — М.-Л.: Гострансиздат, 1936. — С.92

112. Флорин В.А. Основы механики грунтов. [Текст]:/ В.А. Флорин - М.: Госстройиздат. 1961.

113. Хуан Я.Х. Устойчивость земляных откосов. [Текст]:/ Я.Х. Хуан - М.: Стройиздат, 1988. - 240 с., ил; перевод с английского

114. Царапов М.Н. Закономерности формирования прочностных характеристик оттаивающих грунтов при сдвиге [Текст]:/ М.Н. Царапов Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. МГУим. М.В. Ломоносова, -Москва: 2007.

115. Цимбаревич П.М. Механика горных пород [Текст]:/ П.М. Цимбаревич – 2-е изд., полностью переработанное – Москва: Изд-во и 2-я тип. Углетехиздата, 1948г.

116. Цытович Н.А. Механика грунтов [Текст]:/ Н.А. Цытович – М.: (краткий курс): Учебник для вузов. -3-е изд., доп. Высш.школа, 1979. – 272 с. ил.

117. Цытович Н.А. Механика мерзлых грунтов: Общая и прикладная. [Текст]:/ Н.А. Цытович –М.: Изд-во АН СССР, 1952.

118. Цытович Н.А. О сопротивлении мерзлых грунтов нагрузке. Лабораторное исследование механических свойств мерзлых грунтов [Текст]:/ Н.А. Цытович –М.: Сборник № 1. 1936.

119. Шадунц К.Ш. Оползни потоки. [Текст]:/ К.Ш. Шадунц – М.: Недра, - 1983. –120 с

120. BS 1377-2:1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes [Текст]//Classification tests. https://shop.bsigroup.com/ProductDetail/?pid=000000000000793481

121. Darcy Henry. Les fontaines publiques de la ville de Dijon: exposition et application des principes à suivre et des formules à employer dans les questions de distribution d'eau [Текст]/. — Paris: V. Dalmont, 1856. — VII+647 с.

122. http://engerco.ru/teplofiz_svoy.php, http://stroy-technics.ru/article/klassifikatsiya-avtomobilnykh-dorog

ПРИЛОЖЕНИЯ

Акт внедрения о реализации научных результатов диссертационной работы от 10.01.2018г

УТВЕРЖДАЮ
Директор ПИИ
«Кыргыздортранспроект»
_____Алиязов Ж.Э.
«10» ____01____2018г.

А К Т

о реализации научных результатов, полученных в диссертации Кадыралиевой Гульзат Асанбековны на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 25.00.20 – Геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика и 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная) на тему: «Оценка местной устойчивости откосов горных дорог по комплексу физико-механических свойств грунтов».

Комиссия в составе:
Председателя Солтобаева Т.О.–гл.инженера ПИИ «Кыргыздортранспроект», членов комиссии: рук.сектора ИГИ ПИИ «Кыргыздортранспроект» Исакова А. и вед.ннженер ИГИ сектора ПИИ «Кыргыздортранспроект» Кабуловой Ж.А. свидетельствует о том, что при оценке местной устойчивости откосов опасных оползневых участков дороги «Бишкек-Ош» и «Альтернативной дороги Север-Юг» по комплексу геологических, геомеханических параметров и физико-механических свойств пород, и разработке мероприятий по безопасной эксплуатации горных дорог были реализованы следующие научные результаты, полученные в кандидатской диссертации Кадыралиевой Гульзат Асанбековны.

- Результаты лабораторных исследований влияния плотностных свойств и гранулометрического состава горных пород приоткосного массива на оценку местной устойчивости и параметры откосов горных дорог на склонах;
- Результаты лабораторных исследований влияния сезонного колебания температуры воздуха на сопротивление пород сдвигу и оценку местной устойчивости откосов горных дорог;

Реализация материалов диссертации Кадыралиевой Г.А. позволила:

- Разработать и обосновать методику определения зависимости сопротивляемости горных пород сдвигу от их гранулометрического состава;

- Установить, что к снижению местной устойчивости откосов дорог до 50%оказывают наличие в породах твердых частиц диаметром от 0,25мм до 2мм;
- Разработать методику определения зависимости сопротивляемости горных пород сдвигу от температуры и установить, что с повышением температуры от -10^0C до $+60^0$C сопротивляемость грунтов сдвигу снижается на 70%;

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

- в «Методических рекомендациях по предотвращению нарушения устойчивости откосов транспортных магистралей на горных склонах в Кыргызской Республике» утвержденное Министерством транспорта и коммуникаций КР – Бишкек: 2011г;
- использованы в проектах строительства «Альтернативной дороги Север-Юг»на припортальных участках туннеля и откосов дорожных выемок на склонах;

По результатам реализации получен следующий положительный эффект:

- разработанная методика определения зависимости сопротивляемости пород сдвигу от гранулометрического состававыветрелых пород позволяет на стадии проектирования назначить оптимальные значения параметров дорожных выемок на склоне иоценить местную устойчивость геотехнической системы (склон-дорожная выемка);
- применение результатов зависимости местной устойчивости откосов выемок горных дорог на склонах от сезонного колебания температуры позволяют на стадии проектирования и строительства разработать инженерные мероприятия по снижению риска обрушения откосов.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ:

Гл.инженер ПИИ «Кыргыздортранспроект» Солтобаев Т.О.

ЧЛЕНЫ КОМИССИИ:

Рук.сектора ИГИ ПИИ «Кыргыздортранспроект» Исаков А.

Вед.инженер ИГИ сектора ПИИ «Кыргыздортранспроект» Кабулова Ж.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Института горного дела и горных технологий им. У. Асаналиева, к.г.-м.н., доцент

_____ А.О. Маралбаев

«22» января 2019г.

СПРАВКА

об использовании результатов кандидатской диссертации соискателя Г.А. Кадыралиевой, выполненной под научными руководствами чл.-корр. НАН КР, профессора К.Ч. Кожогулова и д.т.н. О.В. Никольской, в учебный процесс Горно-металлургического факультета Института горного дела и горных технологий им. У.Асаналиева при КГТУ им. И.Раззакова

Полученные в диссертационных исследованиях теоретические и практические результаты расчета и оценки местной устойчивости откосов автомобильных горных дорог и технологических горных дорог при освоении месторождений полезных ископаемых по физико-механическим свойствам горных пород и грунтов используется при чтении лекций и проведении лабораторных и практических занятий по дисциплинам «Физика горных пород» и «Геомеханика» на кафедрах «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых», «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых», «Маркшейдерское дело» и «Безопасность жизнедеятельности».

Разработанная методика оценки влияния плотностных и прочностных свойств горных пород и грунтов используется при чтении лекций по управлению состоянием массива горных пород и выполнении практических работ по данной дисциплине.

Председатель комиссии
Декан горно-металлургического факультета, кандидат технических наук, доцент Молдобаев Э.С.

Члены экспертной комиссии:
Кандидат технических наук, доцент кафедры «ПРМПИ» Жетигенов Б. Ж.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «ПРМПИ» Абдибаитов Ш.А.