

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки Природообустройство и водопользование
 Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Влияние инженерно-геологических условий участка Июньский золотороссыпного месторождения на выбор методов расчета устойчивости откосов бортов карьера (Кемеровская область)

УДК 622.333:622.271.333-044.3(571.17)(571.531)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM71	Будников Александр Александрович		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Волкова А.Л.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Атепаева Н.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2019 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

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

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 20.04.02. Природообустройство и водопользование
 / Инженерные изыскания в области природообустройства

Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2BM71	Будников Александр Александрович

Тема работы:

Влияние инженерно-геологических условий участка Июньский золотороссыпного месторождения на выбор методов расчета устойчивости откосов бортов карьера (Кемеровская область)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№3053/С от 17.04.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	При исследовании решить следующие задачи: – изучить теоретические основы устойчивости карьерных откосов, в т.ч. факторы, влияющие на устойчивость; – выполнить обзор существующих методов расчета устойчивости откосов и особенность их применения в зависимости от инженерно-геологических условий; – проанализировать инженерно-геологические условия участка Июньский золотороссыпного месторождения в Кемеровской области и выбрать метода расчета; – определить параметры устойчивого карьерного откоса на примере карьера по попутной добыче грунтовых строительных материалов на участке Июньский золотороссыпного месторождения в Кемеровской области, с учетом гидрогеологического фактора.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Привести обзорную схему расположения объекта исследования, фрагмент геологической карты, карту инженерно-геологических условий, инженерно-геологический разрез. В табличной форме представить: применение методов расчета устойчивости в зависимости от ИГУ; результаты расчета коэффициентов устойчивости, параметры устойчивого карьерного откоса для каждого вида грунта; параметры устойчивого карьерного откоса для водовмещающего грунта.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Волкова Анна Леонидовна, ассистент ОСГН ШБИП
«Социальная ответственность»	Атепаева Наталья Александровна, старший преподаватель
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Выполнить обзор англоязычных источников по теме: A review of methods for slope stability analysis used in the USA	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM71	Будников Александр Александрович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 139 страниц, 11 рисунков, 41 таблицу, 58 источников, 9 приложений.

Ключевые слова: РАСЧЕТ, УСТОЙЧИВОСТЬ, МЕТОД, ОТКОС, ВЫСОТА, УГОЛ, КАРЬЕР, ИЮНЬСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ, ВНИМИ.

Объектом исследования выступают грунты и инженерно-геологические условия карьерных откосов.

Цель работы – выявление особенности применения методов расчета устойчивости карьерных откосов в зависимости от инженерно-геологических условий.

В процессе исследования использовались методы систематизации и обработки исходных данных, их сравнения и моделирование поведения грунтов в откосе карьера.

В результате исследования автором был осуществлен анализ инженерно-геологических условий конкретного месторождения и выбран метод для определения параметров устойчивого карьерного откоса в условиях дисперсных грунтов в рамках инженерно-геологических изысканий.

Выводы работы: расчёты производятся с применением метода Г.Л. Фисенко (ВНИМИ), жесткая обратная зависимость между величиной коэффициента запаса устойчивости и параметрами карьерного откоса, существенное влияние гидрогеологических условий.

Область применения: результаты исследования могут использоваться инженерами-геологами при составлении технического отчета по инженерно-геологическим изысканиям, а также маркшейдерами предприятий, ведущих добычу полезных ископаемых открытым способом.

Оглавление

Введение.....	9
1 Обзор литературы	12
2 Объект и методы исследования	14
3 Устойчивость карьерных откосов.....	15
3.1 Теоретические основы устойчивости карьерных откосов	15
3.1.1 Элементы и параметры карьера.....	15
3.1.2 Виды нарушений устойчивости бортов карьеров.....	18
3.1.3 Факторы, влияющие на устойчивость бортов карьеров.....	20
3.1.4 Обзор методик расчетов устойчивости карьерных откосов	22
3.1.5 Исходные данные для расчета устойчивости карьерных откосов	29
3.1.6 Схемы расчета устойчивости карьерных откосов ВНИМИ	31
3.2 Обоснование методов расчета устойчивости карьерных откосов на примере Июньского месторождения	36
3.2.1 Оценка факторов, влияющих на устойчивость карьерных откосов Июньского золотороссыпного месторождения.....	36
3.2.2 Расчет параметров устойчивости откосов борта карьера	43
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	54
5 Социальная ответственность.....	83
Введение.....	83
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	84
5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	84
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	84
5.2 Профессиональная социальная безопасность.	85
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	85
5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.	85
5.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....	85
5.3 Экологическая безопасность.....	92
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	92
5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.....	92
5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	93
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	94
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	94
5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	95
5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	96

Выводы.....	98
Заключение	99
Список публикаций студента.....	101
Список используемых источников.....	102
Приложение А (обязательное)	107
Приложение Б (обязательное).....	110
Приложение В (обязательное)	113
Приложение Г (обязательное).....	114
Приложение Д (обязательное)	115
Приложение Е (обязательное).....	116
Приложение Ж (обязательное).....	117
Приложение И (обязательное)	129
Приложение К (справочное)	132

Введение

В настоящее время наблюдается рост объемов строительных работ, что в свою очередь, отражается на увеличении объемов инженерных изысканий, и, в частности, инженерно-геологических. Существующая нормативная база устанавливает минимум требований, обязательных к выполнению при проведении инженерно-геологических изысканий – при выполнении изысканий на территории, подверженной склоновым процессам, обязательным условием является проведение расчета устойчивости склонов и подготовка заключения о его устойчивости. При добыче полезного ископаемого открытым способом очень часто встает вопрос о попутной добыче грунтовых строительных материалов и расчете устойчивости бортов карьеров. В инженерной геологии накоплен значительный методологический потенциал, позволяющий выполнить предварительное определение параметров устойчивости карьерного откоса уже на стадии изысканий. Это дает возможность на предпроектной стадии принимать решения, оптимизирующие процесс основного проектирования горных предприятий, что определяет актуальность данного исследования.

Проблема определения параметров устойчивости карьерных откосов не является новой. В послевоенный период в СССР бурное развитие получила добыча полезных ископаемых при помощи открытой геотехнологии. Необходимость безопасного ведения открытых горных работ требовало создания единого подхода с единым координационным центром. В 1958 г. в г. Ленинград была основана лаборатория устойчивости бортов карьеров им Г.Л. Фисенко. В результате деятельности лаборатории были разработаны следующие правила и методические указания: «Правила обеспечения устойчивости бортов карьеров (1998 г.)», «Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов разрезов и отвалов, интерпретации их результатов и прогнозу устойчивости (1987 г.)», «Методические указания по

изучению инженерно-геологических условий угольных месторождений, подлежащих разработке открытым способом (1986 г.)».

Основным направлением работы лаборатории являлось обеспечение устойчивости бортов разрезов и карьеров, сложенных скальными грунтами. Проблема устойчивости в дисперсных грунтах осталась недостаточно освещенной.

Целью работы является выявление особенностей применения методов расчета устойчивости карьерных откосов в зависимости от инженерно-геологических условий.

Объектом исследования выступают грунты и инженерно-геологические условия карьерных откосов.

Предмет исследования – проблема выбора метода расчета устойчивости карьерных откосов при конкретных инженерно-геологических условиях.

Научная и практическая новизна исследования. В результате проведенного исследования автором был осуществлен анализ инженерно-геологических условий конкретного месторождения и выбран метод для определения параметров устойчивого карьерного откоса в условиях дисперсных грунтов в рамках инженерно-геологических изысканий на Июньском золотороссыпном месторождении в Кемеровской области. Отдельно был проведен анализ влияния гидрогеологических условий на параметры устойчивого карьерного откоса.

Практическая значимость результатов. Результаты проведенного исследования могут использоваться в практической деятельности инженерами-геологами при составлении технического отчета по инженерно-геологическим изысканиям, а также маркшейдерами предприятий, ведущих добычу полезных ископаемых открытым способом.

Результаты по теме ВКР были представлены автором на XXIII Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых

имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» в апреле 2019 года.

1 Обзор литературы

Проблема устойчивости карьерных откосов имеет достаточно обширное отражение в научно-технической литературе, посвященной вопросам горной промышленности и инженерной геологии. В научной и образовательной литературе изучаемая проблема рассматривается в нескольких аспектах:

- основы добычи полезных ископаемых открытым способом;
- инженерно-геологические и гидрогеологические условия и факторы, влияющие на устойчивость;
- геомеханика;
- методы расчета устойчивости;
- моделирование поведения грунтов.

Основам открытой геотехнологии при добыче полезного ископаемого посвящен труд Ржевского В.В. [17]. В нем даны основные понятия об открытых горных разработках, рассмотрены основные производственные процессы.

Особенности горно-геологических явлений при разработке месторождений полезных ископаемых, влияние подземных вод на условия разработки месторождений с точки зрения инженерной геологии отражены в трудах Панюкова П.Н. [12], Иванова И.П. [8].

Вопросы геомеханики освещаются в трудах Галустьяна Э.Л. [6], Певзнера М.Е. [13], Гальперина А.М. [7].

Большой пласт исследований посвящен расчетам устойчивости откосов. Теоретические основы устойчивости откосов приведены в трудах Абуханова А.З. [1], Пьянкова С.А. [16]. По вопросам устойчивости карьерных откосов работали такие исследователи как Фисенко Г.Л. [11], Арсентьев А.И., Букин И.Ю., Мироненко В.А. [2], Попов В.Н., Шпаков П.С., Юнаков Ю.Л., Бахаева С.П. [14].

Особое внимание обращает на себя работа Калинина Э.В. [9], посвященная методам математического моделирования, которые применяются для решения инженерно-геологических задач и основаны на использовании

математической модели напряженно-деформированного состояния массива горных пород.

Кроме этого, нельзя оставить без внимания источники на иностранном языке. В англоязычном научном-техническом сообществе вопросу устойчивости склонов посвящено множество работ. Прежде всего, нужно отметить монографии специалистов-разработчиков методов расчетов устойчивости, таких как Янбу Н., Моргенштерн Н. и Прайс В.Е., Спенсер Е. Методы, разработанные ими, получили их имена и широко используются в геомеханической практике.

Из комплексных работ необходимо отметить работы Ли Абрамсона и Я.Х. Хуанга. В работах данных авторов представлен обзор методов расчета устойчивости склонов в их текущем состоянии и развитии. При этом внимание уделено не только вопросам текущей устойчивости склонов, но также и методам, мероприятиям, позволяющим повысить устойчивость склонов с целью безопасной инженерной деятельности человека. Обзор методов по определению устойчивости, применяемых в США выполнен в разделе на английском языке (приложение Ж).

2 Объект и методы исследования

В качестве исходных данных проведенного исследования выступают материалы, полученные в период прохождения производственной практики летом-осенью 2018 г., а именно результаты инженерно-геологических изысканий, оформленные в виде технического отчета, ведомость физико-механических свойств грунтов, инженерно-геологический разрез.

В процессе исследования требуется решить следующие задачи:

- знакомство с теоретическими основами устойчивости карьерных откосов, в т.ч. с факторами, влияющими на устойчивость;
- обзор существующих методов расчета устойчивости откосов и особенность их применения в зависимости от инженерно-геологических условий;
- анализ инженерно-геологических условий участка Июньский золотороссыпного месторождения в Кемеровской области и выбор метода расчета;
- определение параметров устойчивого карьерного откоса на примере карьера по попутной добыче грунтовых строительных материалов на участке Июньский золотороссыпного месторождения в Кемеровской области, в том числе с учетом гидрогеологического фактора.

В ходе работы использовались методы систематизации и обработки исходных данных, их сравнения и моделирование поведения грунтов в откосе карьера.

Моделирование и расчеты планируется проводить в программном комплексе Slide 6.0 Rocscience, т.к. он позволяет учесть основные условия, оказывающие влияние на устойчивость грунтов (физико-механические свойства грунтов, сейсмичность, гидрогеология).

3 Устойчивость карьерных откосов

3.1 Теоретические основы устойчивости карьерных откосов

3.1.1 Элементы и параметры карьера

Под склоном понимается наклонная поверхность, которая образована природным путем [16, с. 82], а откосом называют искусственно созданную поверхность, которая ограничивает природный грунтовый массив, выемку или насыпь [1, с. 297]. Исходя из определений, данных выше, основное отличие между склоном и откосом заключается в том, что откос является результатом хозяйственной деятельности человека, в то время как склон – это природное явление. Эта особенность находит отражение в особенности расчетов, которые определяют устойчивость откоса. В данном случае, говоря об откосе, имеется в виду карьерный откос, т.е. откос, сформированный при добыче полезного ископаемого открытым способом.

Под открытыми горными работами или открытой геотехнологией понимается вид деятельности по добыче полезных ископаемых, которая ведется с дневной поверхности, путем создания котлованов и выемок.

Разработка открытым способом производится послойно, вначале отрабатываются верхние слои, затем нижние. Как правило, слои горизонтально ориентированы (рисунок 1, а), однако, учитывая геологическое строение месторождения, возможны наклонные (рисунок. 1, б и в) и крутые слои при пологой и крутой залежи (рисунок 1, г), соответственно [17, с. 10].

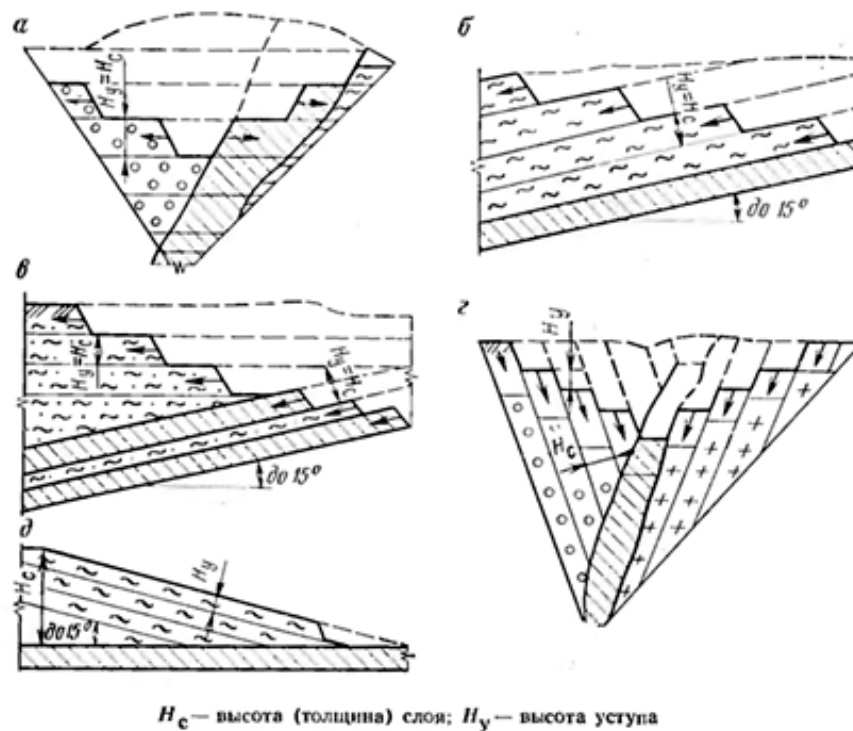


Рисунок 1 – Типовые схемы слоев и уступов

Открытая разработка ведется уступами, которые представляют собой часть разрабатываемого слоя.

Основными элементами уступа выступают:

- нижняя и верхняя площадки (горизонтальные поверхности уступа, которые ограничивают его по высоте, рисунок 2);
- откос уступа (наклонная поверхность, которая ограничивает уступ со стороны выработки);
- углом откоса уступа (угол, образованный поверхностью откоса уступа и горизонтальной плоскостью);
- верхняя и нижняя бровки откоса (линии пересечения откоса с верхней и нижней площадками) [17, с. 11].

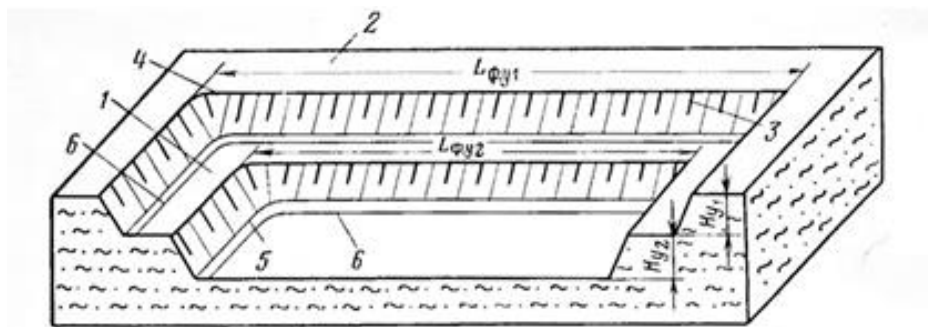


Рисунок 2 – Элементы уступа:

1 и 2 – нижняя и верхняя площадки соответственно; 3 – фронтальный откос уступа; 4 и 5 – верхняя и нижняя бровки соответственно; 6 – места сооружений транспортных коммуникаций; $L_{ф.у1}$ и $L_{ф.у2}$ – длина фронта работ соответственно первого и второго уступов; $H_{у1}$ и $H_{у2}$ – высота первого и второго уступов соответственно.

Угол между линией, нормальной к простиранию борта и соединяющей верхний и нижний контуры, и горизонталью называется углом откоса борта карьера (рабочего или нерабочего). Величина его зависит от высоты уступов и ширины их площадок и находится обычно в пределах: рабочего борта $7-17^\circ$ (иногда до $23-27^\circ$), нерабочего борта $25-53^\circ$.

Главные параметры карьера следующие:

1. Конечная глубина. Современные карьеры имеют глубину до нескольких сотен метров.

2. Размеры дна карьера устанавливаются оконтуриванием разрабатываемой части залежи на отметке конечной глубины карьера. Минимальные размеры дна карьера определяются условиями безопасной выемки и погрузки пород на нижнем уступе (по ширине не менее 20 м, по длине не менее 50-100 м).

3. Углы откосов бортов карьера определяются условиями устойчивости пород прибортового массива и размещения транспортных коммуникаций. Их принимают более крутыми для уменьшения объема вскрышных работ.

4. Общий объем горной массы в контурах карьера является важнейшим показателем, определяющим производственную мощность предприятия, срок его существования и др.

При равнинном рельефе поверхности достаточно точно общий объем горной массы в карьере (м^3) можно определить по формуле 1:

$$V = S_{\text{д}} H_{\text{к}} + \frac{1}{2} P_{\text{д}} H_{\text{к}}^2 \operatorname{ctg} \gamma_{\text{ср}} + \frac{\pi}{3} H_{\text{к}}^3 \operatorname{ctg}^2 \gamma_{\text{ср}}, \quad (1)$$

где $S_{\text{д}}$ – площадь дна карьера, м^2 ;

$H_{\text{к}}$ – глубина карьера, м;

$P_{\text{д}}$ – периметр дна карьера, м;

$\gamma_{\text{ср}}$ – усредненный угол откоса бортов, градус.

Площадь, форма контура и периметр дна карьера в первую очередь зависят от размеров и конфигурации залежи. Дну карьера придается по возможности округленная форма с целью повышения устойчивости бортов и уменьшения объема извлекаемых вскрышных пород.

5. Запасы полезного ископаемого в контурах карьера - важнейший показатель, определяющий возможный масштаб добычи, срок существования карьера и экономические результаты разработки. Запасы в пределах каждого уступа (горизонта) и карьерного поля в целом устанавливаются при разведке месторождения, а затем уточняются и пересчитываются в контурах карьера при проектировании и эксплуатации его в соответствии с установленными и периодически изменяющимися кондициями на полезное ископаемое [17, с. 14, 15].

Согласно требованиям «Правил ...», при формировании уступов на предельном контуре должна обеспечиваться возможность механизированной очистки бермы безопасности от осыпавшейся породы [46].

3.1.2 Виды нарушений устойчивости бортов карьеров

Горные породы постоянно испытывают на себе действие разнообразных природных факторов, таких как перепад температуры воздуха, солнечная радиация, инфильтрация атмосферных вод, ветер, растения и т.д., что ведет к медленному изменению свойств пород. Землетрясения и извержения вулканов ускоряют этот процесс.

Помимо влияния природных факторов горные породы испытывают огромное антропологическое воздействие, одним из которых является открытая разработки полезных ископаемых. В результате создания котлованов и карьеров нарушается равновесное состояние горного массива, обнажаются породы, ускоряется процесс выветривания.

Отрицательной стороной открытых горных работ является нарушение равновесного состояния горных пород и, таким образом, возникает проблема устойчивости карьерных откосов, что может привести к неблагоприятным последствиям [2, с. 26-30].

Единых классификаций и терминологии для деформаций естественных склонов и искусственных откосов до настоящего времени не существует. Наиболее распространенной и обоснованной является классификация проф. Г.Л. Фисенко. Классификационными признаками, положенными в ее основу, являются: условия и причины возникновения деформаций (генезис); морфология и динамика их развития. Это позволяет достаточно полно и объективно охарактеризовать нарушения устойчивости бортов карьеров и отвалов и наметить практические меры по их предупреждению и ликвидации. Все деформации делятся на: осыпи, обрушения, оползни, просадки, оплывины, фильтрационные деформации, осадки [4, с. 6, 7].

Н.Н. Маслов выделяет следующие возможные нарушения устойчивости и деформации откосов:

- обвалы и вывалы;
- обрушение со срезом и вращением;
- скольжение (соскальзывание);
- покровные оползни;
- оплывы;
- скол при просадке.

Как отмечает Н.Н. Маслов, предложенная им классификация имеет своей целью способствовать назначению в каждом конкретном случае наиболее

эффективных путей обеспечения требуемой устойчивости склонов и откосов с использованием выделенных классификационных признаков (характер деформации, скорость деформации, характерная природная обстановка). В этой классификации трудно выделить какие-либо основные принципы, поэтому целесообразность ее практического использования весьма сомнительна.

А. Немчок, С. Пасек и И. Рибар выделяют следующие типы деформаций: крип, оползень, поток, обвал (обрушение) [13, с. 115-117].

П.Н. Панюков добавил к классификации Г.Л. Фисенко еще один вид деформаций - обвалы и более подробно рассмотрел оползни уступов и бортов карьеров, а также внешних и внутренних отвалов. В предложенной им классификации оползни уступов и бортов карьеров дополнительно подразделяются на простые (собственно оползни, оскользни и оползни-оскользни) и сложные (оползни выдавливания, оплывания, проседания) [12, с. 119].

3.1.3 Факторы, влияющие на устойчивость бортов карьеров

Согласно «Правилам обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах» все факторы, влияющие на устойчивость бортов разрезов, можно разделить на четыре группы (рисунок 3) [15]:

- инженерно-геологические;
- гидрогеологические;
- физико-географические;
- горно-технические.

В инженерно-геологических факторах выделяются следующие:

– генетический тип пород, литолого-петрографический состав (вещественный состав, структура, текстура, состав цемента), прочность пород в образце;

- условия залегания пород, строение массива;
- прочность пород в массиве;

– склонность пород к изменению свойств во времени (набухание, разуплотнение, выщелачивание, выветриваемость).



Рисунок 3 – Факторы, влияющие на устойчивость бортов разрезов

Гидрогеологическими факторами являются:

- характер обводнения прибортового массива;
- питание водоносных горизонтов.

Физико-географические факторы:

- климатические условия;
- орогидрографические условия месторождения;
- сейсмичность района;
- геокриологические условия.

К *горно-техническим* можно отнести следующие факторы:

- способ вскрытия, технология горных работ;
- форма выемки в плане, высота и профиль борта;
- подработка массива подземными выработками.

В настоящей работе будут затронуты инженерно-геологические, частично гидрогеологические (в части влияния водоносного горизонта на

параметры устойчивого откоса) и физико-географические факторы (в части влияния сейсмичности).

3.1.4 Обзор методик расчетов устойчивости карьерных откосов

История изучения вопросов обеспечения устойчивости карьерных откосов начинается в 1773 г. с Кулона.

После Великой отечественной войны в СССР большое развитие получает открытый способ добычи полезных ископаемых. Соответственно систематически начинается изучаться вопрос устойчивости карьерных откосов. По всей стране создавались специализированные институты и лаборатории. В образовательную программу по горным специальностям включаются предметы по вопросу устойчивости откосов.

Фундамент отечественной школы исследования устойчивости карьерных откосов был заложен такими исследователями как Г.Л. Фисенко, В.В. Соколовский, В.В. Ржевский, Ю.Н. Малюшицкий, М.Е. Певзнер, И.И. Попов, М.А. Ревазов, А.Б. Фадеев, П.Н. Панюков, В.Т. Сапожников, А.М. Гальперин, Э.Л. Галустьян, В.И. Стрельцов, П.С. Шпаков, А.Г. Голубко, Ю.М. Николашин, Н.Н. Мельников и многими другими.

Несмотря на длительную историю исследования и достигнутые результаты изучаемый вопрос далек от закрытия. Проведенные исследования на действующих карьерах показывают, что повсеместно распространены деформации бортов карьеров, осложняющие ведение работ и несущие угрозу безопасности при ведении добычных работ [14, с. 16, 17].

Устойчивость откосов обеспечивается действием двух видов сил – поверхностных (масса породного массива) и объемных (сила тяжести, сила гидродинамического давления фильтрующего потока подземных вод и сейсмические силы).

Откос, сложенный сыпучими породами, сохраняет свою устойчивость пока угол откоса не превышает угол внутреннего трения. В противном случае неминуемо появление обрушения или осыпи [7, с. 151].

В откосах, сложенных глинистыми породами, кроме угла внутреннего трения учитывается сцепление. Угол наклона таких откосов может быть больше угла внутреннего трения. На определенной высоте такие откосы могут быть вертикальными (так называемая предельная высота откоса). Для достижения откосом высоты большей, чем предельная высота откоса, его выполаживают.

В настоящее время известно более двухсот подходов к расчету устойчивости склонов. Заслуживает внимания классификация методов, основанная на определении параметров устойчивого откоса, предложенная М.Е. Певзнером [7, с. 168]. Всю совокупность методов можно разделить на пять классов.

К первому классу (класс А) относятся методы, которые можно назвать методами предельного равновесия. В данном случае речь идет об определении контура откоса, ограничивающего зону, во всех точках которой удовлетворяется условие предельного равновесия. Сюда относятся основной метод В.В. Соколовского, расчетные способы и схемы И.С. Мухина и А.И. Срагович, А.М. Сенкова и др.

Ко второму классу (класс Б) принадлежат методы, определяющие контур откоса, вдоль которого угол наклона касательной равен углу сопротивления сдвигу (методы Н.Н. Маслова, М.Н. Троицкой).

Третий класс методов (класс В) основан на определении поверхности скольжения, вдоль которой удовлетворяется условие предельного равновесия. В зависимости от формы поверхности скольжения, по которой производится расчет устойчивости откоса, выделяют пять групп методов:

1. По плоской поверхности скольжения (методы Л.Н. Бернацкого и П.Н. Цымбаревича).

2. По круглоцилиндрической поверхности скольжения (методы В. Феллениуса, Д. Тейлора, Н. Янбу, М.Н. Гольдштейна и др.).

3. По логарифмической спирали (методы Г. Крея – К. Терцаги, Р.Р. Чугаева, А. Бишопа, Г.М. Шахунянца, Е. Спенсера, Н. Моргенштерна – В. Прайса).

4. По поверхности скольжения сложной криволинейной формы (методы Л. Рендулика, Н.П. Пузыревского – П.И. Кожевникова, Ю.С. Козлова — В.П. Будкова, Г.Л. Фисенко, Л.В. Савкова, А.Г. Дорфмана, конечных элементов).

5. По поверхности скольжения ломаной формы (методы А.П. Ясюнас, Н.Н. Маслова, Р.Р. Чугаева).

Четвертый класс методов (класс Г) основан на поиске такой поверхности скольжения, вдоль которой удовлетворяется условие специального предельного равновесия (методы ВНИМИ – Г.Л. Фисенко, Н.Н. Куваева, Э.Л. Галустьяна, методы ГИГХС – М.Е. Певзнера; Э.Г. Газиева, В.И. Речицкого, Гидропроекта – Э.А. Фрейберга, ВНИИЦветмета – Л.В. Савкова, МГИ – П.Н. Панюкова, КарПи – И.И. Попова и Р.П. Окатова).

Пятый класс методов (класс Д) — методы, предусматривающие вероятностную оценку устойчивости откосов на основе статистических оценок определяющих факторов [7, с. 169].

Месторождения находятся в разных геологических и гидрогеологических условиях, поэтому универсального метода по определению устойчивости не существует. М.Е. Певзнером было предложено проводить анализ методов расчета устойчивости откосов на основе двух групп критериев: общих и частных.

Многообразие геологических и гидрогеологических особенностей разрабатываемых месторождений исключает существование какого-то универсального решения, пригодного для конкретных условий. Предложено проводить анализ методов расчета устойчивости откосов на основе двух групп критериев: общих и частных. Общие критерии определяют обоснованность

метода в теоретическом отношении, частные — возможность его использования в конкретных условиях [10, с. 329].

Общие критерии:

1. Метод должен обеспечить установление в массиве формы и положения определенной зоны, в каждой точке которой соблюдается условие предельного равновесия, величины и направления напряжений, действующих в этой зоне.

2. Метод должен позволить найти форму и положение в массиве наиболее слабой поверхности, отвечающей условию $\Sigma_{уд}/\Sigma_{сдв} = \min$ и уравнениям равновесия статики, а также величину и направление напряжений, действующих по этой поверхности $\Sigma_{уд}$ и $\Sigma_{сдв}$ — соответственно сумма удерживающих и сдвигающих сил.

Уравнения статики сводятся к следующему:

- сумма вертикальных реактивных сил должна равняться сумме активных сил веса сползающего откоса и нагрузки на откос;
- сумма моментов реактивных сил должна равняться сумме моментов активных сил;
- сумма горизонтальных сил должна равняться нулю.

В трех случаях коэффициент запаса может быть получен из уравнений статики:

1. Откос деформируется по поверхности ослабления, при этом угол откоса α больше угла наклона поверхности β , а β превышает угол внутреннего трения по этой поверхности φ' .

2. Откос сложен идеально связным материалом $\varphi' = 0$ и деформируется по круглоцилиндрической поверхности скольжения.

3. Откос сложен материалом с трением и сцеплением, деформируется по поверхности скольжения, имеющей форму логарифмической спирали.

В соответствии с частными критериями выбранный метод расчета должен:

- основываться на таком типе механико-математической модели горных пород, который наиболее полно отражает свойства реального массива в данных конкретных условиях;
- учитывать схему деформации реального откоса;
- принимать во внимание форму поверхности реального откоса;
- учитывать величину и направление внешних сил, действующих на реальный откос.

Метод может быть рекомендован для практического использования лишь при условии, что он удовлетворяет одному из общих критериев и четырем частным.

В результате анализа научно-технической литературы, посвященной проблеме устойчивости склонов, можно сделать вывод, что в настоящее время в России для расчетов устойчивости используют следующие методы:

- методы Г.Л. Фисенко (ВНИМИ);
- метод многоугольника сил;
- метод алгебраического суммирования;
- метод конечных элементов.

В качестве поверочных расчетов наибольшее распространение имеют методы, предполагающие круглоцилиндрическую поверхность скольжения (методы Бишопа, Ямбу, Спенсера).

При исследовании устойчивости уступов и бортов карьеров задача состоит в том, чтобы, зная пределы применения расчетных схем и их обоснованность в теоретическом отношении, наиболее полно учитывать совокупность природных условий месторождения и технологию горных работ [10, с. 329-331].

Для практических расчетов используются инженерные методы, основанные на установлении условий предельного равновесия по поверхностям скольжения, положение которых определяется путем последовательных приближений.

К числу инженерных относятся методы алгебраического суммирования сил по круглоцилиндрическим и монотонным криволинейным поверхностям и многоугольника сил. Используется также комбинации этих методов и методов предельного напряженного состояния [7, с. 170].

К недостаткам метода круглоцилиндрической поверхности скольжения и алгебраического сложения сил по монотонной криволинейной поверхности можно отнести занижение величин нормальных напряжений в области призмы активного давления и завышение в области призмы упора вследствие неучета реакций между смежными блоками. Это приводит к тому, что коэффициент запаса, рассчитанный методом алгебраического сложения сил, заведомо меньше фактического, а степень этого несоответствия зависит от высоты откоса, его угла и углов внутреннего трения пород и может колебаться от 3 до 20 %.

При высоте откосов до 100 м и небольших значениях углов трения пород ($\varphi < 20^\circ$) этот метод дает достаточно надежные результаты [7, с. 173, 174].

Оценку устойчивости откосов по наиболее слабой поверхности целесообразно производить методом касательных напряжений (метод Г.Л. Фисенко). Общее сопротивление сдвигу горных пород в каждой точке наиболее напряженной поверхности скольжения не разделяется на силы трения и сцепления. Величину общего сопротивления сдвигу определяют путем испытаний пород на срез при различных нормальных напряжениях и построения графика сопротивления сдвигу для каждого слоя породы.

Применение тех или иных методов зависит от геологического строения и условий залегания пород.

Метод алгебраического сложения сил применяется при следующих геологических условиях (см. приложение Б, табл. Б.1):

- породы представлены слоистой толщей с углом падения слоев до 5 градусов при отсутствии слабых пластичных слоев;

- породы представлены слоистой толщей при несогласном с наклоном борта падении слоев (угол падения слоев от 50° до 90°);
- многоярусные отвалы рыхлых пород на устойчивом основании;
- однородный (квазиизотропный) откос;
- породы представлены слоистой толщей при наклонном несогласном с наклоном борта падении слоев (падение слоев в сторону массива менее 50°).

Метод касательных напряжений применяется при следующих геологических условиях (см. приложение Б, табл. Б.2):

- борт сложен обводненными рыхлыми породами при условии $C = 0,5 \cdot H \cdot \gamma \cdot 1 - tg\varphi \cdot (1 - tg\varphi^2)$;
- борт является подтопленным;
- в основании борта залегает слой пластичных глин (слабое основание).

Метод многоугольника сил незаменим в следующих случаях (см. приложение Б, табл. Б.3):

- в борту имеется ряд неблагоприятно ориентированных поверхностей ослабления, поверхность скольжения имеет вид ломаной линии.
- отвалы находятся на слоистом основании.
- пологое залегание естественных поверхностей ослабления.
- наклонное и крутое согласное с откосом залегание слоев.
- горизонтально или пологозалегающий контакт (пластичный пропласток, слабый слой или тектоническое нарушение).

Таким образом, при простых инженерно-геологических условиях применяется метод алгебраического сложения сил. В средних и сложных инженерно-геологических условиях применяются методы касательных напряжений или многоугольника сил (таблица 1).

Таблица 1 – Применение методов расчета в зависимости от сложности ИГУ

Метод расчета	Сложность ИГУ		
	Простые	Средние	Сложные
Метод алгебраического сложения сил	+	-	-
Метод касательных напряжений	-	+	+
Метод многоугольника сил	-	+	+

Коэффициент запаса устойчивости откоса определяется как отношение удерживающих и сдвигающих сил. Любой метод предполагает определенные условия и допущения. Необходимо как можно полнее учитывать конкретные инженерно-геологические условия при выборе метода для расчета устойчивости [7, с. 186].

3.1.5 Исходные данные для расчета устойчивости карьерных откосов

Подготовка и выбор исходных данных, используемых в расчетах устойчивости откосов является наиболее важным и ответственным этапом при решении геомеханических задач.

Геологическая документация, предназначенная для решения геомеханических задач, должна включать:

- план (геологическую карту) месторождения и приконтурной полосы;
- характерные геологические разрезы приконтурной полосы, построенные в направлении, перпендикулярном к простиранию участка борта будущего карьера;
- геологические колонки разведочных скважин с детальным описанием керна для основных геологических комплексов горных пород.

Достоверность и надежность инженерно-геологических данных зависит не от общего объема исследований, а от их целенаправленности. Практическая ценность получаемых результатов тем выше, чем полнее исследованы

ослабленные и нарушенные участки. На них должно быть сосредоточено внимание исследователей. Общий объем бурения скважин зависит от сложности геологического строения месторождения и его размеров.

Отбор характерных геологических разрезов позволяет районировать участки бортов карьера по сходности инженерно-геологических условий и сосредоточить на них дальнейшие изыскания.

Таким образом, на стадии детальной разведки месторождения и проектирования карьера, в результате изучения керна геологических и инженерно-геологических скважин, получают предварительные инженерно-геологические данные, включающие:

- литологический состав, геологическое строение и структуру горных пород, их выдержанность в характерных разрезах;
- физико-механические свойства образцов горных пород (в монолите и по контактам), характеризующие весь прибортовой массив;
- размеры зон выветривания, дробления, смятия, аномального залегания пород;
- количество основных систем трещин и элементы их залегания, интенсивность трещиноватости пород;
- встреченные скважинами тектонические нарушения и крупные трещины, элементы их залегания;
- состояние поверхностей напластования, трещин, наличие, состав, свойства и мощность заполняющего их материала; мощность и состав покровных отложений; гидрогеологические условия.

К механическим характеристикам горных пород, используемым в геомеханических расчетах, относят:

- удельное сцепление в монолите (c) и по поверхностям ослабления (c');
- угол внутреннего трения в монолите (φ) и по поверхности ослабления (φ');

- временное сопротивление сжатию ($\sigma_{сж}$). При отсутствии данных по сцеплению его определяют из равенства $\sigma_{сж} = 2c \operatorname{ctg}(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$;
- общее сопротивление сдвигу τ глинистых пород [6, с. 74-81].

Массив горных пород является неоднородным телом. Учитывая эту неоднородность разработаны разные способы построения поверхности скольжения в зависимости от инженерно-геологических условий.

Определение поверхности скольжения выполняют в два этапа. На первом этапе строят ориентировочную поверхность скольжения. По этой поверхности скольжения рассчитывают средневзвешенные физико-механические свойства пород. Затем, учитывая инженерно-геологическое строение, определяют поверхность скольжения.

В качестве исходных данных для расчетов используются такие показатели физико-механических свойств грунтов как плотность (γ), угол внутреннего трения (φ), удельное сцепление (C). Для плотности и удельного сцепления вычисляются средневзвешенные значения ($\gamma_{ср}$), ($C_{ср}$).

По нормативным документам (Правила обеспечения...) принимается коэффициент запаса устойчивости (n). С помощью него вычисляются расчетные характеристики пород (C_n), (φ_n) по следующим формулам (2, 3):

$$C_n = \frac{C_{ср}}{n} \quad (2)$$

$$\varphi_n = \frac{\varphi_{ср}}{n} \quad (3)$$

Далее можно производить расчеты. Ранее расчеты производили вручную, в настоящее время существует значительное количество программных комплексов для производства расчетов устойчивости.

3.1.6 Схемы расчета устойчивости карьерных откосов ВНИМИ

Специалистами ВНИМИ разработаны 12 расчетных схем, учитывающих условия залегания пород. По условиям залегания пород выделяют благоприятное и неблагоприятное залегания поверхностей ослабления.

Отдельно можно выделить условие, при которых борт сложен из обводненных рыхлых пород или в основании борта находится слой пластичных глин (таблица 2).

Таблица 2 – Применение расчетных схем в зависимости от условий залегания пород

Условия залегания пород	Номер типовой схемы
1.Благоприятное залегание поверхностей ослабления	I, V, VI, IX.1, XII
2.Неблагоприятное залегание поверхностей ослабления	II, III, IV, VIII, IX.2, X, XI
3.Борт из обводненных рыхлых пород или слой пластичных глин в основании борта	VII

В приложении А (таблица А.1) представлены схемы ВНИМИ для расчетов устойчивости карьерных откосов, формируемых в различных геологических условиях.

Схема I. Применяется при определении высоты вертикального откоса и трещины отрыва при благоприятном залегании поверхностей ослабления (рисунок 4).

Несмотря на то, что вертикальные откосы в практике не используются, этот показатель важен для проведения других расчетов, а также при моделировании [7, с. 189].

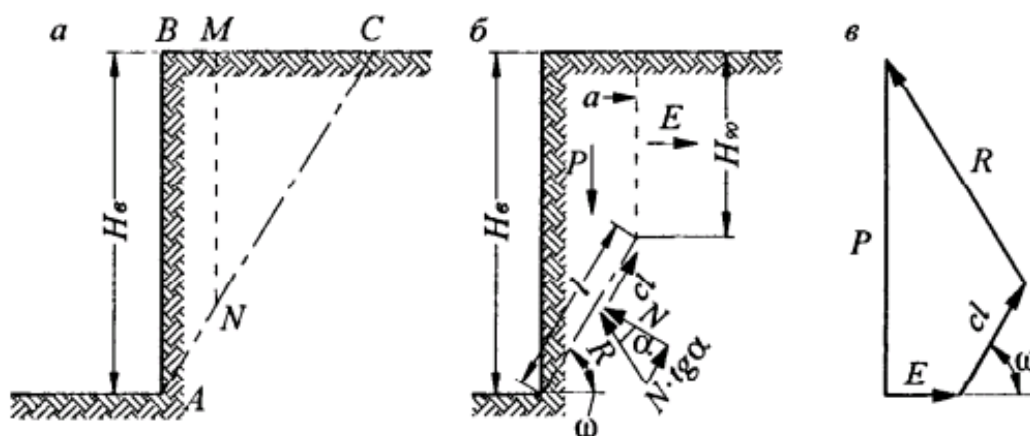


Рисунок 4 – Схемы к расчету предельной высоты вертикального обнажения горных пород
 P — сила веса блока; E — сопротивление отрыву по линии MN ; cl — сила сцепления по поверхности скольжения AN ; R — реакция со стороны наклонного основания блока, равная равнодействующей силы трения и нормальной составляющей веса блока

Схема II. Применяется при определении высоты уступов и бортов при неблагоприятном залегании поверхностей ослабления: падением в сторону выемки при $\beta > \varphi'$ (рисунок 5) [7, с. 193].

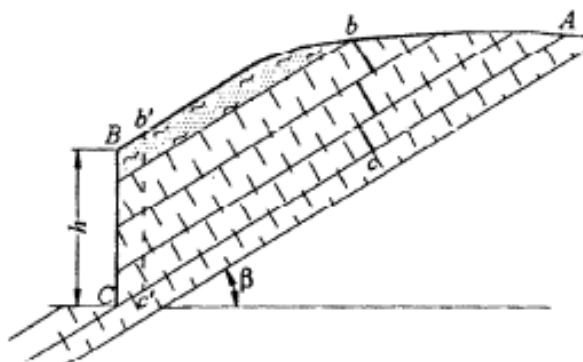


Рисунок 5 – Схема к расчету предельной высоты подрезки слоев

Схема III. Применяется при определении высоты уступов и бортов при неблагоприятном залегании поверхностей ослабления (падение поверхностей ослабления β в сторону выемки под углами, большими, чем угол внутреннего трения φ [7, с. 194].

Схема IV. Применяется при определении высоты уступов и бортов при неблагоприятном залегании поверхностей ослабления (когда углы β падающих поверхностей ослабления и пластов превышают угол внутреннего трения по контактам φ').

Схема V. В первом случае применяется при расчете параметров плоского борта при условии отсутствия неблагоприятно ориентированных поверхностей ослабления, используется алгебраическое сложение сил по круглоцилиндрической поверхности скольжения.

Во втором случае применяется при горизонтальном залегании слоев при отсутствии ослабленных контактов.

Схема VI. Применяется при определении параметров борта выпуклого профиля при отсутствии неблагоприятных поверхностей ослабления и пластичных слоев в основании (рисунок 6).

Схема также применима при расчете параметров многоярусных отвалов рыхлых пород на устойчивом основании. Расчет на предельное равновесие производится по круглоцилиндрическим или плавным криволинейным поверхностям, пересекающимся в нижней точке откоса, также используется метод предельного напряженного состояния [7, с. 197].



Рисунок 6 – Схема к расчету борта выпуклого профиля

Схема VII. Первая подсхема (VII.1) применяется для расчета устойчивости бортов, сложенных обводненными рыхлыми породами. Расчет производится методом алгебраического сложения сил по плавной криволинейной поверхности.

Вторая подсхема (VII.2) применяется при условии залегания в основании борта или отвала слоя пластичных глин.

Схема VIII. Схема находит свое применение при расчетах устойчивости бортов, в которых имеется ряд неблагоприятно ориентированных поверхностей ослабления, поверхность скольжения на профиле имеет вид ломаной линии. Расчеты производятся методом многоугольника сил.

Схема IX. Схема IX.1 применяется при расчете устойчивости борта висячего бока при горизонтальном или пологом залегании слоев. При угле залегания слоев менее 10° расчет производится методом алгебраического сложения сил на участке призмы активного давления. При угле залегания слоев более 10° расчеты ведутся методом многоугольника сил.

Схема X. Применяется при расчете устойчивости борта лежачего бока при условии $\varphi < \alpha < \beta < 80^\circ$. Верхняя часть поверхности скольжения совпадает с падением слоев, а нижняя совпадает с круглоцилиндрической поверхностью. Расчет ведется методом алгебраического сложения сил на участке призмы упора.

Схема XI. Применяется при мульдообразном залегании пород, когда угол наклона борта превышает угол внутреннего трения по поверхности ослабления.

Схема XII. Применяется в условиях, когда прибортовой массив сложен породами весьма крепкими слаботрещиноватыми или при небольшой высоте бортов и средней прочности пород.

Приведенные расчетные схемы являются достаточно простым и в то же время надежным инструментом для получения результатов необходимой точности.

3.2 Обоснование методов расчета устойчивости карьерных откосов на примере Июньского месторождения

3.2.1 Оценка факторов, влияющих на устойчивость карьерных откосов Июньского золотороссыпного месторождения

3.2.1.1 Физико-географические факторы

Участок недр Июньский находится в Гурьевском районе Кемеровской области на северо-восточном склоне Салаирского хребта.

Географические координаты геометрического центра – $54^{\circ}31'15.4''N$ $85^{\circ}20'52.4''E$. Абсолютные отметки рельефа 341-372 м, средний уклон поверхности – 0,02.

Местоположение объекта показано на обзорной схеме (приложение В, рисунок В.1). Границы объекта показаны на схеме (рисунок 7).

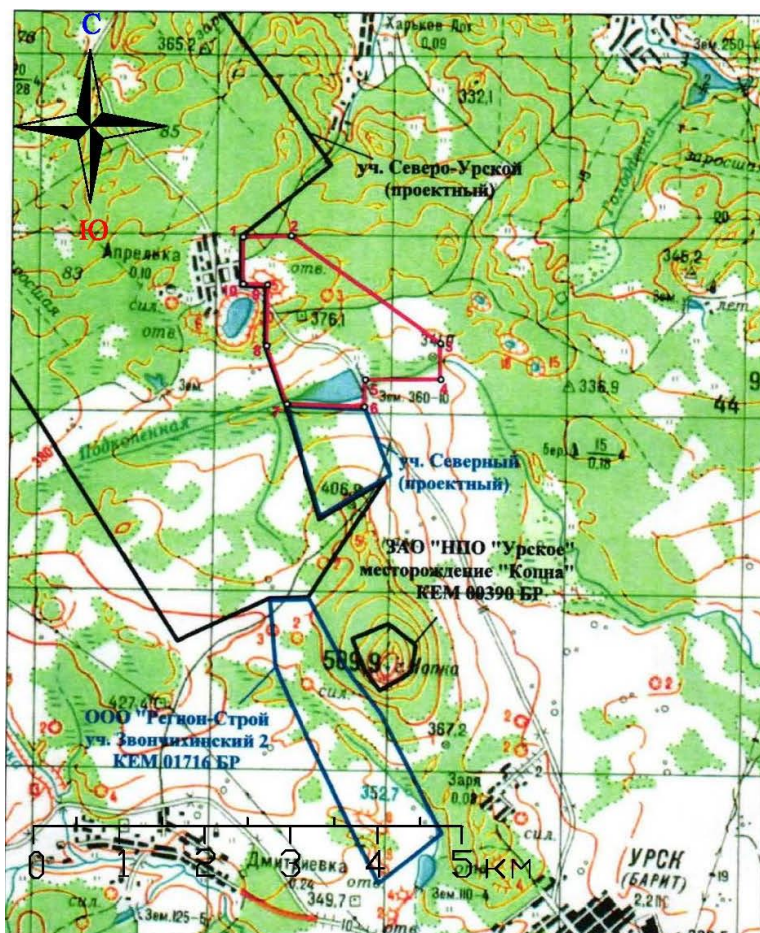


Рисунок 7 – Схема расположения участка Июньский (красный контур).

Ближайшими населенными пунктами являются пос. Урск (Балит), который расположен в 6 км юго-восточнее участка, пос. Апрелька, который

примыкает к западной границы участка, в 2 и 4 км соответственно северо-восточнее расположены поселки Харьков Лог и Ариничево.

Крупные населенные пункты, имеющие железнодорожные станции, такие как города Гурьевск и Белово, расположены юго-восточнее участка соответственно в 45 км и 62 км по прямой. От данных городов до участка имеются автомобильные дороги с твердым покрытием.

Расстояние до областного центра г. Кемерово по трассе составляет 155 км, а по прямой – 104 км.

Ближайшая метеостанция – село Красное.

Ближайшая метеостанция, данные по которой имеются в СП 131.13330.2012 – г. Киселевск (97 км от района изысканий).

Климат района резко континентальный с коротким жарким летом и продолжительной холодной зимой. Среднегодовая температура воздуха – плюс 0,5 °С, колеблется в пределах от минус 1,1 °С до плюс 1,9 °С. Среднемесячная температура февраля и июля (наиболее контрастных месяцев), соответственно, минус 18,7 °С и плюс 18,9 °С [52].

Годовое количество осадков колеблется от 303 мм до 474 мм. Главная масса осадков выпадает в виде дождя в летнее время. Снежный покров держится 180 дней в году. Мощность снежного покрова 0,6-0,8 м, в низинных местах она достигает 1,5-3,0 м. На возвышенных открытых местах покров отсутствует. Глубина промерзания почвы в низинных залесенных местах не превышает 0,4 м, на открытых возвышенностях она достигает 2,4 м. Вечной мерзлоты нет.

Господствующее направление ветров юго-западное. Максимальная скорость – 34 м/с. Скорость ветра 20 м/с бывает при температуре минус 25° С.

Рельеф района низкогорный, увалистый, пологосклонный. Абсолютные отметки водоразделов 320-380 м. Относительные превышения водоразделов над долинами рек 15-30 м. Местность слабо изрезана сухими балками, оврагами, с пологими склонами (рисунок 8).



Рисунок 8 – Общий вид местности

3.2.1.2 Инженерно-геологические факторы

Коренной плотик россыпи представлен отложениями печеркинской свиты нижнего кембрия и горскинской свиты среднего кембрия, прорванными редкими дайками диоритов и диабазов (преимущественно в юго-восточной части россыпи). Фрагмент геологической карты представлен в приложении Д.

Рыхлые отложения представляют собой *перемещенную кору выветривания* и включают: элювиально-делювиальные, элювиально-карстовые осадки мела-палеогена, делювиально-аллювиальные осадки неогена-нижнего плейстоцена, пролювиальные осадки кедровской свиты нижнего-среднего плейстоцена, делювиальные, пролювиально-делювиальные осадки бачатской свиты среднего-верхнего плейстоцена, аллювий верхнего плейстоцена-голоцена.

Участок месторождения локализуется в северо-восточном крыле погружающейся в север-северо-западном направлении антиклинальной складки. В результате проявления интенсивных пликативных дислокаций и надвиговых процессов, антиклиналь опрокинута – более ранние отложения печеркинской свиты (C_{1an}) налегают на более поздние отложения анчешевской

свиты (Є₁рč). В настоящее время структура участка представляет собой моноклинально залегающие под углами 40-60° породы печеркинской (висячий бок) и анчешевской (лежащий бок) свит, в целом ориентированные согласно общей ориентировке региональных структур – в север-северо-западном направлении.

Отложения печеркинской свиты представлены, в основном, в различной степени метаморфизованными кварцевыми порфирами, в зонах оруденения преобразованными в кварц-серицитовые или кварц-хлорит-серицитовые сланцы. В виде единичных прослоев среди кварцевых порфиров встречаются туфы среднего-кислого состава и мраморизованные известняки; мощность туфогенных прослоев от 1 до 22 м. Метаморфизм кварцевых порфиров проявился в виде интенсивной рассланцовки, серицитизации, хлоритизации, окварцевании, баритизации и, местами, интенсивной сульфидизации (в основном пирит). Подчиненное распространение имеют кварциты, развивающиеся по кварцевым порфирам. Незначительным распространением пользуются рассланцованные дайки диабазов печеркинского комплекса.

Отложения анчешевской свиты, представлены терригенно-карбонатной толщей, сложенной преимущественно известняками с редкими прослоями (мощность в первые десятки метров) серицитовых, кварц-серицитовых, хлоритовых, хлорит-серицитовых сланцев. Известняки светло-серого, белого цвета, мраморизованные мелко-среднезернистые, нередко с ясно выраженной слоистостью, с поверхности кавернозные; каверны выполнены бурым глинисто-песчаным материалом с мелкими жеодами бурого железняка или желтой и светло-серой песчанистой глиной (с примесью карбонатной «муки») [29].

В 2018 г. силами ООО «СГП-ЭКО» (г. Кемерово) были проведены инженерно-геологические изыскания. Типичный геолого-литологический разрез исследованной площадки на глубину 8,0-26,6 м представлен (сверху-вниз) следующими инженерно-геологическими элементами.

ИГЭ 2 (bQ_{IV}). Почвенно-растительный слой. Распространен грунт повсеместно, залегает в виде пласта мощностью 0,2-0,6 м.

ИГЭ 3а ($ad Q_{III-IV}$). Суглинок твердой консистенции, просадочный I типа.

Грунт залегает в верхней части разреза под почвой, редко под суглинком элемента 3б в виде выклинивающегося пласта, вскрытая мощность 1,7-6,3 м. Нижняя граница просадочности прослеживается на глубине 2,2-8,4 м от поверхности земли.

ИГЭ 3б ($ad Q_{III-IV}$). Суглинок твердой и полутвердой консистенции, в единичном случае тугопластичный. Грунт залегает в виде выклинивающегося пласта, вскрытая мощность 1,8-8,3 м.

ИГЭ 3в ($ad Q_{III-IV}$). Суглинок тугопластичной и мягкопластичной консистенции, в единичном случае текучепластичный. Грунт вскрыт на пониженных участках рельефа, залегает в виде выклинивающегося пласта, вскрытая мощность 1,8-20,2 м.

ИГЭ 4 ($d N-Q_{III}$). Суглинок полутвердой и тугопластичной консистенции с единичными прослоями и линзами песка. Грунт залегает в виде выклинивающегося пласта, вскрытая мощность 1,5-8,6 м.

ИГЭ 5 ($ed K_2-P$). Глина твердой консистенции с прослоями суглинка твердой консистенции, с включением дресвы и щебня до 25 %, с линзами глины дресвяной и суглинка дресвяного. Грунт залегает в виде выклинивающегося пласта, вскрытая мощность 0,7-13,2 м.

ИГЭ 6 ($e \epsilon_1-Q$). Грунт дресвяный с прослоями грунта щебенистого с глинистым и с песчаным заполнителем, влажный. Продукт выветривания известняков. Обломочный материал представлен известняком белого и серого цвета средней прочности. Щебня размером до 10 см содержится 27,7-70,8 %, дресвы размером 0,2-1,0 см содержится 8-28,2 %.

Грунт залегает в виде выклинивающегося пласта, вскрытая мощность 0,5-5,1 м.

ИГЭ 7 (€₁). Скальный грунт представлен известняком белого и серого цвета с редкими прослоями серицитовых, кварц-серицитовых сланцев, прорванными редкими дайками диоритов и диабазов. Обломочный материал средней прочности и прочный. Кровля скального грунта вскрыта на глубине 4,0-26,4 м (абс. отм. 316,70-354,75 м) от поверхности земли, вскрытая мощность 0,2-6,2 м [30].

В приложении Е представлены инженерно-геологический разрез и карта инженерно-геологических условий участка изысканий.

3.2.1.3 Гидрогеологические факторы

В гидрогеологическом отношении участок Июньский расположен на нижнекембрийских отложениях Салаирской зоны складчатости (ϵ_1^2). Данный участок недр слагают два водоносных горизонта:

- водоносный горизонт рыхлых четвертичных отложений;
- водоносный горизонт зоны трещиноватости нижнекембрийских отложений.

Водоносный горизонт рыхлых четвертичных отложений (adQ_{II-III}). Водовмещающими грунтами служат суглинки лессовидного типа слоя 3. Относительным водоупором служит аллювиальные суглинки слоя 4 и элювиально-делювиальные глины слоя 5. Данный водоносный горизонт залегает на глубинах от 0-20 м. Воды безнапорные.

Уровень подземных вод зафиксирован в юго-восточной части территории на глубине 1,4-5,6 м от поверхности земли, что соответствует абсолютным отметкам 336,60-340,65 м.

Юго-восточная часть участка Июньский приурочена к пойменной террасе р. Подкопенная. Подземные воды имеют тесную гидравлическую взаимосвязь с водами р. Подкопенная. Уровенный режим подземных вод определяется климатическими факторами и уровенным режимом реки: подъем уровня начинается после выпадения интенсивных осадков и начала паводка.

Коэффициент фильтрации суглинков слоя 3 по результатам выполненных экспресс-откачек составляет 0,044-0,070 м/сут (среднее значение 0,058 м/сут), коэффициент фильтрации грунтов относительного водоупора слоя 4 по справочным материалам составляет 0,001 м/сут, слоя 5 – 0,0001 м/сут.

По химическому составу подземные воды хлоридно-гидрокарбонатные с переменным катионным составом, минерализацией 0,3-0,4 г/л.

Анализ разрезов по речной долине позволяет сделать вывод, что река Подкопленная «подвешена» за счет высоких гипсометрических отметок и питает первый водоносный горизонт, постепенно растекаясь в стороны. Питание водоносного горизонта преимущественно за счет притока из реки Подкопленная, а также за счет инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка происходит путем инфильтрации в нижнекембрийские отложения второго водоносного горизонта.

Водоносный горизонт нижнекембрийских отложений (C_1^2). Водовмещающие породы представлены мраморизованными известняками, мраморами, доломитами, реже сланцами, эффузивами, кварцитами, полимиктовыми песчаниками. Данный водоносный горизонт залегает непосредственно под элювиально-делювиальными отложениями коры выветривания и рыхлым чехлом аллювиальных четвертичных отложений долины реки Подкопленная.

По материалам гидрогеологической карты дебит составляет 30,3 л/с (2618 тыс.м³/сут.) при понижении 5 м. По химическому составу воды гидрокарбонатные с минерализацией порядка 0,3 г/л. Воды от безнапорных до напорных. Питание водоносного горизонта смешанное, инфильтрационное, с преобладанием перетоков с гипсометрически высоких участков рельефа. Разгрузка происходит в бассейны рек Ур и Касьма [28].

3.2.2 Расчет параметров устойчивости откосов борта карьера

3.2.2.1 Реализация методики для оценки устойчивости борта карьера

В AutoCAD, системе автоматизированного проектирования и черчения, отстраиваются сечения. Для каждого сечения рассчитываются, затем строятся поверхности скольжения, и проводится расчет коэффициента запаса устойчивости n , который определяется как отношение сумм сил, удерживающих откос, к силам, его сдвигающим по поверхности скольжения.

Все сечения последовательно загружаются в AutoCAD в новую систему координат, сохраняя контур поверхности. В Microsoft Excel вводим контур исследуемого борта в координатах X (подошва борта) и H (высота борта). Значение этого коэффициента представляют на графике в зависимости от координаты X контура поверхности.

Таким образом, можно оценивать устойчивость борта любой конфигурации.

3.2.2.2 Исходные физико-механические характеристики пород

С точки зрения грунтовых строительных материалов особый интерес представляют глинистые грунты, в рассматриваемом случае представленные ИГЭ 3а, ИГЭ 3б, ИГЭ 3в, ИГЭ 4, ИГЭ 5.

Прочностные свойства пород приняты на основе результатов инженерно-геологических изысканий золотороссыпного месторождения участка недр Июньский, выполненных в 2018 году инженерно-геологическим отделом ООО «СГП-ЭКО» [30].

Результаты лабораторных исследований приведены в таблице Г.1 (приложение Г).

При расчетах параметров бортов и уступов были использованы средневзвешенные физико-механические характеристики массива вмещающих пород, определенные с учетом процентного соотношения различных литотипов пород, слагающих участки борта по наиболее напряженной поверхности скольжения, отстраиваемой на характерных геологических разрезах. Для

упрощения дальнейших расчетов ИГЭ 3а, 3б и 3в были объединены в один слой 3 «суглинок бурый аллювиально-делювиальный легкий пылеватый», по которому были определены средневзвешенные значения. Для единообразия названий остальные геолого-литологические разности принято было называть слоями: вместо ИГЭ 4 – «суглинок бурый и темно-бурый аллювиальный легкий пылеватый», вместо ИГЭ 5 – «глина элювиально-делювиальная легкая пылеватая».

Средневзвешенные расчетные физико-механические характеристики пород были определены по следующим формулам (4, 5, 6) [15]:

$$C_{\text{ср.вз.}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times l_i}{\sum_{i=1}^n l_i}, \quad (4)$$

$$\gamma_{\text{ср.вз.}} = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i \times m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (5)$$

$$\text{tg } \varphi_{\text{ср.вз.}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{tg } \varphi_i \times \sigma_i \times l_i}{\sum_{i=1}^n \sigma_i \times l_i}, \quad (6)$$

где γ_i – объемный вес отдельных литологических разностей пород, т/м³;

C_i – сцепление отдельных литологических разностей пород, т/м²;

l_i – длина отрезков наиболее напряженной поверхности скольжения, пересекающей отдельные литологические разности пород, м;

m_i – мощность отдельных литологических разностей пород, м;

φ_i – угол внутреннего трения отдельных литологических разностей пород, град;

σ_i – нормальные напряжения для отдельных литологических разностей пород, т/м².

Значения средневзвешенных физико-механических характеристик пород приведены в таблице 3.

Таблица 3– Средневзвешенные физико-механические свойства пород

Типы пород	Плотность, т/м ³	Угол внутреннего трения, град.	Сцепление в массиве, т/м ²
Суглинок бурый аллювиально-делювиальный легкий пылеватый	1,91	18	1,0
Суглинок бурый и темно-бурый аллювиальный легкий пылеватый	1,99	20	3,3
Глина элювиально-делювиальная легкая пылеватая	2,00	14	10,0

По нормативным документам принимается коэффициент запаса устойчивости (n). Согласно «Методическим указаниям...» для бортов на предельном контуре коэффициент запаса устойчивости составляет $n = 1,3$.

С помощью коэффициента запаса устойчивости вычисляются расчетные характеристики пород (C_n), (φ_n) по формулам (2, 3).

Так как дальнейшие расчеты предполагается вести в программном комплексе Rocscience Slide 6.0, необходимо перевести единицы измерения из t в kH и $kПа$. Полученные значения сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – Средневзвешенные физико-механические свойства пород с учетом коэффициента запаса устойчивости $n = 1,3$.

Типы пород	Плотность		Угол внутреннего трения, град.	Сцепление в массиве	
	т/м ³	кН/м ³		т/м ²	кПа
Суглинок бурый аллювиально-делювиальный легкий пылеватый	1,91	18,72	13,85	0,77	7,54
Суглинок бурый и темно-бурый аллювиальный легкий пылеватый	1,99	19,50	15,38	2,54	24,88
Глина элювиально-делювиальная легкая пылеватая	2,00	19,60	10,77	7,69	75,38

3.2.2.3 Влияние сейсмического воздействия

В районах, для которых сила землетрясения оценивается в 7 баллов и выше, расчеты производятся с учетом сейсмичности.

Интенсивность сейсмических воздействий в баллах (сейсмичность) для района строительства следует принимать на основе комплекта карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-2015), утвержденных Российской академией наук. Указанный комплект карт предусматривает осуществление антисейсмических мероприятий при строительстве объектов и отражает карта А – 10 %, карта В – 5 %, карта С – 1 % вероятности возможного превышения (или 90 %, 95 % и 99 % вероятности непревышения) в течение 50 лет указанных на картах значений сейсмической интенсивности [53].

Расчетная сейсмическая активность Кемеровской области (город Салаир) по картам ОСР-2015 – А составляет 6 баллов, по карте ОСР-2015 – В – 7 баллов, по карте ОСР-2015 – С – 8 баллов. Для расчетов устойчивости принимается максимальная величина сейсмичности – 8 баллов [53].

Сейсмические воздействия рассматриваются как дополнительные горизонтальные и вертикальные нагрузки в оползневом массиве.

Сейсмическую нагрузку на скальные массивы, образующие склоны, следует определять по формуле 7:

$$S_{\Pi} = AK_1Q_{\Pi}K_h \quad (7)$$

где K_h – коэффициент, зависящий от глубины h заложения сооружения;

Q_{Π} – вес породного свода;

K_1 – коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения сооружений ($K_1 = 0,25$);

A – коэффициент, значение которого следует принимать для расчетной сейсмичности (для сейсмичности 8 баллов $A = 0,2$).

Таким образом, учитывая коэффициенты, получим следующий вид (формула 8):

$$S_{\Pi} = 0,05Q_{\Pi} . \quad (8)$$

Направление сейсмической силы рекомендуется считать наиболее неблагоприятным. В связи с этим принимается, что силы сейсма в каждом отсеке оползневого блока направлены параллельно основанию отсека, то есть совпадают с направлением сдвигающей силы в этом отсеке. Тогда при разбивке оползневого блока на отсеки сейсмические силы будут учитываться в отдельности при рассмотрении каждого отсека (складываться со сдвигающими силами).

Влияние сейсмической нагрузки на массив вмещающих пород при расчете будет выражаться в увеличении сдвигающих сил на величину породного свода по блокам.

В анизотропном массиве в зоне обыкновенного равновесия, где поверхность скольжения пересекает слои, совместная работа слоев с разными характеристиками учитывается, согласно «Методическим указаниям...», следующим образом:

- а) строится откос и наиболее напряженная поверхность скольжения;
- б) призма возможного обрушения разбивается на блоки шириной b_i и рассчитывается нормальная N_i и касательная $T_{сдвi}$ составляющие веса P_i каждого блока, действующие на отрезок поверхности скольжения l_i в блоке под углом ρ_i ;
- с) определяется коэффициент запаса устойчивости как отношение удерживающих сил к сдвигающим силам (в которые добавляется величина сейсмической силы) и сравнивается с нормативным коэффициентом.

3.2.2.4 Результаты расчетов

Для целей проектирования карьера грунтовых строительных материалов важно определить угол устойчивого откоса при заданной высоте. В данном случае минимальная высота была принята 5 м, а максимальная – 20 м.

Инженерно-геологические условия участка Июньский золотороссыпного месторождения с точки зрения устойчивости характеризуются отсутствием неблагоприятно ориентированных поверхностей ослабления, таких как слоистость, сланцеватость, тектонические нарушения и крупные трещины, с которыми может совпадать поверхность скольжения. Кроме этого углы залегания геолого-литологических слоев 3, 4, 5 меньше углов внутреннего трения названных слоев.

При благоприятном залегании поверхностей ослабления используются следующие схемы ВНИМИ – I, V, VI, IX.1, XII.

Для определения угла откоса при известной высоте или высоты при известном угле, при отсутствии в приоткосном массиве поверхностей ослабления, используется схема V ВНИМИ [11].

Расчеты проводились методом алгебраического сложения сил по круглоцилиндрической поверхности скольжения отдельно для каждого геолого-литологического слоя (суглинок бурый аллювиально-делювиальный легкий пылеватый, суглинок бурый и темно-бурый аллювиальный легкий пылеватый и глина элювиально-делювиальная легкая пылеватая) в программном комплексе Slide 6.0 Rocscience (далее – Программный комплекс) с использованием метода Бишопа.

При определении параметров устойчивых откосов карьера были использованы расчетные характеристики прочности пород и характеристики сопротивления пород сдвигу по поверхностям ослабления, которые получают путем введения в прочностные характеристики коэффициента запаса устойчивости.

Согласно «Методическим указаниям...», величину коэффициента запаса устойчивости откосов определяет ряд факторов, среди которых основными являются:

- надежность определения механических характеристик пород и их изменчивости во времени;

- погрешность в определении сопротивления сдвигу массива за счет его трещиноватости;
- точность методов расчета [11].

Согласно «Правилам...», для бортов на предельном контуре коэффициент запаса устойчивости составляет $n = 1,3$ [15].

В таблице 5 приведены результаты расчетов коэффициента устойчивости с учетом сейсмического воздействия и без него.

Таблица 5 – Значения расчетного коэффициента устойчивости в зависимости от сейсмического воздействия

Характеристика пород, слагающих элементы борта	Значения расчетного коэффициента устойчивости при высоте борта (м)							
	5		10		15		20	
	без учета сейсмического воздействия	с учетом сейсмического воздействия	без учета сейсмического воздействия	с учетом сейсмического воздействия	без учета сейсмического воздействия	с учетом сейсмического воздействия	без учета сейсмического воздействия	с учетом сейсмического воздействия
Суглинок бурый аллювиально-делювиальный легкий пылеватый	1,105	1,006	1,148	1,000	1,139	0,983	1,148	0,974
Суглинок бурый и темно-бурый аллювиальный легкий пылеватый	1,238	1,186	1,069	1,001	1,080	0,999	1,099	0,994
Глина элювиально-делювиальная легкая пылеватая	3,250	3,107	1,657	1,579	1,153	1,100	1,046	1,005

Путем многочисленных расчетов с учетом коэффициента сейсмичности и без него получена закономерность: при определении параметров устойчивости с учетом сейсмического воздействия (для сейсмичности 8 баллов), коэффициент запаса устойчивости уменьшается в 1,15 раза – для суглинка бурого; в 1,07 раза – для суглинка аллювиального; в 1,05 раза – для глины.

Наибольшее уменьшение коэффициента запаса устойчивости с учетом сейсмического воздействия наблюдается у суглинка аллювиально-делювиального, что связано с наименьшим показателем удельного сцепления этого грунта.

Далее были произведены расчеты по определению параметров устойчивого карьерного откоса, а именно таких как высота и угол наклона при заданном коэффициенте запаса устойчивости.

Работа выполнялась следующим образом. В Программном комплексе создавалась модель грунтового массива, которой присваивались имеющиеся исходные данные – расчетные значения угла внутреннего трения, удельного сцепления. Потом в модели откосу задавался определенный угол наклона и рассчитывался коэффициент устойчивости $n_{\text{расч}}$. Если расчетный коэффициент устойчивости получался больше 1,05, то угол увеличивали, если меньше 0,95, то угол уменьшали и снова выполняли расчет [3, с. 113]. Путем многочисленных расчетов были получены значения расчетных коэффициентов устойчивости, удовлетворяющие выражению $0,95 < n_{\text{расч}} < 1,05$, при высоте борта 5, 10, 15, 20 м для каждого вида грунта (приложение К).

Результаты расчетов параметров устойчивости бортов и их элементов приведены в таблице 6 и на рисунке 9.

Наибольший допустимый угол откоса наблюдается у глины, потом идет суглинок аллювиальный. Наименьшее значение угла наклона – у суглинка аллювиального-делювиального. Полученные результаты объясняются жесткой обратной зависимостью, существующей между величиной коэффициента запаса устойчивости и параметрами карьерного откоса: чем больше угол наклона откоса, тем меньше коэффициент запаса устойчивости и допустимая высота.

Таблица 6 – Параметры устойчивости бортов карьера

Характеристика пород, составляющих элементы борта	Углы наклона борта (град.) при их высоте (м)			
	5	10	15	20
Суглинок бурый аллювиально-делювиальный легкий пылеватый	37	24	19	16,5
Суглинок бурый и темно-бурый аллювиальный легкий пылеватый	90	62	42	34
Глина элювиально-делювиальная легкая пылеватая	90	90	90	78

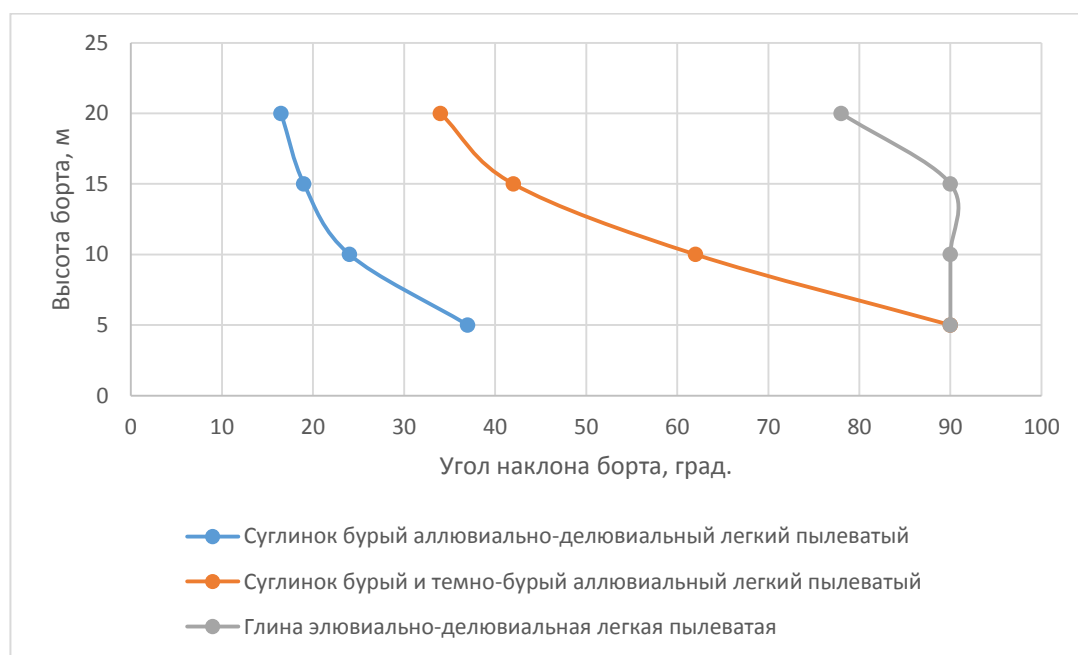


Рисунок 9 – Параметры устойчивости бортов карьера

Согласно техническому отчету по инженерно-геологическим изысканиям водовмещающими грунтами служат суглинки лессовидного типа слоя 3 [30].

Методом моделирования в Программном комплексе оценим влияние подземных вод на параметры устойчивости карьерного откоса, сложенного суглинком бурым аллювиально-делювиальным. В модель грунтового массива добавляем водоносный горизонт. Далее в модели откосу задавался определенный угол наклона и рассчитывался коэффициент устойчивости $n_{\text{расч}}$. Если расчетный коэффициент устойчивости получался больше 1,05, то угол увеличивали, если меньше 0,95, то уголь уменьшали и снова выполняли расчет.

Путем многочисленных расчетов были получены значения расчетных коэффициентов устойчивости, удовлетворяющие выражению $0,95 < n_{\text{расч}} < 1,05$, при высоте борта 5, 10, 15, 20 м для суглинка бурого аллювиально-делювиального. Результаты расчетов представлены в табличном и графическом виде (таблица 7 и рисунок 10).

Таблица 7 – Параметры устойчивого борта карьера с учетом влияния водоносного горизонта

Характеристика пород, составляющих элементы борта	Углы наклона борта (град.) при их высоте (м)			
	5	10	15	20
Суглинок бурый аллювиально-делювиальный легкий пылеватый	22	11	8	7

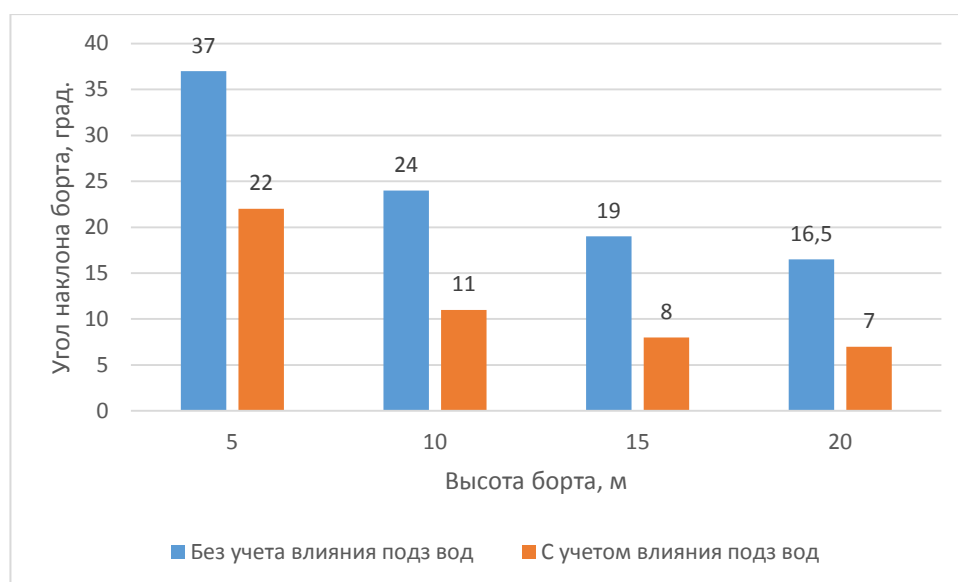


Рисунок 10 – Влияние водоносного горизонта на параметры устойчивого борта карьера, сложенного суглинком бурым аллювиально-делювиальным

Таким образом, формирование водоносного горизонта оказывает существенное влияние на коэффициент устойчивости водовмещающего грунта (суглинок бурый аллювиально-делювиальный). Это ведет к изменению параметров устойчивого карьера: допустимые углы наклона борта уменьшаются приблизительно в два раза.

В результате проведенного исследования была осуществлено знакомство с теоретическими основами устойчивости карьерных откосов, выполнен краткий обзор существующих методов расчета устойчивости. На конкретном примере (Июньское месторождение Кемеровской области) выполнено определение параметров устойчивого карьерного откоса, осуществлена оценка влияния гидрогеологического фактора на изменения параметров устойчивого откоса.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Устав научно-технического проекта

Цели и результат проекта

В настоящее время наблюдается рост объемов строительных работ, что в свою очередь, отражается на увеличении объемов инженерных изысканий, и, в частности, инженерно-геологических. Существующая нормативная база устанавливает минимум требований, обязательных к выполнению при проведении инженерно-геологических изысканий – при выполнении изысканий на территории, подверженной склоновым процессам, обязательным условием является проведение расчета устойчивости склонов и подготовка заключения о его устойчивости. При добыче полезного ископаемого открытым способом очень часто встает вопрос о попутной добыче грунтовых строительных материалов и расчете устойчивости бортов проектируемого карьера. В инженерной геологии накоплен значительный методологический потенциал, позволяющий выполнить предварительное определение параметров устойчивости карьерного откоса уже на стадии изысканий. Это дает возможность на предпроектной стадии принимать решения, оптимизирующие процесс основного проектирования. В то же время, данное обстоятельство выгодно отличает исполнителя от конкурентов и является значительным конкурентным преимуществом.

Цель работы – определение особенности применения методов расчета устойчивости карьерных откосов в разных инженерно-геологических условиях.

Результат - параметры устойчивого откоса карьера на участке Июньский золоторудного месторождения в Кемеровской области.

Область применения лежит в сфере камерального этапа инженерно-геологических изысканий.

Целевая аудитория результата научно-технического исследования представлена юридическими лицами Сибирского федерального округа,

ведущими свою деятельность в сфере добычи полезных ископаемых открытым способом, а также в проектно-изыскательском сопровождении этой деятельности (таблица 8).

Таблица 8 – «Портрет» потребителя НТИ

Параметры	Краткое описание
Организационно-правовая форма	Юридические лица
Географическое местоположение	Сибирский федеральный округ
Отрасль экономики	Горно-добывающая промышленность
Вид деятельности	Добыча полезных ископаемых открытым способом; архитектурно-строительное проектирование; инженерные изыскания

Реальные пользователи разрабатываемого решения представлены инженерами-геологами, выполняющими камеральную обработку и составление отчета по инженерно-геологическим изысканиям. Круг потенциальных пользователей дополняется инженерами-проектировщиками, специалистами маркшейдерской службы действующих предприятий по добыче полезных ископаемых открытым способом (таблица 9).

Объект данной ВКР (расчет устойчивости) относится к камеральному этапу инженерно-геологических изысканий. В то же время исходные данные для проведения расчетов являются результатом полевых и лабораторных работ. В связи с этим было принято решение расширить границы раздела и включить в него полевой, лабораторный и камеральный этапы.

Цели и результат проекта в области ресурсоэффективности представлены в таблице 10.

Таблица 9 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Инженеры-геологи изыскательских организаций	Ознакомление с методикой расчета устойчивости карьерных откосов

Продолжение таблицы 9

Инженеры-проектировщики	Своевременное получение параметров устойчивого карьерного откоса для принятия проектных решений на предпроектной стадии
Специалисты маркшейдерской службы предприятий	Своевременное получение параметров устойчивого карьерного откоса при принятии решений для безопасной эксплуатации объектов открытой геотехнологии

Таблица 10 – Цели и результат проекта в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения

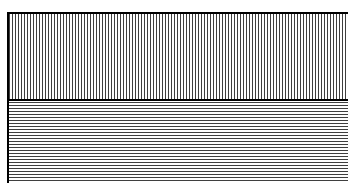
Цели проекта:	1. Сократить сроки выполнения расчетов устойчивости. 2. Сократить сроки выполнения проектных работ. 3. Повысить экономическую целесообразность расчетов устойчивости.
Ожидаемые результаты проекта:	1. Экономия временных затрат при выполнении расчетов устойчивости. 2. Экономия временных затрат при выполнении проектных работ. 3. Повышение рентабельности проектно-изыскательских работ.
Критерии приемки результата проекта:	Соответствие результатов целям проекта.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Сокращение общего времени на выполнение расчетов устойчивости на 10 %
	Сокращение сроков выполнения проектных работ на 5%
	Повышение рентабельности проектно-изыскательских работ на 5 %

Сегментирование ранка – разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Сегментируем рынок по следующим критериям: вид заказчика (недропользователь или проектная организация); вид услуги (комплексный продукт, инженерные изыскания, расчет устойчивости откосов). Данные представим в таблице 11.

Таблица 11 – Карта сегментирования рынка услуг по выполнению инженерных изысканий и расчету устойчивости откосов

		Услуга (продукт)		
		Комплексный продукт (изыскания+расчет устойчивости)	Инженерные изыскания	Расчет устойчивости откосов
Заказчики	Недропользователи			
	Проектные организации			



Фирма А – работает в сфере инженерных изысканий

Фирма Б – работает в сфере геомеханики (расчет устойчивости)

По результату сегментирования рынка видно, что сегмент по предложению комплексных услуг не занят. Таким образом, целесообразно рассмотреть возможность разработки комплексного продукта, сочетающего инженерные изыскания и расчет устойчивости откосов, который, при соответствующем обосновании, должен быть интересен как недропользователям, так и проектным организациям.

Организационная структура проекта

Состав рабочей группы и роль каждого участника представим в табличной форме (таблица 12).

Таблица 12 – Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
Крамаренко В.В., ТПУ, ИШПР, доцент	Руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта, координирует деятельность участников проекта	30
Волкова А.Л., ТПУ, ОСГН ШБИП, ассистент	Эксперт проекта	Консультация по вопросам ресурсоэффективности и ресурсосбережения при реализации проекта	10
Атепашева Н.А., ТПУ, ИГПД ИК, ст. преподаватель	Эксперт проекта	Консультация по вопросам охраны труда и экологической безопасности при реализации проекта	10
Будников А.А., ООО «СГП-ЭКО», ГИП, магистрант	Исполнитель по проекту	Реализация проекта	450

Анализ конкурентных технических решений

Проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки с помощью оценочной карты. Для этого отберем две организации, осуществляющих деятельность отдельно в сфере инженерных изысканий (условно Бк1) и в сфере геомеханического обоснования расчетов устойчивости карьерных откосов (условно Бк2). Третья организация (Бф) осуществляет деятельность в сфере инженерных изысканий, но в качестве продукта предлагает комплексный подход – расчет устойчивости на основании выполненных собственными силами инженерных изысканий.

Позиция продукта каждой организации оценивается по показателям экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумму должны составлять 1.

Среди технических критериев оценки ресурсоэффективности выделим следующие:

1. Повышение производительности труда пользователя. По данному критерию организация Бф проигрывает, т.к. комплексность работ снижает производительность, а специализация ее увеличивает.

2. Удобство в эксплуатации. Для заказчика комплексный подход всегда предпочтителен, поэтому организация Бф выигрывает у конкурентов.

3. Энергоэкономичность. Комплексность всегда ведет к экономии энергозатрат, организация Бф получает более высокую оценку.

4. Надежность. По данному критерию организация Бф уступает, т.к. комплексность, учитывая предпроектный этап работ, снижает надежность расчетов.

К экономическим критериям оценки эффективности отнесем следующие:

1. Конкурентоспособность продукта. Комплексный продукт более конкурентоспособен, этим организация Бф выигрывает у конкурентов.

2. Цена. При создании комплексного продукта возможности для оптимизации материальных затрат больше, Бф получает более высокую оценку.

3. Срок выполнения работ. При создании комплексного продукта возможности для оптимизации временных затрат больше (за счет независимости от исходных данных, которые находятся в рамках одной организации), Бф получает более высокую оценку.

4. Уровень проникновения на рынок. Новому продукту только предстоит занять место на рынке, в то же время существующие продукты уже занимают на рынке определенное место. Бф получает меньшую оценку.

Полученные результаты сведем в таблицу 13. В строке «Итого» указана сумма всех конкурентоспособностей по каждой организации. Анализ технических и экономических критериев показал, что организация, предлагающая комплексный продукт (Бф) обладает преимуществом по сравнению с конкурентами.

Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,10	4,00	5,00	5,00	0,40	0,50	0,50
2. Удобство в эксплуатации	0,10	5,00	3,00	3,00	0,50	0,30	0,30
3. Энергоэкономичность	0,10	5,00	4,00	4,00	0,50	0,40	0,40
4. Надежность	0,26	4,00	5,00	5,00	1,04	1,30	1,30
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,11	5,00	4,00	3,00	0,55	0,44	0,33
2. Цена	0,15	5,00	4,00	4,00	0,75	0,60	0,60
3. Срок выполнения работ	0,13	5,00	4,00	4,00	0,65	0,52	0,52
4. Уровень проникновения на рынок	0,05	3,00	5,00	5,00	0,15	0,25	0,25
Итого	1,00				4,54	4,31	4,20

FAST-анализ

Суть FAST-анализа базируется на том, что затраты, связанные с созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации, и дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат, которые возникают из-за введения ненужных функций, не имеющих прямого отношения к назначению объекта, или связаны с несовершенством конструкции, технологических процессов, применяемых материалов, методов организации труда и т.д.

Объектом FAST-анализа выступают методы расчета устойчивости карьерных откосов.

Определим главную, основную и вспомогательную функции. Результаты внесем в таблицу 14.

Таблица 14 – Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование этапа работ	Выполняемая функция	Ранг функции		
		Главная	Основная	Вспомогательная
Определение параметров устойчивого карьерного откоса	Безопасность при ведении добычи полезных ископаемых открытой геотехнологией	X		
Полевые и лабораторные работы	Получение исходных данных для расчетов		X	
Определение поверхности скольжения (вручную)	Направляющая			X
Поверочный расчет (вручную)	Гарантирующая			X

Определим значимость выполняемых функций, результат представим в таблицах 15 и 16.

Таблица 15 – Матрица смежности функций

	Безопасность при ведении добычи полезных ископаемых открытой геотехнологией	Получение исходных данных для расчетов	Направляющая	Гарантирующая
Безопасность при ведении добычи полезных ископаемых открытой геотехнологией	=	>	>	>
Получение исходных данных для расчетов	<	=	>	>
Направляющая	<	<	=	=
Гарантирующая	<	<	=	=

Таблица 16 – Матрица количественных соотношений функций

	Безопасность при ведении добычи полезных ископаемых открытой геотехнологией	Получение исходных данных для расчетов	Направл.	Гарантир.	Итого	Относительная значимость
Безопасность при ведении добычи полезных ископаемых открытой геотехнологией	1	1,5	1,5	1,5	5,5	0,34
Получение исходных данных для расчетов	0,5	1	1,5	1,5	4,5	0,28
Направляющая	0,5	0,5	1	1	3	0,19
Гарантирующая	0,5	0,5	1	1	3	0,19
					16	1,00

Выполним анализ стоимости функций с применением метода трудозатрат. Расчет стоимости функций представим в таблице 17.

Таблица 17 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование этапа работ	Выполняемая функция	Стоимость сырья и материалов, руб.	Амортизация оборудования, руб.	Заработная плата, руб.	Отчисления в фонды, прямые расходы, накладные, руб.	Себестоимость, руб.	Относительные затраты
1	2	3	4	5	6	7	8
Определение параметров устойчивого карьерного откоса	Безопасность при ведении добычи полезных ископаемых открытой геотехнологией	1141,88	123,29	9250,00	11581,00	22096,16	0,07

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6	7	8
Полевые и лабораторные работы	Получение исходных данных для расчетов	6247,50	14169,46	92666,67	165018,67	278102,30	0,90
Определение поверхности скольжения (вручную)	Направляющая	228,38	24,66	1850,00	2316,20	4419,23	0,01
Поверочный расчет (вручную)	Гарантирующая	152,25	16,44	1233,33	1544,13	2946,16	0,01
Итого						307 563,85	1,00

На основании полученных данных построим функционально-стоимостную диаграмму (рисунок 11).

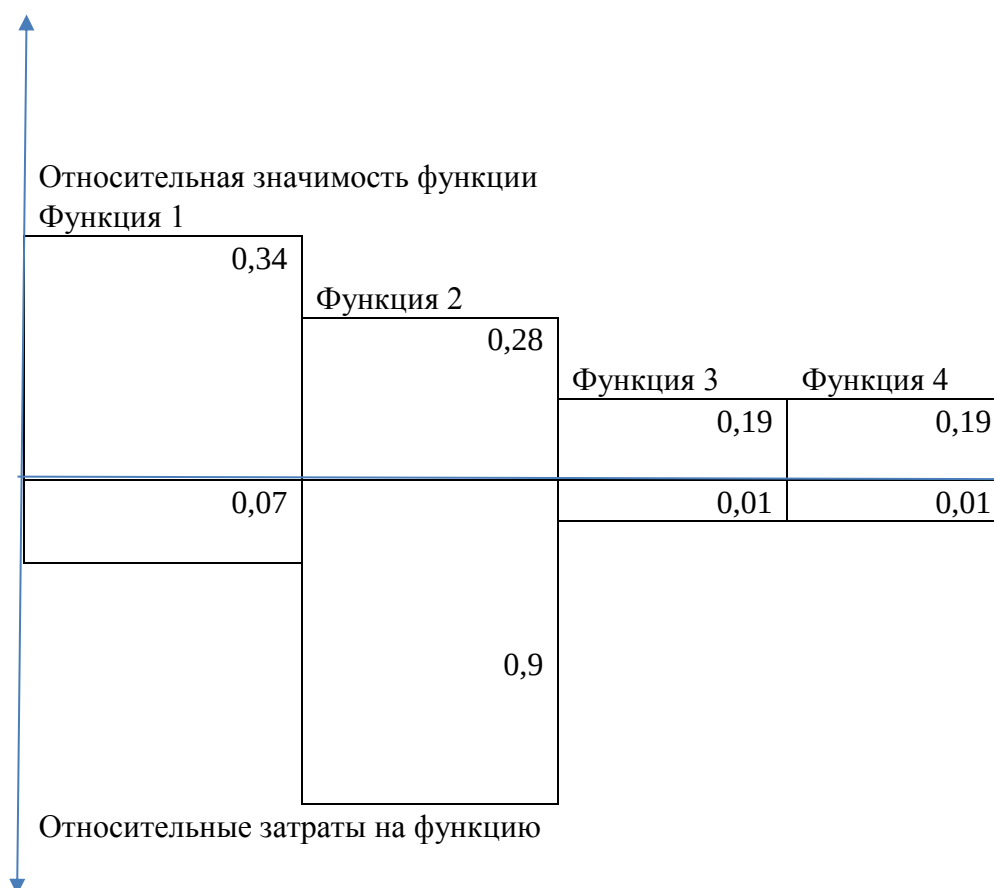


Рисунок 11 – Функционально-стоимостная диаграмма

На диаграмме отмечена диспропорция между важностью функции 2 (полевые и лабораторные работы) и затратами на нее.

В качестве оптимизации можно предложить сокращение сроков полевых работ за счет повышения производительности буровых работ. Повышение производительности предполагается достичь следующими методами:

- приобретение новой буровой установки, что позволит сократить время простоя при поломках;
- частичный перевод полевой бригады на сдельную оплату (премирование за досрочное выполнение работ);
- повышение квалификации сотрудников путем прохождения дополнительного обучения.

SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, применяется для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Перечислим сильные и слабые стороны проекта, возможности и угрозы. Результат сведем в матрицу SWOT (таблица 18).

Таблица 18 – матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность	Сл1. Необходимость наработки клиентской базы
	С2. Более низкая стоимость по сравнению с конкурентными предложениями	Сл2. Снижение надежности за счет комплексности
	С3. Более сжатые сроки выполнения по сравнению с конкурентными предложениями	Сл3. Необходимость приобретения специального программного обеспечения для расчета устойчивости
	С4. Комплексность (клиенториентированность)	Сл4. Необходимость дополнительного обучения сотрудников
Возможности:		
В1. Появление спроса со стороны недропользователей и проектных организаций		
В2. Сокращение сроков проектирования		

Продолжение таблицы 18

В3. Благоприятная ситуация на рынке (не занятость ниши)		
В4. Использование возможности по привлечению молодых специалистов		
Угрозы:		
У1. Введение дополнительных государственных требований к определенным видам деятельности (запрещение их совмещения)		
У2. Повышение стоимости специального программного обеспечения		
У3. Снижение стоимости в связи с усилением конкуренции в перспективе		
У4. Увеличение налоговой нагрузки и отчислений в фонды		

Выявим соответствие сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. В рамках данного этапа построим интерактивные матрицы проекта. Ее использование поможет разобраться с различными комбинациями взаимосвязей матрицы SWOT. Данные сведем в таблицу 19.

Таблица 19 – Интерактивная матрица проекта

Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	+	+	+
	В2	+	-	+	+
	В3	0	+	+	+
	В4	-	-	-	0

В1В2С1, В1В2В3С3С4, В1В3С2

Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	+	-	-	-
	В2	0	-	+	0
	В3	+	0	+	0
	В4	0	-	0	+

В1В3Сл1, В2В3Сл3, В4Сл4

Продолжение таблицы 19

Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	-	+	0	0
	У4	-	-	-	-

У3С2

Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	-	-	-
	У2	-	-	+	-
	У3	-	-	-	-
	У4	-	-	-	-

У2Сл3

По полученным результатам составим итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 20).

Таблица 20 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность	Сл1. Необходимость наработки клиентской базы
	С2. Более низкая стоимость по сравнению с конкурентными предложениями	Сл2. Снижение надежности за счет комплексности
	С3. Более сжатые сроки выполнения по сравнению с конкурентными предложениями	Сл3. Необходимость приобретения специального программного обеспечения для расчета устойчивости
	С4. Комплексность (клиенториентированность)	Сл4. Необходимость дополнительного обучения сотрудников
Возможности:		
В1. Появление спроса со стороны недропользователей и проектных организаций		
В2. Сокращение сроков проектирования		
В3. Благоприятная ситуация на рынке (не занятость ниши)		
В4. Использование возможности по привлечению молодых специалистов	В1В2С1, В1В2В3С3С4, В1В3С2	В1В3Сл1, В2В3Сл3, В4Сл4

Продолжение таблицы 20

Угрозы:		
У1. Введение дополнительных государственных требований к определенным видам деятельности (запрещение их совмещения)		
У2. Повышение стоимости специального программного обеспечения		
У3. Снижение стоимости в связи с усилением конкуренции в перспективе		
У4. Увеличение налоговой нагрузки и отчислений в фонды	У3С2	У2Сл3

График выполнения проекта

В рамках проекта предусматривается ряд последовательно выполняемых работ, каждая из которых завершается определенным результатом.

Определим ключевые события проекта, даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Информацию сведем в таблицу 21.

Таблица 21 – Контрольные события проекта.

Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1. Полевые работы (бурение инженерно-геологических скважин)	29.03.2019	Буровые журналы. Пробы грунта. Результаты статического зондирования.
2. Лабораторные работы	30.04.2019	Ведомость физико-механических свойств грунта. Протоколы компрессионных испытаний.
3. Камеральные работы	20.05.2019	Инженерно-геологические разрезы. Параметры устойчивого карьерного откоса.

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики. Линейный график представим в виде таблицы (таблица 22).

Таблица 22 – Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1.Составление полевого предписания	4	01.03.2019	04.03.2019	Главный геолог
2.Полевые работы (бурение скважин)	14	05.03.2019	19.03.2019	Инженер-геолог 2 категории; Буровой мастер; Машинист буровой установки; Помощник машиниста буровой установки; Водитель.
3.Лабораторные работы	10	20.03.2019	29.03.2019	Лаборанты (2 чел.).
4.Камеральные работы (подготовка графики и технического отчета)	6	29.03.2019	03.04.2019	Инженер-геолог 2 категории
5.Камеральные работы (расчеты устойчивости карьерных откосов)	2	04.04.2019	05.04.2019	Инженер-геолог 2 категории
6.Проверка технического отчета	1	08.04.2019	09.04.2019	Главный геолог
7.Печать технического отчета	1	10.04.2019	11.04.2019	Специалист издательского центра
38	01.03.2019	11.04.2019		

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующими датами начала и окончания выполнения данных работ [5, с. 32]. На графике различной штриховкой выделены работы, в зависимости от ответственных исполнителей (таблица 23).

Таблица 23 – Календарный план-график проекта

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Тк, кал. Дней	Продолжительность выполнения работ				
				март			апрель	
				1	2	3	1	2
1	Составление полевого предписания	Главный геолог	4					
2	Полевые работы (бурение скважин)	Инженер-геолог 2 категории; Буровой мастер; Машинист буровой установки; Помощник машиниста буровой установки; Водитель.	14					
3	Лабораторные работы	Инженер-геолог 2 категории; Лаборанты (2 чел.)	10					
4	Камеральные работы (подготовка графики и технического отчета)	Инженер-геолог 2 категории	5					
5	Камеральные работы (расчеты устойчивости карьерных откосов)	Инженер-геолог 2 категории	2					
6	Проверка технического отчета	Главный геолог	1					
7	Печать технического отчета	Инженер-геолог 2 категории	1					



Инженер-геолог 2 категории



Главный геолог

На основании данных графика можно сделать вывод, что продолжительность работ по получению исходных данных и проведению

расчетов устойчивости займет 4 декады (37 дней) с первой декады марта до второй декады апреля.

Длительность выполнения проекта в календарных днях равна:

- 5 дней (главный геолог);
- 32 дня (Инженер-геолог 2 категории).

Наиболее трудоемким является этап полевых работ, т.к. он обладает наибольшей продолжительностью и на нем задействованы одновременно 5 человек. Трудоемкость полевых работ составляет 70 человеко-дней или 73 % от общей трудоемкости проекта (таблица 24).

Таблица 24 – Трудоемкость работ в человеко-днях

Вид работ	Продолжительность, раб. дней	Число исполнителей	Трудоемкость	
			человеко- дней	доля
1.Составление полевого предписания	2	1	2	2 %
2.Полевые работы (бурение скважин)	14	5	70	73 %
3.Лабораторные работы	8	2	16	17 %
4.Камеральные работы (подготовка графики и технического отчета)	4	1	4	4 %
5.Камеральные работы (расчеты устойчивости карьерных откосов)	2	1	2	2 %
6.Проверка технического отчета	1	1	1	1 %
7.Печать технического отчета	1	1	1	1 %
Итого:			96	100 %

Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. Сгруппируем планируемые затраты по статьям и представим их в таблице 25.

Таблица 25 – Группировка затрат по статьям

Статья затрат	Сумма, руб.
1.Сырье, материалы	7770,00
2.Специальное оборудование для выполнения работ (амортизация), руб.	14333,85
3.Основная заработная плата, руб.	105000,00
4.Отчисления во внебюджетные фонды (30,2 %), руб.	31710,00
5.Прочие прямые расходы, руб.	49000,00
6.Накладные расходы (95 % от п. 3), руб.	99750,00
Итого плановая себестоимость, руб.	307563,85

Таким образом, плановая себестоимость работ составит 307563,85 рублей, без учета налогообложения. Далее рассмотрим статьи затрат более подробно.

Сырье и материалы

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, необходимых для выполнения работы. Данные сведены в таблицу 26.

Таблица 26 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Краска для принтера	-	1	500	500,00
Бумага для принтера	формат А4, пачка	2	350	700,00
Ручка шариковая	-	5	50	250,00
Карандаш чертежный	-	10	35	350,00
Марля	90 см х 10 м, рулон	2	300	600,00
Парафин	T-1, кг	50	100	5 000,00
Всего за материалы				7 400,00
Транспортно-заготовительные расходы (5 %)				370,00
Итого по статье См				7770,00

Специальное оборудование для выполнения работ

В данную статью включаются все затраты, связанные с приобретением оборудования (устройств и механизмов), необходимого для проведения работ. Стоимость оборудования, используемого при выполнении работы и имеющегося в организации, учитывается в виде амортизационных отчислений. Сведения по данной статье представим в таблице 27.

Таблица 27 – Специальное оборудование для выполнения работ

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования	Срок службы, лет	Ежедневные амортизационные отчисления, руб.	Количество раб. дней	Сумма амортизационных отчислений, руб.
Анализатор коррозионной активности грунтов АКАГ	1	117600,00	117600,00	10	32,22	8,00	257,75
Пенетрометр грунтовый ПБ-1Ф	1	24000,00	24000,00	10	6,58	8,00	52,60
Компрессионный прибор для исследования грунтов Кпр-1М	3	104345,00	313035,00	10	85,76	8,00	686,10
Прибор для испытания грунтов на сдвиг ПСГ-3М	1	176850,00	176850,00	10	48,45	8,00	387,62
Буровая установка УРБ-2А2Д	1	5000000,00	5000000,00	15	913,24	14,00	12785,39
Компьютер	1	50000,00	50000,00	5	27,40	6,00	164,38
Итого:							14333,85

Основная заработная плата

В настоящую статью включается заработная плата работников, непосредственно участвующих в выполнении работ. Величина расходов по

заработной плате зависит от трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сведен в таблицу 28.

Таблица 28 – Расчет основной заработной платы

Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу, руб.
1. Составление полевого предписания	Главный геолог	2	1500,00	3000,00
2. Полевые работы (бурение скважин)	Инженер-геолог 2 категории	14	1166,67	16333,33
	Буровой мастер	14	1500,00	21000,00
	Машинист буровой установки	14	1166,67	16333,33
	Помощник машиниста буровой установки	14	1000,00	14000,00
	Водитель	14	833,33	11666,67
3. Лабораторные работы	Лаборант	8	833,33	6666,67
	Лаборант	8	833,33	6666,67
4. Камеральные работы (подготовка графики и технического отчета)	Инженер-геолог 2 категории	4	1166,67	4666,67
5. Камеральные работы (расчеты устойчивости карьерных откосов)	Инженер-геолог 2 категории	2	1166,67	2333,33
6. Проверка технического отчета	Главный геолог	1	1500,00	1500,00
7. Печать технического отчета	Специалист издательского центра	1	833,33	833,33
Итого:				105000,00

Таким образом, размер основной заработной платы при выполнении работы, по изучаемой теме составит 105000,00 рублей.

Отчисления по внебюджетные фонды

Тарифы страховых взносов 2019 года разделены на несколько категорий:

- по пенсионному страхованию;
- отчисления, направляемые на медицинское страхование в рамках ОМС;
- взносы на социальное страховое обеспечение на случай заболеваний и материнства;
- средства, направляемые в ФСС, формирующие фонд возмещения при возникновении несчастного случая на производстве или профзаболеваний («травматизм»).

Первые три вида взносов регулируются положениями НК РФ (глава 34) [31]. Взносы по «травматизму» регламентируются нормами Закона от 24.07.1998 г. № 125-ФЗ [32], при этом тарифы по страхованию от несчастных случаев ежегодно пересматриваются и утверждаются отдельным законом. На период с 2018 по 2020 годы ставки этого вида взносов остались неизменными (закон от 31.12.2017 г. № 484-ФЗ).

Законом от 03.08.2018 г. № 303-ФЗ внесены поправки в НК РФ, касающиеся страховых взносов. Размеры страховых взносов представим в таблице 29.

Таблица 29 – Размер страховых отчислений во внебюджетные фонды

Тип страховых взносов	Ставка в процентах
ПФР	22
ФСС (ставка 2019) на случай болезни и материнства	2,9
ФФОМС (ставка 2019)	5,1
ФСС на «травматизм»	0,2
Итого:	30,2

Таким образом, общий размер страховых отчислений во внебюджетные фонды составляет 30,2 %.

Прочие прямые расходы

В данной статье рассматриваются расходы, связанные с оплатой суточных членам полевой группы (5 чел.). Размер суточного содержания при выполнении полевых работ каждая организация устанавливает самостоятельно, в данном случае эта сумма составляет 700 руб. на человека в сутки. Таким образом, общий размер расходов на суточное содержание составит $700 \text{ р.} \cdot 5 \text{ чел.} \cdot 14 \text{ дней} = 49\,000,00 \text{ рублей}$.

Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление, хозяйственное обслуживание, ремонт оборудования, аренду помещений и т.д. Обычно накладные составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по рассматриваемой теме. В данном случае накладные приняты в размере 95% и составляют $105\,000,00 \text{ руб.} \cdot 0,95 = 99\,750,00 \text{ рублей}$.

Капиталовложения по видам работ

Для определения капиталовложений по видам работ внесем полученные данные в таблицу 30.

Таблица 30 – Объемы капиталовложений по видам работ

Статья затрат	Этап работ		
	Полевые	Лабораторные	Камеральные
1. Сырье, материалы	6247,50	—	1522,50
2. Специальное оборудование для выполнения работ (амортизация), руб.	12785,39	1384,08	164,38
3. Основная заработная плата, руб.	79333,33	13333,33	12333,33
4. Отчисления во внебюджетные фонды (30,2 %), руб.	23958,67	4026,67	3724,67
5. Прочие прямые расходы, руб.	49000,00	—	—
6. Накладные расходы (95 % от п. 3), руб.	75366,67	12666,67	11716,67
Итого капиталовложений, руб.	246691,55	31410,74	29461,55
	80 %	10 %	10 %
	307563,85		

Таким образом, наибольший объем капиталовложений приходится на полевой этап работ (80 %), на лабораторный и камеральный этапы приходится приблизительно по 10 %.

Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта сформируем матрицу ответственности (таблица 31).

Таблица 31 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Главный геолог	Инженер-геолог 2 категории	Буровой мастер	Лаборант	Специалист издательского центра
Составление полевого предписания	И, О				
Полевые работы (бурение скважин)	С	У	И		
Лабораторные работы	С	У		И	
Камеральные работы (подготовка графики и технического отчета)	С	И			
Камеральные работы (расчеты устойчивости карьерных откосов)	С	И			
Проверка технического отчета	И, О				
Печать технического отчета	С	О, У			И
О – ответственный И – исполнитель У – утверждающее лицо С – согласующее лицо					

Рентабельность

Рентабельность – это относительный показатель экономической эффективности. Рентабельность отражает степень эффективности использования материальных, трудовых, денежных и др. ресурсов. Коэффициент рентабельности рассчитывается как отношение прибыли к затратам, т.е. к себестоимости.

Рассчитаем сметную стоимость выполнения проекта. Сметная стоимость составляется на основании справочника базовых цен на инженерно-

геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства за 1999 год (СБЦ -99). Смету представим в виде таблицы И.1 (приложение И).

Таким образом, сметная стоимость без учетов налогов составит 685 760,53 рублей.

Вычитая из сметной стоимости себестоимость получим прибыль. Далее вычислим рентабельность как отношение прибыли к затратам (себестоимости). Полученные данные сведем в таблицу 32.

Таблица 32 – Рентабельность проекта

Наименование показателя	Значение	Примечание
1.Выручка (сметная стоимость), руб.	685 760,53	
2.Затраты (себестоимость), руб.	307 563,85	
3.Прибыль, руб.	378 196,68	п. 1 - п. 2
4.Рентабельность, %	123%	п. 3 / п. 2

Таким образом, рентабельность проекта составляет 123 %, что является хорошим показателем и говорит о высоком экономическом эффекте: один вложенный рубль приносит прибыль 1,23 руб.

Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности [5, с. 55].

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов объекта исследования можно определить следующим образом (по формуле 9):

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (9)$$

где I_m^a – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i-го параметра;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

В качестве вариантов исполнения проекта рассмотрим три организации: две организации осуществляют деятельность отдельно в сфере инженерных изысканий (условно аналог 1) и в сфере геомеханического обоснования расчетов устойчивости карьерных откосов (условно аналог 2). Третья организация (текущий проект) осуществляет деятельность в сфере инженерных изысканий, но в качестве продукта предлагает комплексный подход – расчет устойчивости на основании, выполненных собственными силами, инженерных изысканий.

Экспертным путем устанавливаем балльную оценку для текущего проекта и аналогов. Расчеты проводим по формуле (9). Полученные данные сводим в таблицу 33.

Таблица 33 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект (комплексный подход)	Аналог 1 (только ИГИ)	Аналог 2 (только геомеханика)
1	2	3	4	5
1. Повышение производительности труда пользователя	0,10	4,00	5,00	5,00
2. Удобство в эксплуатации	0,10	5,00	3,00	3,00
3. Энергоэкономичность	0,10	5,00	4,00	4,00
4. Надежность	0,26	4,00	5,00	5,00
5. Конкурентоспособность продукта	0,11	5,00	4,00	3,00
6. Цена	0,15	5,00	4,00	4,00
7. Срок выполнения работ	0,13	5,00	4,00	4,00
8. Уровень проникновения на рынок	0,05	3,00	5,00	5,00
Итого:	1,00	4,54	4,31	4,20

Таким образом, у текущего проекта интегральный показатель ресурсоэффективности является наивысшим, что говорит о более высокой эффективности по сравнению с аналогами.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле 10:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (10)$$

где I_{Φ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Стоимость вариантов исполнения представим в виде таблицы (табл. 34).

Таблица 34 – Стоимость вариантов исполнения

Текущий проект (комплексный подход)	Аналог (раздельное выполнение)	Максимальная стоимость исполнения
307563,85	507970,76	685760,53

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналога позволяет определить сравнительную эффективность проекта, рассчитывается по формуле 11:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} \quad (11)$$

где $\mathcal{E}_{cp}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{финр}^p$ – интегральный показатель эффективности разработки;

$I_{финр}^a$ – интегральный показатель эффективности аналога.

Результаты расчетов сведем в таблицу 35.

Таблица 35 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Текущий проект (комплексный поход)	Аналог (раздельное выполнение)
Интегральный финансовый показатель разработки,	0,45	0,74
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки,	4,54	4,31
Интегральный показатель эффективности	10,12	5,82
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,74	

Сравнение значений интегральных показателей позволяет сделать выбор в пользу текущего проекта. Интегральный финансовый показатель свидетельствует об удешевлении стоимости текущего проекта. Интегральный показатель ресурсоэффективности является наивысшим, что говорит о более высокой эффективности текущего проекта по сравнению с аналогами. Показатель сравнительной эффективности говорит о том, что с позиций финансовой и ресурсной эффективности текущий проект в 1,74 раза предпочтительнее аналога.

Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информацию по рискам представим в виде таблицы 36.

Таблица 36 – Реестр рисков

Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения	Условия наступления
1.Изменение законодательства в части технических требований к результату работ	Временная потеря заказов	3	4	средний	Мониторинг изменений в законодательстве	Принятие нового технического регламента
2.Повышение стоимости специализированного программного обеспечения	Незапланированные издержки	4	3	средний	Формирование финансовых резервов. Заключение договора с банком о льготном кредитовании	Повышение стоимости ПО в одностороннем порядке
3.«Текучка» кадров	Срыв сроков выполнения работ. Снижение качества результата работ	4	5	высокий	Разработка программы профессионального роста. Поддержка молодых специалистов	Низкая заработная плата. Отсутствие перспектив в проф. развитии
4.Снижение цены продукции из-за роста конкуренции	Снижение рентабельности, прибыли	4	5	высокий	Проведение маркетинговых исследований. Программа лояльности к постоянным клиентам	Увеличение количества фирм-конкурентов. Снижение рыночной цены продукции
5.Наложение одних объектов на другие при планировании работ	Срыв сроков выполнения работ. Снижение качества результата работ	4	4	высокий	Система планирования работ, мониторинг контрольных точек проектов. Система стимулирования сотрудников за досрочное выполнение работ	Большой объем заказов
6.Разрыв платежного баланса	Временная неплатежеспособность	5	5	высокий	Заключение договора с банком о льготном кредитовании, об оплате векселями	Выполнение работ без аванса с расчетом после активирования. Длительность выполнения работ

Вывод

В результате выполнения данного раздела был выполнен анализ конкурентных технических решений. Анализ технических и экономических критериев показал, что организация, предлагающая комплексный продукт, обладает преимуществом по сравнению с конкурентами. В рамках разработки устава проекта были сформулированы цели, результат, область применения проекта. Был составлен «портрет» потребителя НТИ, выполнено сегментирование рынка, выполнены FAST-анализ, SWOT-анализ.

При работе над планированием были определены этапы работ, их трудоемкость, разработан график Ганта. Продолжительность работ по получению исходных данных и проведению расчетов устойчивости займет 4 декады (37 дней) с первой декады марта до второй декады апреля.

В экономическом отношении были определены затраты на проектирование, плановая себестоимость работ составит 307563,85 рублей, без учета налогообложения. Сметная стоимость без учетов налогов составит 685760,53 рублей, прибыль – 378196,68 рублей. Рентабельность проекта составит 123 %, что является хорошим показателем и говорит о высоком экономическом эффекте.

При оценке сравнительной эффективности было установлено, что с позиций финансовой и ресурсной эффективности текущий проект в 1,74 раза предпочтительнее аналога.

В заключение раздела был составлен реестр рисков и выработаны способы их смягчения.

5 Социальная ответственность

Введение

Целью выпускной квалификационной работы является определение особенности применения методов расчета устойчивости карьерных откосов в разных инженерно-геологических условиях.

Объект исследования – грунты и инженерно-геологические условия карьерных откосов.

Область применения лежит в сфере камерального этапа инженерно-геологических изысканий. Реальные пользователи разрабатываемого решения представлены инженерами-геологами, выполняющими камеральную обработку и составление отчета по инженерно-геологическим изысканиям. Круг потенциальных пользователей дополняется инженерами-проектировщиками, специалистами маркшейдерской службы действующих предприятий по добыче полезных ископаемых открытым способом.

Местом выполнения работ ВКР выступает участок недр Июньский, расположенный в Гурьевском районе Кемеровской области.

Объект данной ВКР (расчет устойчивости) относится к камеральному этапу инженерно-геологических изысканий. В то же время исходные данные для проведения расчетов являются результатом полевых и лабораторных работ. В связи с этим было принято решение расширить границы раздела «Социальная ответственность» и включить в него полевой (в части экологической безопасности), лабораторный и камеральный этапы.

Реализация методики расчетов устойчивости позволяет вести добычу полезных ископаемых более безопасно в экологическом и социальном плане. Этим фактом объясняется актуальность работы.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Обеспечение оптимальных режимов труда и отдыха производится в соответствии с законодательством о труде и предусматривается для всех работающих с учетом специфики их труда, в первую очередь работающих с повышенными физическими и нервно-эмоциональными нагрузками, в условиях монотонности и с воздействием опасных и вредных производственных факторов [47].

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Все предусмотренные работы должны выполняться в соответствии с правилами, а также инструкциями, постановлениями и план-графиком мероприятий отряда.

Прием на работу в изыскательские организации лиц моложе 18 лет запрещается.

До начала полевых работ весь персонал партии должен быть ознакомлен с условиями производства полевых работ и правилами техники безопасности (ТБ). Вводный инструктаж должен производиться заместителем главного инженера по ТБ на базе отряда. Знание правил ТБ личным составом отряда проверяется специальной комиссией.

Приказом в отряде перед началом полевых работ назначается ответственный за состояние ТБ, пожарной безопасности и использования транспортных средств. С личным составом проводится инструктаж по пожарной безопасности в лесу. Перед выездом в поле готовность отряда должна быть проверена комиссией и оформлена специальным актом. Все участники полевых работ должны быть зарегистрированы в партии.

5.2 Профессиональная социальная безопасность.

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.

Объект исследования (методы расчета устойчивости карьерных откосов) сам по себе не создает вредные и опасные факторы. Основное влияние происходит в процессе исследования и подробно рассмотрено в подразделе 2.2.

5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.

При проведении лабораторных и камеральных работ могут возникнуть опасные и вредные факторы, анализ их проведен согласно ГОСТ 12.0.003-2015 и представлен в таблице 37.

Таблица 37 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ	Нормативные документы
1. Электрический ток 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны 3. Отклонение показателей микроклимата в помещении 4. Превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений	Лабораторный и камеральный (внутри помещения)	СНиП 41-01-2003 ГОСТ 12.1.019-2017 ГОСТ 12.1.004-91 ГОСТ 12.1.005-88 СанПиН 2.2.4.548-96 ГОСТ 12.1.006-84 ГОСТ 12.1.030-81 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03 ПУЭ

5.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.

Электрический ток

Источником электрического тока в помещении может выступать неисправность электропроводки, любые неисправные электроприборы. Все токоведущие части электроприборов должны быть изолированы или закрыты кожухом.

Основная причина смертельных случаев, связанных с поражением электрическим током – нарушение правил работы с электроприборами по ГОСТ 12.1.019-2017.

Реакция человека на электрический ток возникает лишь при прохождении его через тело. Для предотвращения электротравматизма большое значение имеет правильная организация работ, то есть соблюдение правил технической эксплуатации электроустановок и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок.

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

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

Помещение, в которых будут производиться лабораторные и камеральные работы по опасности поражения людей электрическим током, согласно ПУЭ [10], относится к 3 категории, то есть это помещения без повышенной опасности поражения людей электрическим током, которые характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность (влажность не превышает 75 %, температура не превышает 35 °С, отсутствуют токопроводящая пыль и токопроводящие полы).

Мероприятия по обеспечению электробезопасности: организация регулярной проверки изоляции токоведущих частей оборудования лаборатории и компьютерного класса; защитное заземление, с помощью которого уменьшается напряжение на корпусе относительно земли до безопасного значения; зануление; автоматическое отключение; обеспечение недоступности

токоведущих частей при работе; регулярный инструктаж по оказанию первой помощи при поражении электрическим током. Нормативные документы: ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ, ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ, ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ.

Недостаточная освещенность рабочей зоны.

К современному производственному освещению предъявляются требования как гигиенического, так и технико-экономического характера. Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое воздействие на работающих, способствует повышению производительности труда. Освещение рабочих мест внутри помещения характеризуется освещенностью и яркостью. По источнику излучения светового потока различают естественное, искусственное и совместное освещение.

Рабочее место инженера при камеральных работах должно освещаться естественным и искусственным освещением.

При работе на ЭВМ, как правило, применяют одностороннее боковое естественное освещение. Причём, светопроемы с целью уменьшения солнечной инсоляции устраивают с северной, северо-восточной или северо-западной ориентацией. Если экран дисплея обращен к оконному проёму, необходимы специальные экранирующие устройства, снабжённые светорассеивающими шторами, жалюзи или солнцезащитной плёнкой.

Искусственное освещение обеспечивается электрическими источниками света. Искусственное освещение применяется при работе в темное время суток и днем при недостаточном естественном освещении. Искусственное освещение по назначению разделяют на общее, местное и комбинированное. По пространственному расположению светильников в помещении различают равномерное и локализованное освещение, по функциональному назначению - рабочее, аварийное, специальное. Для искусственного освещения помещений следует использовать светильники с люминесцентными лампами общего освещения диффузные ОД-2-80. Светильник имеет следующие технические

характеристики: 2 лампы по 80 Вт; длина лампы 1531 мм, ширина 266 мм, высота 198 мм, КПД = 75 %, светораспределение прямое, согласно СП 52.13330.2016.

В тех случаях, когда одного естественного освещения недостаточно, устраивают совмещённое освещение. При этом дополнительное искусственное освещение применяют не только в тёмное, но и в светлое время суток.

Согласно действующим Строительным нормам и правилам, а также СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 для искусственного освещения регламентирована наименьшая допустимая освещённость рабочих мест, а для естественного и совмещённого – коэффициент естественной освещённости (КЕО) (таблица 38).

Таблица 38 – Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения (СанПиН 2.2.1/2.1.1278-03 [12])

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещённости (Г-горизонтальная, В-вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещённое освещение		Искусственное освещение		
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещённость, лк		
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении		при общем освещении
						всего	от общего	
Аналитические лаборатории	Г-0,8	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500
Кабинеты информатики и вычислительной техники	Г-0,8 Экран дисплея: В-1	3,5 -	1,2 -	2,1 -	0,7 -	500 -	300 -	400 200
Примечание: Прочерки в таблице означают отсутствие предъявляемых требований.								

Кроме количественных, нормируются и качественные показатели освещённости. Так, для ограничения неблагоприятного действия пульсирующих световых потоков газоразрядных ламп установлены предельные значения коэффициентов пульсации освещённости рабочих мест в пределах 10-20 % в зависимости от разряда зрительной работы. Рекомендуемая

освещённость для работы с экраном дисплея составляет 200 лк, а при работе с экраном в сочетании с работой над документами – 400 лк (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03).

Отклонения показателей микроклимата в помещении.

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

Комфортный микроклимат в помещении создают при помощи отопления и вентиляции. Оптимальные и допустимые нормы микроклимата для работ разной категории тяжести указаны в ГОСТ 12.1.005-88, СанПиН 2.2.4.548-96. Отопление помещений проектируется в соответствии с требованиями СП 60.13330.2016.

В рабочей зоне производственного помещения должны быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия соответствующие СанПиН 2.2.4.548-96. Микроклиматические параметры приведены в таблице 39. Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры - обычными системами вентиляции и отопления.

Мероприятия по поддержанию требуемого микроклимата: осуществление терморегуляции в помещении с целью поддержания оптимальной температуры; установка вентиляционного оборудования для поддержания нормального воздухообмена; проветривания помещения во время перерывов; регулярная влажная уборка помещения.

Таблица 39 – Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, t°С	Относительная влажность воздуха, φ%	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин t° _{опт}	Диапазон выше оптимальных величин t° _{опт}			Если t°<t° _{опт}	Если t°>t° _{опт}
Холодный	Па	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
	Іб	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
Теплый	Па	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4
	Іб	20,0-21,9	24,1-28,0	15,0-29,0	15-75	0,1	0,3
Примечание: К категории Па относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151-200 ккал/час, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.							

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

Превышение уровня электромагнитных и ионизирующих излучений.

Персональные ЭВМ являются источниками широкополосных электромагнитных излучений: мягкого рентгеновского, ультрафиолетового, ближнего инфракрасного, радиочастотного диапазона, сверх- и инфранизкочастотного, электростатических полей. Электромагнитные излучения, воздействуя на организм человека в дозах, превышающих допустимые, могут явиться причиной многих серьезных заболеваний.

Уровни допустимого облучения определены в ГОСТ 12.1.006-84. Нормативными параметрами в диапазоне частот 60 кГц – 300 мГц являются напряженности Е и Н электромагнитного поля. В диапазоне низких частот интенсивность излучения не должна превышать 10 В/м по электрической составляющей, а по стандартам MPR II не должна превышать 2,5 В/м по электрической и 0,5 А/м по магнитной составляющей напряженности поля.

К мероприятиям по обеспечению безопасности условий труда при работе на ЭВМ относят защиту расстоянием (монитор должен находиться от оператора на 60-70 см и 20° ниже уровня глаз), временем (работать не более 6 часов, с перерывом 5-10 минут через каждый час), средствами индивидуальной защиты и т.п.

Ионизирующее излучение – излучение с высокой энергией, вызывающее ионизацию воздуха. Создается от высоковольтных элементов схемы дисплея и электронно-лучевой трубки. Ионизация воздуха в рабочем помещении регламентируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 (таблица 40).

Таблица 40 – Уровни ионизации воздуха помещений при работе на ПЭВМ

Уровни ионизации	Число ионов в см ³ воздуха	
	n ⁺	n ⁻
Минимальное необходимое	400	600
Оптимальное	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимое	50000	50000

Установлено, что максимальная напряженность электрической составляющей ЭМП достигается на коже дисплея. В целях снижения напряженности следует удалить пыль с поверхности монитора сухой хлопчатобумажной тканью.

Организация безопасной работы на ПЭВМ и ВДТ регламентирована СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

К организации и оборудованию ПЭВМ предъявляют следующие требования:

- рабочее место располагается так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева;
- окна в помещении должны быть оборудованы жалюзи или занавесками;
- расстояние между рабочими столами и видеомониторами должно быть не менее 2-х метров, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов не менее 1,2 метров;

– монитор должен находиться на расстоянии 60-70 сантиметров, на 20 градусов ниже уровня глаз.

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Объект исследования (методы расчета устойчивости карьерных откосов) сам по себе не оказывает влияния на окружающую среду. Основное влияние происходит в процессе исследования – на этапе получения исходных данных и подробно рассмотрено в подразделе 3.2.

5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Геологическая среда – неотъемлемая часть окружающей среды и биосферы, охватывающая верхние разрезы гидросферы, в которую входят четыре важнейших компонента: горные породы (вместе с почвой), подземные воды (вместе с жидкими углеводами), природные газы и микроорганизмы, постоянно находящиеся во взаимодействии, формируя в естественных и нарушенных условиях динамическое равновесие.

Инженерно-геологические работы, как и прочие производственные виды деятельности человека, наносят вред геологической среде (таблица 41).

Таблица 41 – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при инженерно-геологических работах

Природные ресурсы, компоненты геологической среды	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Почва	Уничтожение и повреждение почвенного слоя	Рекультивация земель
	Загрязнение горючесмазочными материалами	Сооружение поддонов, отсыпка площадок для стоянки техники, захоронение остатков
	Загрязнение производственными отходами	Вывоз и захоронение отходов (свалки, отвалы)

Продолжение таблицы 41

Грунты	Нарушение состояния геологической среды	Ликвидационный тампонаж скважин, геомониторинг
	Нарушение физико-механических свойств горных пород	Мероприятия по укреплению грунтов (цементация, битуминизация, силикатизация)
Подземные воды	Загрязнение производственными сточными водами и мусором, нефтепродуктами, буровым раствором	Сооружение водоотводов, складирование или вывоз мусора, обезвреживание сточных вод

5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

При проведении инженерно-геологических работ необходимо выполнение следующих правил и мероприятий по охране природы:

- не допускается распугивание, нарушение мест обитания животных, рыб и других представителей животного мира;
- обязательна ликвидация возможных вредных последствий от воздействия на природу;
- необходимо вести борьбу с браконьерами и проводить профилактическую работу с личным составом;
- оставшиеся после рубки пеньки не должны быть выше 10 см;
- не допускается разведение костров, за исключением специально оборудованных для этого мест;
- не допускается загрязнение водоёмов и участка проведения работ;
- для предотвращения пожаров необходимо строго соблюдать правила пожарной безопасности;
- оборудование скважин оголовками с запирающимися крышками;
- установка маслосборников для быстрого удаления ГСМ;
- ликвидация скважин методом послойной засыпки ствола извлеченным грунтом с послойной трамбовкой.

Все горные выработки после окончания работ должны быть ликвидированы: скважины - тампонажем глиной или цементно-песчаным раствором с целью исключения загрязнения природной среды и активизации геологических и инженерно-геологических процессов.

После завершения бурения необходимо проводить рекультивацию земли, занятой под буровую установку, в которую входит снятие плодородного слоя почвы и перемещение его в сторону, засыпка всех отстойников и ям, ликвидация загрязнений почвы горюче-смазочными и другими вредными материалами, нанесение ранее снятого слоя почвы.

Кроме того, при изысканиях необходимо выявлять наличие загрязняющих веществ в геологической среде, опасных для здоровья населения, и осуществлять разработку предложений по утилизации и нейтрализации этих веществ, проводить обследование состояния верхнего слоя грунтов и приводить рекомендации по замене грунтов на отдельных участках территории.

Даже несущественный ущерб, нанесенный окружающей среде, может привести к значительным трудно предсказуемым последствиям в будущем [57].

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Объект исследования (методы расчета устойчивости карьерных откосов) сам по себе не может вызвать ЧС. Основное влияние происходит в процессе исследования – на этапе получения исходных данных и подробно рассмотрено в подразделе 5.2.

5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Чрезвычайные ситуации могут быть классифицированы по значительному числу признаков. Так, по происхождению ЧС можно подразделить на ситуации техногенного, антропогенного и природного характера. ЧС можно классифицировать по типам и видам событий, лежащих в основе этих ситуаций, по масштабу распространения, по сложности обстановки тяжести последствий [58].

Чрезвычайные ситуации могут возникнуть в результате стихийных бедствий, а также при нарушении различных мер безопасности. На случай стихийных бедствий и аварий предусматривается план по ликвидации их последствий. На рабочем месте можно выделить следующие возможные ЧС:

- землетрясение;
- пожар в здании;

Пожар – неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб, вызывающее несчастные случаи [58].

Причинами возникновения пожаров в лабораторных условиях являются: неосторожное обращение с огнем (бросание горячей спички, высыпание вблизи сгораемых строений и материалов, не затушенных углей, шлака золы); неисправность и неправильная эксплуатация электрооборудования; неисправность и перегрев отопительных стационарных и временных печей, разряды статического и атмосферного электричества, чаще всего происходящие при отсутствии заземлений и молниеотводов; неисправность производственного оборудования и нарушение технологического процесса.

Помещение лаборатории и камеральное помещение по пожароопасности относятся к категории В (производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов, а также жидкостей с температурой вспышки паров выше 120°С, согласно НПБ 105-03.

- несчастный случай.

5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

При землетрясении необходимо выключить электроприборы и покинуть здание согласно плану эвакуации в безопасное место (за радиус высоты зданий и сооружений), при невозможности покинуть здание находиться непосредственно в наиболее устойчивые места здания (в дверные проемы) либо в месте способном защитить от обрушения выше находящихся конструкций (под столы, несущие конструкции).

При пожаре в здании необходимо:

- включить пожарную сигнализацию для оповещения о происшедшем возгорании сотрудников фирмы охраны, после чего охрана сообщает о включении пожарной сигнализации в пожарную охрану далее генеральному директору;
- по возможности ликвидировать очаг возгорания и имеющимися средствами пожаротушения;
- по возможности локализовать очаг возгорания: закрыть доступ кислорода (закрыть окна, двери);
- обесточить здание.

Для эвакуации людей, застигнутых пожаром, выбирают наиболее безопасные пути - лестничные клетки, двери, проходы.

Рабочий персонал должен быть подготовлен к проведению работ таким образом, чтобы возникновение аварий, стихийных бедствий не вызвало замешательства и трагических последствий [58].

Для устранения возможности пожара в помещении необходимо соблюдать противопожарные меры:

- ограничение количества горючих веществ;
- максимально возможное применение негорючих веществ;
- устранение возможных источников возгорания (электрических искр, нагрева оболочек оборудования);

- применение средств пожаротушения;
- использование пожарной сигнализации;
- содержание электрооборудования в исправном состоянии, после окончания работ все установки должны обесточиваться;
- плавких предохранителей и автоматических выключателей в аппаратуре, наличие в помещении средств пожаротушения (огнетушители типа ОУ-3, пожарный инструмент, песок) и содержание их в исправном состоянии;
- разрешение курения в только отведенных для этого местах;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии;
- проводить раз в год инструктаж по пожарной безопасности;
- назначать ответственного за пожарную безопасность.

Территория организации постоянно должна содержаться в чистоте и систематически очищаться от отходов производства. Запрещается загромождать предметами и оборудованием проходы, коридоры, выходы и лестницы. Все двери эвакуационных выходов должны свободно открываться в направлении выходов из зданий. На видном месте у огнеопасных объектов должны быть вывешены плакаты предупреждения: «Огнеопасно, не курить!».

При несчастном случае необходимо:

- оказать пострадавшему первую медицинскую помощь;
- организовать его доставку в больницу (травмпункт);
- сообщить непосредственному начальству о происшедшем.

Рабочий персонал должен быть подготовлен к оказанию первой медицинской помощи и иметь все необходимое для ее оказания, согласно принятой на фирме инструкции по безопасности, чтобы избежать замешательства и трагических последствий [58].

Выводы

Сам по себе объект исследования (расчет устойчивости) не оказывает прямого влияния на здоровье человека и загрязнение экологии. Но исходные данные для проведения расчетов являются результатом полевых и лабораторных работ. Полевые работы оказывают прямое влияние на литосферу, экологию в целом и здоровье человека. Лабораторные и камеральные работы по большей части оказывают влияние на здоровье работника.

В результате работы над разделом изучен обширный массив регламентирующей документации в части охраны труда, экологии и ЧС и составлено обоснование мероприятий по защите здоровья, экологии и предотвращению ЧС при выполнении комплекса работ по расчету устойчивости карьерных откосов.

Заключение

В процессе исследования по теме выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

1. Осуществлено знакомство с теоретическими основами устойчивости карьерных откосов, в т.ч. с основными элементами борта карьера, а также с факторами, влияющими на устойчивость карьерных откосов. В данной работе основное внимание было уделено инженерно-геологическим, частично гидрогеологическим (в части влияния водоносного горизонта на параметры устойчивого откоса) и физико-географическим факторам (в части влияния сейсмичности).

2. Выполнен обзор существующих методов расчета устойчивости откосов и особенность их применения в зависимости от инженерно-геологических условий.

3. Проведен анализ инженерно-геологических условий участка Июньский золотороссыпного месторождения в Кемеровской области и для расчета выбрана схема V ВНИМИ.

4. Определены параметры устойчивого карьерного откоса на примере карьера по попутной добыче грунтовых строительных материалов на участке Июньский золоторудного месторождения в Кемеровской области, в том числе с учетом гидрогеологического фактора.

В результате проведенного исследования были сделаны следующие выводы:

1. В настоящее время существуют множество (более 200) методов расчетов устойчивости откосов.

2. Действующие отечественные инструкции по расчёту устойчивости бортов откосов требуют выполнять все расчёты с применением метода Г.Л. Фисенко (ВНИМИ).

3. Целью расчетов является определение параметров устойчивого откоса (высота и угол наклона).

4. В соответствии с действующими нормативными документами коэффициент запаса устойчивости карьерных откосов составляет $n = 1,3$.

5. Существует жесткая обратная зависимость между величиной коэффициента запаса устойчивости и параметрами карьерного откоса: чем больше угол наклона откоса, тем меньше коэффициент запаса устойчивости и допустимая высота.

6. Формирование водоносного горизонта оказывает существенное влияние на коэффициент устойчивости водовмещающего грунта (в данном случае – суглинок бурый аллювиально-делювиальный). Это приводит к уменьшению допустимых углов наклона борта приблизительно в два раза.

Список публикаций студента

1. Будников А.А. Обзор методов расчета устойчивости склонов и особенность их применения для определения параметров устойчивого откоса // Труды XXIII Международного научного симпозиума студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр».

Список используемых источников

Опубликованная литература

1. Абуханов А.З. Механика грунтов: Учебное пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 352 с.
2. Арсентьев А.И., Букин И.Ю., Мироненко В.А. Устойчивость бортов и осушение карьеров. Учебник для вузов. М., Недра, 1982. – 165 с.
3. Бахаева С.П. Расчет устойчивости откосов при открытой геотехнологии: учебное пособие; ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева». – Кемерово, 2011. – 158 с.
4. Букин И.Ю. Устойчивость бортов карьеров. Учебное пособие. Л., Издательство ЛГИ, 1976. – 97 с.
5. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. Томск, 2014. – 73 с.
6. Галустьян Э.Л. Геомеханика открытых горных работ: Справочное пособие. – М.: Недра, 1992 – 272 с.
7. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ: Учебник для вузов. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. – 473 с.
8. Иванов И.П. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1990. – 302 с.
9. Калинин Э.В. Инженерно-геологические расчеты и моделирование: Учебник. – М., Издательство МГУ, 2006. – 256 с.
10. Маркшейдерия: Учебник для вузов / Под ред. М.Е. Певзнера, В.Н. Попова. М., Издательство Московского государственного горного университета, 2003. – 419 с.
11. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов, строящихся и эксплуатируемых карьеров. — Ленинград: ВНИМИ, 1972. – 165 с.
12. Панюков П.Н. Инженерная геология. М., Недра, 1978. – 296 с.

13. Певзнер М.Е., Иофис М.А., Попов В.Н. Геомеханика: Учебник для вузов. М., Издательство Московского государственного горного университета, 2005. – 438 с.
14. Попов В.Н., Шпаков П.С., Юнаков Ю.Л. Управление устойчивостью карьерных откосов: Учебник для вузов. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2008. – 683 с.
15. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. – СПб.: ВНИМИ, 1998. – 208 с.
16. Пьянков С.А. Механика грунтов: учебное пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 103 с.
17. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Часть I. Производственные процессы: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1985. – 509 с.
18. Abramson Lee, 2001. Slope stability and stabilization [et. Al.]. – 2nd ed, New York.
19. Department of Navy, 1971. Design Manual, Soil Mechanics, Foundations, and Earth Structures, NAVFAC DM-7, Naval Facilities Engineering Command, Philadelphia.
20. Janbu, N., 1954. “Application of Composite Slip Surface for Stability Analysis”, European Conference on Stability of Earth Slopes, Stockholm, Sweden.
21. Janbu, N., 1973. “Slope Stability Computation,” Embankment-Dam Engineering, Casagrande Volume, edited by R. C. Hirschfeld and S. J. Poulos, John Wiley & Sons, New York.
22. Mendez, C., 1971. Computerized Slope Stability, the Sliding Block Problem, Technical Report No. 21, Purdue University Water Resources Research Center, Lafayette.
23. Morgenstern, N., and V. E. Price, 1965. “The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces,” Geotechnique, Vol. 15, No. 1.

24. Seed, H. B., and H. A. Sultan, 1967. "Stability Analysis for a Sloping Core Embankment," Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 93, No. SM4.
25. Spencer, E., 1967. "A Method of Analysis of the Stability of Embankments Assuming Parallel Interslice Forces" Geotechnique, Vol. 17, No. 1.
26. Yang H. Huang, 1982. Stability analysis of earth slopes. University of Kentucky.
27. Yang H/ Huang, Sc.D., P.E., 2014. Slope stability analysis by the limit equilibrium method. University of Kentucky.

Фондовая литература

28. Гидрогеологическая карта Кемеровской области и Алтайского края масштаба 1:1 000 000 под редакцией Кузнецова М.А. ЗСГУ, 1969 г.
29. Отчет по теме: «Технологическая оценка золотосодержащих кор выветривания Июньского золото-барит-полиметаллического месторождения (Восточный Салаир)». — Москва : ФГУП "ЦНИГР", 2005 г.
30. Технический отчет об инженерно-геологических изысканиях «Разработка золотороссыпного месторождения части лицензионного участка недр «Июньский», выполнен ООО «СГП-ЭКО», 2018 г.

Нормативно-правовая документация

31. Налоговый кодекс РФ.
32. Закон от 24.07.1998г. №125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

Нормативно-техническая документация

33. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
34. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

35. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
36. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
37. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.
38. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
39. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
40. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
41. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
42. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
43. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
44. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (01.07.92).
45. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
46. ПБ 05-619-03 Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом. — Москва, 2004.
47. Правила по охране труда при изысканиях и проектировании автомобильных дорог. Минтрансстрой СССР (30.12.1985).
48. ПУЭ Правила устройства электроустановок. 7-е изд. с изм. и дополн., 2006.

49. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.

50. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

51. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

52. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями N 1, 2).

53. СП 14.13330.2018. Свод правил. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*.

54. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.

55. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.

56. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.

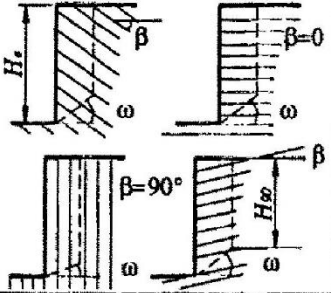
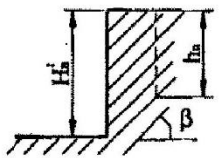
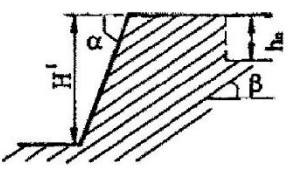
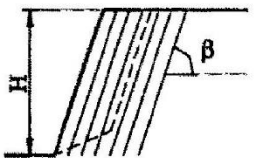
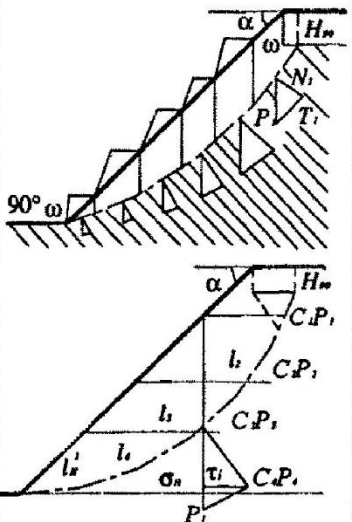
57. Справочник по охране геологической среды. Том 1. Г.В. Войткевич – Ростов на Дону, Феникс, 1996 – 448 с.

58. Техника безопасности при геологоразведочных работах. И.А Шенгер и др. – Л.: Недра, 1970 – 264 с.

Приложение А

(обязательное)

Таблица А.1 – Схемы расчета карьерных откосов в различных геологических условиях (по Г.Л. Фисенко)

Номер схемы	Расчетные схемы в различных условиях залегания пород	Условия применения типовой схемы	Расчетные формулы
1	2	3	4
I		При определении высоты вертикального откоса и трепины отрыва при благоприятном залегании поверхностей ослабления $\beta < \varphi'$	$H_0 = \frac{2c_n}{\gamma} \operatorname{tg} \omega_n \left(1 + \sqrt{\frac{\sigma_n}{c_n} \operatorname{tg} \omega_n} \right)$ $H_{\infty} = \frac{2c_n}{\gamma} \operatorname{tg} \omega_n$
II		При определении высоты уступов и бортов при неблагоприятном залегании поверхностей ослабления $\beta > \varphi'$	$H_0^1 = h_0^1 + \sqrt{\frac{2\sigma_n h_0^1}{\gamma} \operatorname{tg} \omega \beta \operatorname{ctg}(\beta - \varphi_0)}$ при $H_0 < H_{\infty}$ $h_0^1 = \frac{c_n \cos \varphi_n}{\gamma \cos \beta \sin(\beta - \varphi_0)}$ $h_0^1 < H_{\infty}$
III		При определении высоты уступов и бортов при неблагоприятном залегании поверхностей ослабления $\beta > \varphi'$	$H_0 = h_0^1 / (1 - \sqrt{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{tg} \beta})$ $\operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} \beta (1 - n / H_0)^2$
IV		При определении высоты уступов и бортов при неблагоприятном залегании поверхностей ослабления $\beta > \varphi'$	$H = H_{\infty} / (1 - \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{tg} \varphi_n)$ $\operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} \varphi_n (1 - H_{\infty} / H)$
V		V.1. Плоский борт при отсутствии неблагоприятно ориентированных поверх- ностей ослабления V.2. Горизонтальное зале- гание слоев при отсут- ствии ослабленных кон- тактов $C_n = \frac{\sum C_{ni} l_i}{\sum l_i}$ $\operatorname{tg} \varphi_n = \frac{\sum l_i \sigma_{ni} \operatorname{tg} \varphi_{ni}}{\sum l_i \sigma_{ni}}$	Алгебраическое сложение сил по круглоцилиндричес- кой поверхности скольжения Условие устойчивости $c_n L + \operatorname{tg} \varphi_n \sum N_i / \sum T_i = 1$ Углы откосов определяются по графику

(продолжение)

1	2	3	4
VI		VI.1. Борт выпуклого профиля при отсутствии благоприятных поверхностей ослабления и пластичных слоев в основании VI.2. Многоярусные отвалы рыхлых пород на устойчивом основании	Расчет на предельное равновесие по круглоцилиндрическим или плавным криволинейным поверхностям, пересекающимся в нижней точке откоса; используется также метод предельного напряженного состояния
VII		VII.1. Борт сложен обводненными рыхлыми породами $C < 0,5 H \gamma (1 - \operatorname{tg} \varphi_n) (1 - \operatorname{tg} \varphi_n^2)$ VII.2. В основании борта или отвала залегает слой пластичных глин $C_{\text{осн}} < 0,4 \gamma H$	Алгебраическое сложение сил по плавной криволинейной поверхности Условия устойчивости $\Sigma \tau_{\text{уд}} / \Sigma \tau_{\text{сдв}} = 1$ $\tau_{\text{сдв}} = f(\sigma_n)$ — по графику сопротивления сдвигу $\sigma_n = h \gamma \cos \alpha - D_i$ $\tau_{\text{сдв}} = 0,5 h \gamma \sin 2\alpha$
VIII		VIII.1. В борту имеется ряд неблагоприятно ориентированных поверхностей ослабления, поверхность скольжения на профиле имеет вид ломаной линии VIII.2. Отвалы на слоистом основании	Метод многоугольника сил $\frac{E_{m-1} \sin \theta (\operatorname{ctg} \theta - \operatorname{tg} \varphi_m)}{C_n + 0,5 h \gamma \cos^2 \alpha_m (\operatorname{tg} \varphi_m - \operatorname{tg} \varphi_m)}$ $\theta = \varphi_{m-1} - \varphi_m$

(окончание)

1	2	3	4
IX		Борт висячего бока при горизонтальном или пологом согласном залегании слоев при условии $\alpha < \varphi^1 N > N_1$ IX.1. $\beta < 10^\circ$ IX.2. $\beta > 10^\circ$	IX.1. Алгебраическое сложение сил на участке призмы активного давления $E = \sum T - \text{tg} \varphi_n \sum N - c_n L_2$ $L_1 = \frac{E \sin \theta (\text{tg} \theta - \text{tg} \varphi^1)}{c_n^1 + 0,5 h \gamma \cos^2 \beta (\text{tg} \varphi^1 - \text{tg} \beta)}$ IX.2. Метод многоугольника сил
X		Борт лежащего бока при условии $\varphi < \alpha < \beta < 80^\circ$	Алгебраическое сложение сил на участке призмы упора $E = \text{tg} \varphi_n \sum N_i + c_n L = \sum T_i$ $P_2 = \frac{E \sin \theta (\text{tg} \theta + \text{tg} \varphi^1 + c_n L_2)}{\cos \beta (\text{tg} \beta - \text{tg} \varphi^1)}$
XI		При мульдообразном залегании слоев пород $\alpha > \varphi^1$	Условие устойчивости $\sum T_i < c_n L + \text{tg} \varphi_n \sum N_i$ сохраняется по всем поверхностям: ADB, A'B', ADC
XII		В породах весьма крепких слабо трещиноватых или при небольшой высоте бортов и средней прочности пород: $\delta = \beta$ при $\beta > 30^\circ$ при $\beta < 20^\circ$ $\delta = 65^\circ$	$\alpha = \arctg \frac{\sum h_i}{\sum a_i + \sum h_i \text{tg} \delta}$ $\alpha = \beta$ при $20^\circ < \beta < 30^\circ$
Примечание. H, α – высота и угол наклона борта; h, δ – высота и угол откоса уступа; H_∞ – вертикальная трещина отрыва; β – угол падения слоев и поверхностей ослабления $\omega = 45^\circ + 1/2$ – угол наклона поверхности скольжения в верхней части; φ – угол наклона поверхности скольжения в любой точке; c_n, φ_n – расчетные величины сцепления и угла внутреннего трения пород; c_n^1, φ_n^1 – то же, по поверхности ослабления; γ – плотность пород; L – площадь поверхности скольжения; D_i – гидростатическое давление; P – масса элементарных блоков.			

Приложение Б

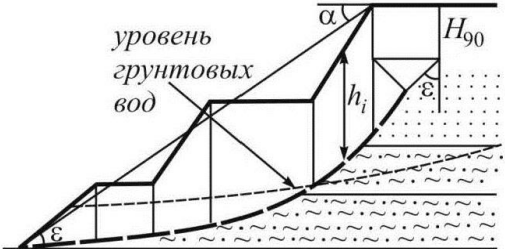
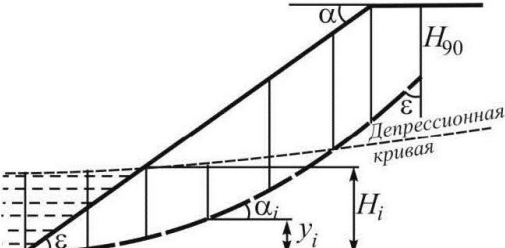
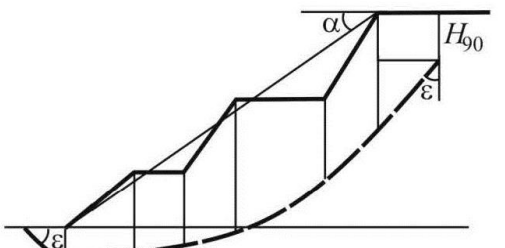
(обязательное)

Таблица Б.1 – Условия применения метода алгебраического сложения сил

Характеристики условий залегания пород	Схема
Слоистая толща с углом падения слоев $\beta \leq \pm 5^\circ$ при отсутствии слабых пластичных слоев	
Слоистая толща при несогласном с наклоном борта падении слоев при $50^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$	
Многоярусные отвалы рыхлых пород на устойчивом основании	
Однородный (квазиизотропный) откос	
Слоистая толща при наклонном несогласном с наклоном борта залегании слоев, т. е. падение слоев в сторону массива при $\beta < 50^\circ$	

(продолжение)

Таблица Б.2 – Условия применения метода касательных напряжений

Характеристика условий залегания горных пород	Схема
Борт сложен обводненными рыхлыми породами при условии: $C < 0,5 \cdot H \cdot \gamma \cdot \frac{1 - \operatorname{tg} \varphi}{1 - \operatorname{tg} \varphi_2} \times$	
Подтопленный борт	
В основании борта или отвала залегает слой пластичных глин (отвал на слабом основании): $C_{\text{осн}} < 0,4 H$	

(продолжение)

Таблица Б.3 – Условия применения метода многоугольника сил

Характеристика условий	Схема
В борту имеется ряд неблагоприятно ориентированных поверхностей ослабления, поверхность скольжения имеет вид ломаной линии ABC	
Отвалы на слоистом основании	
Пологое залегание естественных поверхностей ослабления: $\beta < \varphi'$; $\alpha > \beta$; $\beta \leq 25^\circ$	
Наклонное и крутое согласное с откосом залегание слоев: $\beta > \varphi'$; $\alpha < \beta < 70^\circ$	
Горизонтально или пологозалегающий контакт (пластичный пропласток, слабый слой или тектоническое нарушение)	

Приложение В (обязательное)

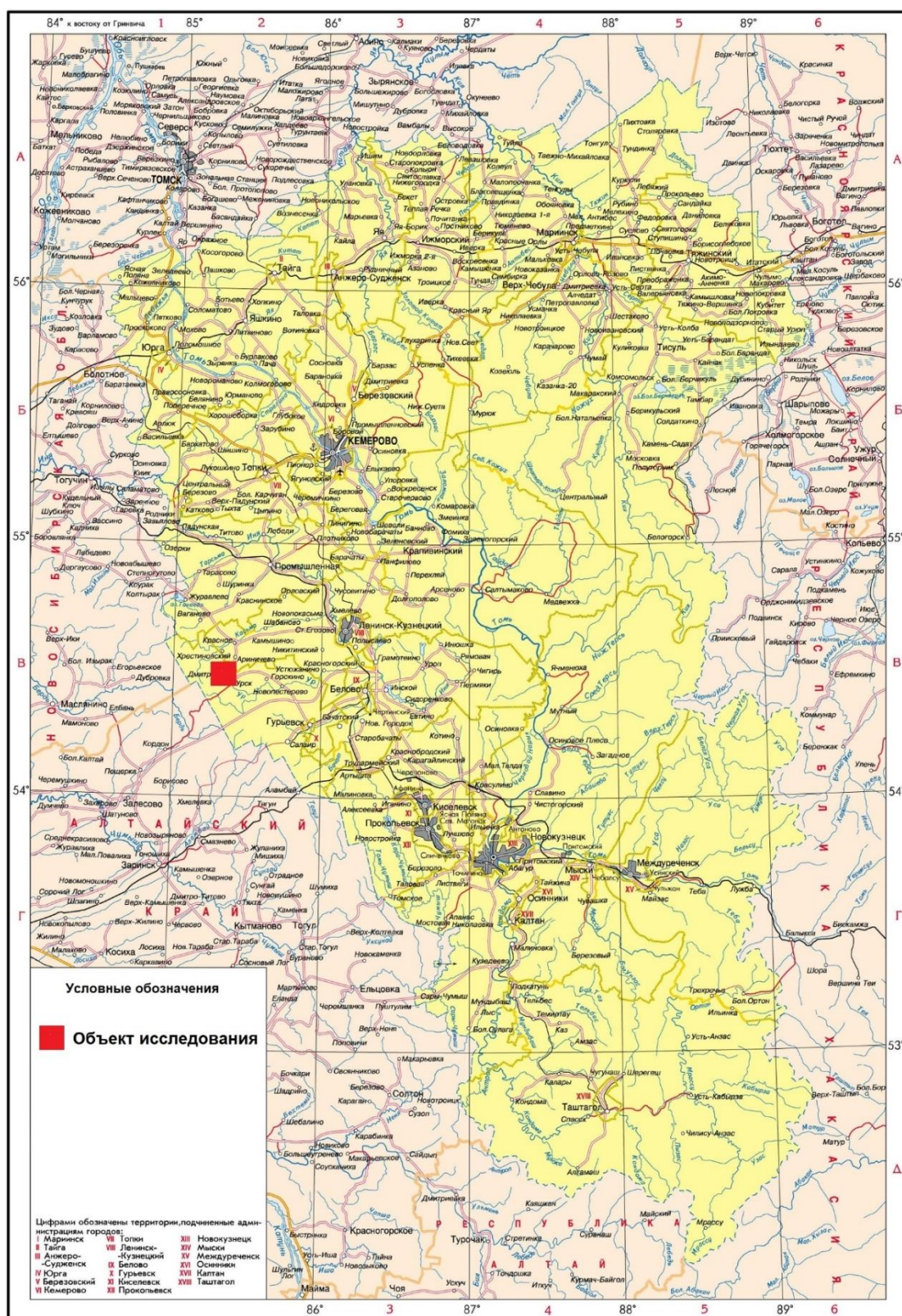


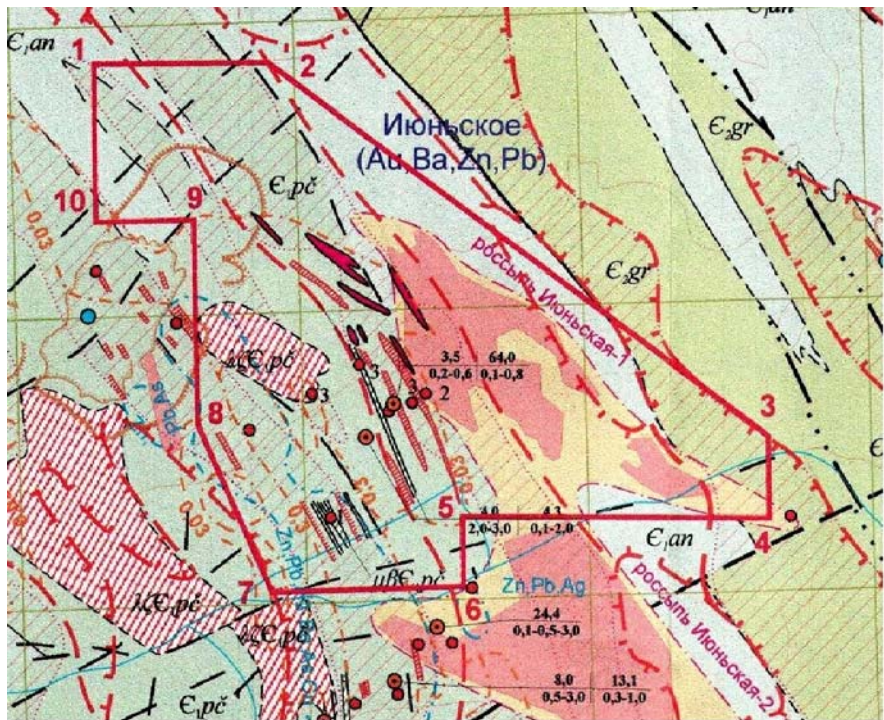
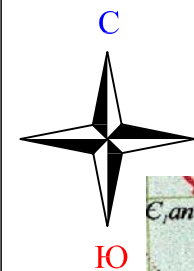
Рисунок В.1 – Обзорная схема

Приложение Г

(обязательное)

Таблица Г.1 – Физико-механические свойства пород по результатам лабораторных исследований

Типы пород	Объемный вес, т/м ³	Угол внутреннего трения, град.	Сцепление в массиве, МПа	Сцепление в массиве, т/м ²	Естественная влажность, %
ИГЭ-3а. Суглинок бурый аллювиально-делювиальный твердый, просадочный, высокопористый, маловлажный	1,86	18,0	0,008	0,8	19,3
ИГЭ-3б. Суглинок бурый аллювиально-делювиальный твердый и полутвердый, в единичных случаях тугопластичный, непросадочный, влажный	1,94	18,0	0,011	1,1	22,6
ИГЭ-3в. Суглинок бурый аллювиально-делювиальный тугопластичный и мягкопластичный, в единичном случае текучепластичный, насыщенный водой	1,93	18,0	0,011	1,1	25,5
ИГЭ-4. Суглинок аллювиальный полутвердый и тугопластичный, с редкими линзами песка, насыщенный водой	1,99	20,0	0,032	3,3	25,0
ИГЭ-5. Глина элювиально-делювиальная твердая с прослоями суглинка твердого, с включением дресвы и щебня, с линзами глины дресвяной и суглинка дресвяного	2,00	14,0	0,098	10,0	26,1



Источник: «Технологическая оценка золотосодержащих кор выветривания Июньского золото-барит-полиметаллического месторождения (Восточный Салаир)». -- Москва : ФГУП "ЦНИГР", 2005 г.

Условные обозначения (начало)

- Средний кембрий. Горская свита (E₂gr).
Песчаники, гравелиты, конгломераты, брекчии, алевролиты, туфоконгломераты, в подчинённом количестве андезитовые порфиры, туфы, известняки.
- Нижний кембрий. Анчешевская свита (E₁an). Серые, светлосерые известняки с прослоями туфопесчаников, глинистых сланцев.
- Нижний кембрий. Печёркинская свита (E₁rc). Кварцевые, дацитовые порфиры, андезито-дацитовые порфиры, их туфы, туфобрекчии, туфолавы, туфопесчаники, туфоалевролиты, сланцы кварц-серицит-хлоритовые, кварц-альбит-хлоритовые, хлорито-глинистые, карбонатно-глинистые, глинисто-углеродистые, темно-серые тонкослоистые, известняки.
- Риолит-дацитовые и риолитовые порфиры, субвулканические печеркинского комплекса.
- 1 Геологические границы: 1 - установленные; 2 - предполагаемые по геологическим данным; 3 - предполагаемые по геофизическим данным; 4 - границы несогласного залегания.
- 1 Тектонические нарушения: 1 - установленные; 2 - предполагаемые по геологическим данным; 3 - предполагаемые по геофизическим данным; 4 - прослеженные по аэрофотоснимкам.

Гидрохимические аномалии элементов-спутников золота (меди, цинка, свинца, бария, серебра, мышьяка).

Условные обозначения (окончание)

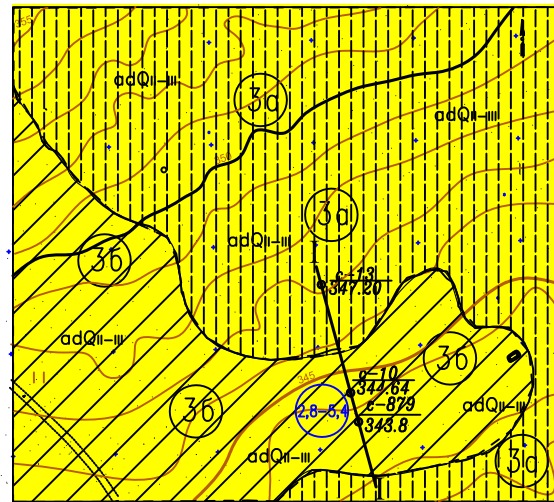
- Точки с повышенным содержанием золота в первичных ореолах: а - 0,3-0,7 г/т, б - 1 и более г/т.
- Поисковые скважины, вскрывшие зоны золотой минерализации в коренных породах, в числителе - мощность зоны в метрах, в знаменателе - содержание золота в г/т
- Эндегенные ореолы: а - золота (в г/т), б - меди, цинка, свинца, бария, серебра,
- Zn,Cu,Pb
- Урская
- Россыпи золота и их название: а - частично или полностью отработанные; б - непромышленные, предполагаемые по геолого-геофизическим данным
- Зоны прожилково-жильного окварцевания
- Золотоносные минерализованные (сульфидизация, прокварцевание, серицитизация) зоны в породах фундамента, установленные по геолого-геохимическим данным (эндогенные ореолы золота и его элементов -спутников: меди, свинца, цинка, серебра).
- Контуры распространения золотоносных зон.
- Карьеры
- Отвалы
- Граница предварительного горного отвода участка "Июньский", номера угловых точек.
- Михайловское (Cu,Zn)
- Выходы под наносы зоны окисления золотосодержащих тел сульфидных (медно-колчеданных и барит-полиметаллических) сливных и прожилково-вкрапленных руд; название месторождений и рудопроявлений (в скобках - металлогеническая специализация); Портянников, 1980.

				Влияние ИГУ участка Июньский золотороссыпного месторождения на выбор методов расчета устойчивости откосов бортов карьера		
				Июньское золотороссыпное месторождение		
Должность	Ф.И.О.	Подпись	Дата	Фрагмент геологической карты Июньского золотороссыпного месторождения		
Ст-нт	Будников					
				Масштаб 1:25 000	ТПУ ИШПР	

Приложение Е (обязательное)

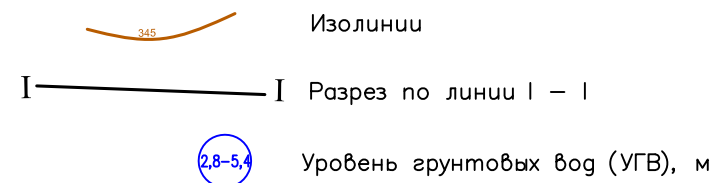
Карта инженерно-геологических условий участка изысканий

Масштаб 1:5000

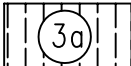
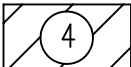
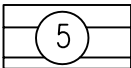
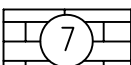


Автор: Будников А.А., 2018 год

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

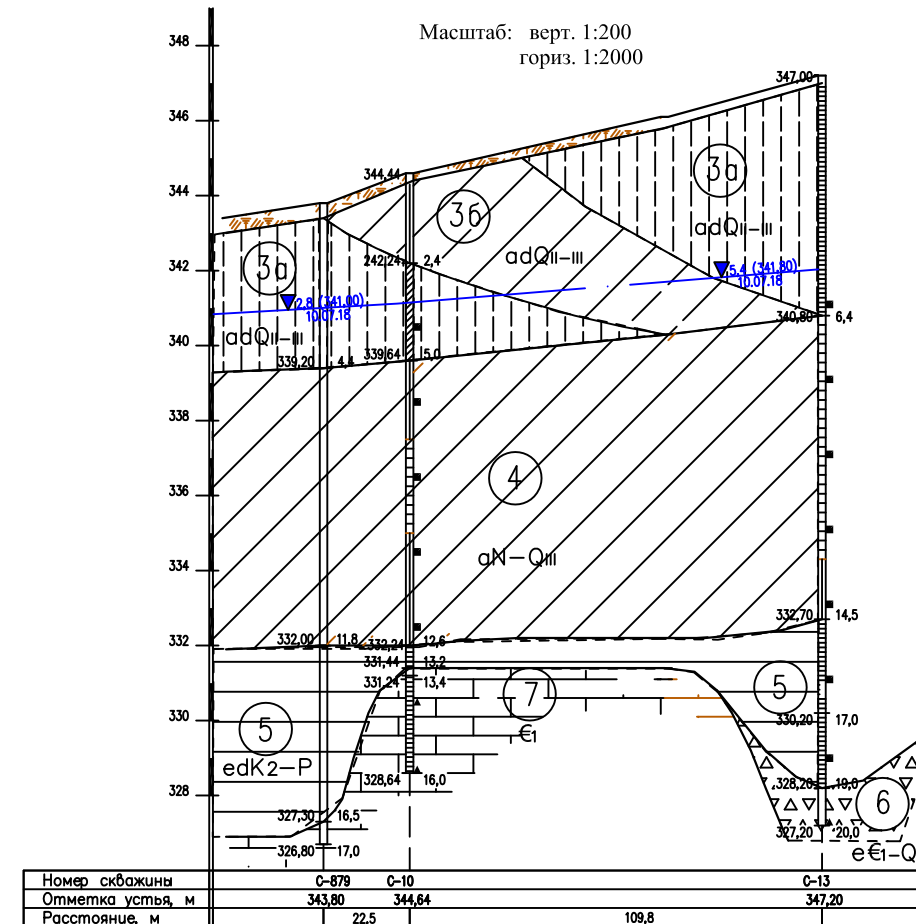


Стратиграфо-генетические комплексы

bQiv		Почвенно—растительный слой (на карте не показан)
adQii—III		Суглинок бурый аллювиально—делювиальный твердый, просадочный, высокопористый, маловлажный
		Суглинок бурый аллювиально—делювиальный твердый и полутвердый, в единичных случаях тугопластичный, непросадочный, влажный
aN—Qiii		Суглинок аллювиальный полутвердый и тугопластичный, с редкими линзами песка, насыщенный водой
edK2→P		Глина элювиально—делювиальная твердая с прослоями суглинка твердого, с включением гравия и щебня, с линзами глины гравеобразной и суглинка гравеобразного
e€i—Q		Грунт гравеобразный элювиальный с прослоями грунта щебенистого. Заполнитель глинистый и песчаный. Продукт выветривания известняков и сланцев.
€i		Скальный грунт представлен известняком светло серого и белого цвета, трещиноватым, обломки средней прочности и прочные

Инженерно-геологический разрез по линии I-I

Масштаб: верт. 1:200
гориз. 1:2000



▼5.4 (341,80)
10.07.18 УГВ (в числителе – глубина и абсолютная отметка, в знаменателе – дата проведения замера)

adQII-III Современные аллювиально-делювиальные отложения

3а) Номер инженерно-геологического элемента

① $\frac{с-13}{347.20}$ Номер скважины
 Абсолютная отметка устья скважины

				Влияние ИГУ участка Июньский золотороссыпного месторождения на выбор методов расчета устойчивости откосов бортов карьера				
Должность	Ф.И.О.	Подпись	Дата	Июньское золотороссыпное месторождение				
Ст-нт	Будников			Карта ИГУ и инженерно-геологический разрез				
						ТПУ ИШПР		

Приложение Ж
(обязательное)

A review of methods for slope stability analysis used in the USA

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM71	Будников Александр Александрович		

Руководитель ВКР:

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

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Айкина Т.Ю.	канд. филол. наук		

Table of contents

1.1	Relevance.....	119
1.2	Aims of slope stability analyses	119
1.3	Common definitions	120
1.4	Methods for slope stability analysis	122
1.4.1	Methods which satisfy overall moment equilibrium.....	122
1.4.2	Force equilibrium methods.....	123
1.4.3	Moment and force equilibrium methods	123
1.4.4	Other methods	125
1.5	Summary.....	126
1.6	References	127

1.1 Relevance

The development of slope stability analyses in geotechnics is closely allied with developments in soil and rock mechanics. Slopes can be natural or engineered by humans. Slope stability problems appear when humans or nature upset the delicate equilibrium of natural soil slopes. A demand for engineered cut and fill slopes on construction projects is growing, that's why there is a need to comprehend analytical methods, investigative tools, and stabilization methods. That helps to solve slope stability difficulties. It's very important to apply specialty construction techniques that must be understood and modeled in realistic ways.

It is necessary to understand soil, geology and hydrogeology properties for correct applying slope stability principles. Analyses are based upon a model that exactly shows subsurface conditions, ground behavior, and applied loads. To assess the results of analyses it is necessary to make judgments about acceptable risk or safety factors.

1.2 Aims of slope stability analyses

Slope stability analysis has an influence on the safe and economic design of excavations, embankments, earth dams, landfills, and spoil heaps. The aims of slope stability analyses are:

- To understand the development and form of natural slopes and the processes responsible for different natural features.
- To assess the stability of slopes under short-term (often during construction) and long-term conditions.
- To assess the possibility of landslides involving natural or existing engineered slopes.
- To analyze landslides and to understand failure mechanisms and the influence of environmental factors.
- To enable the redesign of failed slopes and the planning and design of preventive and remedial measures, where necessary.
- To study the effect of seismic loadings on slopes and embankments.

A variety of factors relating to topography, geology, and material properties is taken into account by the analysis of slopes. Also it is important to know whether the slope was naturally formed or engineered.

1.3 Common definitions

Engineered slopes may be considered in three main categories: embankments, cut slopes, and retaining walls.

Shallow and deep cuts are important features in any civil engineering project. The aim in a slope design is to determine a height and inclination that is economical and that will remain stable for a reasonable life span. The design is influenced by the purposes of the cut, geological conditions, in situ material properties, seepage pressures, construction methods, and the potential occurrence of natural phenomena such as heavy precipitation, flooding, erosion, freezing, and earthquakes.

Steep cuts often are necessary because of right-of-way and property line constraints. The design must consider measures that will prevent immediate and sudden failure as well as protect the slope over the long term, unless the slope is cut for temporary reasons only. In some situations, cut stability at the end of construction may be a critical design consideration. Conversely, cut slopes, although stable in the short term, can fail many years later without much warning.

To a certain degree, the steepness of a cut slope is a matter of judgment not related to technical factors. Flat cut slopes, which may be stable for an indefinite period, are often uneconomical and impractical. Slopes that are too steep may remain stable only for a short period of time. A failure may pose a danger to life and property at a later date. Failures could involve tremendous inconvenience and the expense of repairs, maintenance, and stabilization measures [1, p. 5, 16].

The stability of a slope may be assessed using either published chart solutions or a computer analysis. Most of the computer programs used for slope stability analysis are based on the limiting equilibrium approach for a two-dimensional model, although some also allow three-dimensional analysis.

Other, more complex programs that use the finite element or boundary element methods are also available, and allow the engineer to perform refined, two- or three- dimensional slope evaluations. However, such analyses require a relatively complete model of the subsoils and their constitutive parameters determined by an extensive program of laboratory tests. Concerns about the laboratory testing, lack of familiarity with the methodology, and the requirements for extensive computing for each analysis have generally restricted the use of the finite element approach to earth embankment dams only.

Terzaghi and Peck state, “Slides may occur in almost every conceivable manner, slowly or suddenly, and with or without any apparent provocation”. These slope failures are usually due either to a sudden or gradual loss of strength by the soil or to a change in geometric conditions, for example, the steepening of an existing slope. Figure 1 illustrates the typical slides that can be expected to occur in soil slopes [1, p. 330].

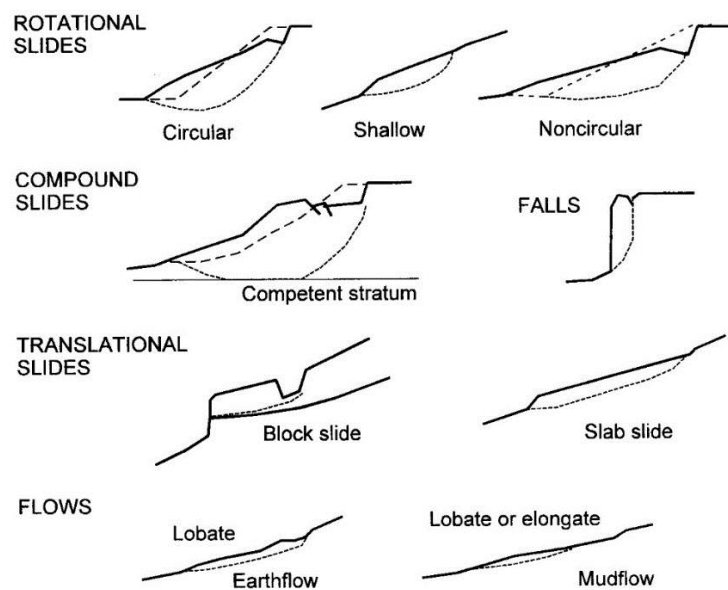


Figure 1 – Types of mass movements in clay slopes.

An understanding of the role of the factor of safety (FOS) is vital in the rational design of slopes. One well-recognized function of the FOS is to account for uncertainty and thus to guard against ignorance about the reliability of the items that enter into the analysis, such as strength parameters, pore pressure distribution, and stratigraphy. In general, the lower the quality of the site investigation, the higher the

desired FOS should be, particularly if the designer has only limited experience with the materials in question [1, p. 332]. Another role of the FOS is that it constitutes an empirical tool whereby deformation stability performances are limited to tolerable amounts within economic restraints. In this way, the choice of the FOS is greatly influenced by the accumulated experience with a particular soil mass. Since the degree of risk that can be taken is also greatly influenced by experience, the actual magnitude of the FOS used in design will vary with material type and performance requirements.

1.4 Methods for slope stability analysis

According to Yang H. Huang the methods can be broadly divided into three categories, based on the quantity of equilibrium equations to be satisfied.

1.4.1 Methods which satisfy overall moment equilibrium

Here we have the Fellenius method, the simplified Bishop method, the $\phi = 0$ (angle of internal friction of soil), and the logarithmic spiral method. The first two methods are used exclusively for developing stability charts and the REAME (rotational equilibrium analysis of multilayered embankments) computer program.

The Fellenius method has been used widely for many years. It's applicable to nonhomogeneous slopes and is very convenient to hand calculation. This method is valid only to circular failure surfaces and considers only the overall moment equilibrium; the forces on each side of a slice are discounted. Where high pressures of pore water are present, an improved version of the Fellenius method is available. The Fellenius and the normal methods were used to produce stability graphs for practical use. The factor of safety found by the normal method is generally a little smaller than that the simplified Bishop method gives [9, p. 10].

In the simplified Bishop method, overall moment equilibrium and vertical force equilibrium are satisfied. However, for individual slices, neither moment nor horizontal force equilibrium is satisfied. Although equilibrium conditions are not completely satisfied, the method is, nevertheless, a suitable way and is recommended

for most routine work where the failure surface can be approximated by a circle. Bishop associated the factor of safety found from the simplified method with that from a more rigorous method in which all equilibrium conditions are satisfied. He found that the vertical interslice force, S , could be assumed zero without introducing significant error, typically less than one percent. Hence, the simplified procedure, which set the vertical interslice force to zero, gives approximately the same result as the rigorous procedure, which satisfies all the equilibrium conditions.

1.4.2 Force equilibrium methods

Several methods have been proposed which satisfy only the overall vertical and horizontal force equilibrium as well as the force equilibrium in individual slices or blocks. Although moment equilibrium is not explicitly considered, these methods may produce correct results if the inclination of the side forces is assumed in such a manner that the moment equilibrium is implicitly satisfied. Arbitrary assumptions on the inclination of side forces have a large influence on the factor of safety. Depending on the inclination of side forces, a range of safety factors may be obtained in many problems. Force equilibrium methods should be used cautiously, and the user should be well aware of the particular side force assumptions employed.

The procedure most amenable to hand calculation is the sliding wedge method in which the active or passive earth pressure theory is employed to determine the side forces. This procedure has been used by Mendez [5] and the Department of Navy [2]. Another procedure, as used by Seed and Sultan [7], is to assume the shear stress along the failure surface as a quotient of shear strength and factor of safety and determine the factor of safety from force equilibrium. This method, which requires iterations, is more cumbersome but is used to develop equations for plane failure and the SWASE (sliding wedge analysis of sidehill embankments) computer program.

1.4.3 Moment and force equilibrium methods

Included in this category are the methods by Janbu [3, 4], Morgenstem and Price [6], and Spencer [8]. These methods have the same basic idea; the difference is

in the assumption of the interslice forces. If both moment and force equilibrium are satisfied, the assumption on interslice forces should have only small effect on the factor of safety obtained. Circular and noncircular failure surfaces may be founded with all these methods.

In Janbu's method, the location of the interslice normal force, or the line of thrust, must be arbitrarily assumed. For cohesionless soils, the line of thrust should be selected at or very near the lower third point. For cohesive soils, the line of thrust should be located above the lower third point in a compressive zone (passive condition) and somewhat below it in an expansive zone (active condition). This method is very easy to use and does not require as much individual judgment as Morgenstem and Price's method.

In Morgenstem and Price's method, a simplifying assumption is made regarding the relationship between the interslice shear force, S , and the normal force, E . Having made the assumption and obtained the output from the computer, all the computed quantities must be examined to determine whether they seem reasonable. Whitman and Bailey solved several problems using Morgenstem and Price's procedure and the simplified Bishop method and found the resulting difference was seven percent or less, usually less than two percent.

In Spencer's method, it is assumed that the interslice forces be parallel; i.e., the angle of inclination, or $\tan^{-1}(S/E)$, is the same at every vertical side. By considering the force and moment equilibrium for each slice, two recursive formulas can be derived for determining the two unknowns F and δ .

In contrast to all the above methods, the finite element method determines the normal and shear stresses along a failure surface by considering the elastic properties of soils in terms of Young's modulus and Poisson's ratio.

All the above methods are deterministic in that the shear strength of soils, the loadings applied to the slope, and the required factor of safety are assumed to be known. In reality, a large variation in shear strength, and possibly also in loading,

exists. The probabilistic method provides information on the probability of failure [9].

1.4.4 Other methods

Except the above methods there are other methods used in the USA.

Ordinary method of slices (OMS). This method neglects all interslice forces and fails to satisfy force equilibrium for the slide mass as well as for individual slices. However, this is one of the simplest procedures based on the method of slices.

Janbu's simplified method. Janbu also assumes zero interslice shear forces, reducing the number of unknowns to $(4n - 1)$. This leads to an overdetermined solution that will not completely satisfy moment equilibrium conditions. However, Janbu presented a correction factor, f_0 , to account for this inadequacy.

Lowe and Karafiath's method. Lowe and Karafiath assume that the interslice forces are inclined at an angle equal to the average of the ground surface and slice base angles, that is, $\theta = \frac{1}{2}(\alpha + \beta)$, where θ is the assumed inclination of the interslice force on the right-hand side of the typical slice. This simplification leaves $(4n - 1)$ unknowns and fails to satisfy moment equilibrium.

Corps of engineers method. The Corps of Engineers approach considers the inclination of the interslice force as either parallel to ground surface (i.e., $\theta = \beta$), or equal to the average slope angle between the left and right endpoints of the failure surface. The approach is similar to the one proposed by Lowe and Karafiath and presents an overdetermined system where moment equilibrium is not satisfied for all slices.

Bishop's rigorous method. Bishop assumes $(n - 1)$ interslice shear forces to calculate an FOS. Since this assumption leaves $(4n - 1)$ unknowns, moment equilibrium cannot be directly satisfied for all slices. However, Bishop introduces an additional unknown by suggesting that there exists a unique distribution of the interslice resultant force, out of a possible infinite number, that will rigorously satisfy the equilibrium equations.

Janbu's generalized method. Janbu assumes a location of the thrust line, thereby reducing the number of unknowns to $(4n - 1)$. It points out that the position of the normal stress on the last (uppermost) slice is not used and hence moment equilibrium is not satisfied for this last slice. However, similar to the rigorous Bishop method, Janbu's generalized method also suggests that the actual location of the thrust line is an additional unknown, and thus equilibrium can be satisfied rigorously if the assumption selects the correct thrust line.

Sarma's method. Sarma uses the method of slices to calculate the magnitude of a horizontal seismic coefficient needed to bring the failure mass into a state of limiting equilibrium. This allows the procedure to develop a relationship between the seismic coefficient and the presumed FOS. The static FOS will then correspond to the case of a zero seismic coefficient. Sarma uses an interslice force distribution function and the value of the seismic coefficient can be calculated directly for the presumed FOS. All equilibrium conditions are satisfied by this method. However, it should be noted that the critical surface corresponding to the static FOS (for a zero seismic coefficient) will often be different than the surface determined using the more conventional approach where the FOS is treated as an unknown.

1.5 Summary

All the methods referred to above, except for the normal method, require some kinds of iterations. To speed up convergence, Newton's method of tangent can be applied to the simplified Bishop and original Spencer methods. For the Spencer method, a relaxation factor should be applied to avoid oscillations and ensure convergence [10].

All the methods, referred to above, are tabulated below.

Table 1 – Slope stability methods used in the USA

Method	Force Equilibrium		Moment Equilibrium
	<i>x</i>	<i>y</i>	
Ordinary method of slices (OMS)	No	No	Yes
Bishop's simplified	Yes	No	Yes
Janbu's simplified	Yes	Yes	No
Lowe and Karafiath's	Yes	Yes	No
Corps of Engineers	Yes	Yes	No
Spencer's	Yes	Yes	Yes
Bishop's rigorous	Yes	Yes	Yes
Janbu's generalized	Yes	Yes	No
Sarma's	Yes	Yes	Yes
Morgenstern–Price	Yes	Yes	Yes

1.6 References

1. Abramson Lee, 2001. Slope stability and stabilization [et. Al.]. – 2nd ed, New York.
2. Department of Navy, 1971. Design Manual, Soil Mechanics, Foundations, and Earth Structures, NAVFAC DM-7, Naval Facilities Engineering Command, Philadelphia.
3. Janbu, N., 1954. “Application of Composite Slip Surface for Stability Analysis”, European Conference on Stability of Earth Slopes, Stockholm, Sweden.
4. Janbu, N., 1973. “Slope Stability Computation,” Embankment-Darn Engineering, Casagrande Volume, edited by R. C. Hirschfeld and S. J. Poulos, John Wiley & Sons, New York.
5. Mendez, C., 1971. Computerized Slope Stability, the Sliding Block Problem, Technical Report No. 21, Purdue University Water Resources Research Center, Lafayette.
6. Morgenstern, N., and V. E. Price, 1965. “The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces,” Geotechnique, Vol. 15, No. 1.
7. Seed, H. B., and H. A. Sultan, 1967. “Stability Analysis for a Sloping Core Embankment,” Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 93, No. SM4.

8. Spencer, E., 1967. "A Method of Analysis of the Stability of Embankments Assuming Parallel Interslice Forces" *Geotechnique*, Vol. 17, No. 1.
9. Yang H. Huang, 1982. *Stability analysis of earth slopes*. University of Kentucky.
10. Yang H/ Huang, Sc.D., P.E., 2014. *Slope stability analysis by the limit equilibrium method*. University of Kentucky.

(обязательное)

**Смета на выполнение
инженерно-геологических изысканий
I. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ**

№ п/п	Характеристика предприятия, здания, сооружения или вид работ	Номер частей, глав, таблиц, параграфов и пунктов указаний к разделу справочника базовых цен на проектные и изыскательские работы для строительства	Расчет стоимости	Стоимость работ, руб.
1	Инженерно-геологическая рекогносцировка местности хорошей проходимости, категория сложности - I. 1км маршрута.	объем работ Таблица 9 п.1 18,3 1	1 * 18,3 * 1	18,30
2	Плановая и высотная привязка при расстоянии между геологическими выработками или точками до 50 м, категория сложности - I 10 скважин и 10 ТСЗ	объем работ Таблица 93 п.1 15 6,2 0 0 1	15 * 6,2 * 1 0 * 0 * 1	93,00 0,00
3	Колонковое бурение скважин диаметром до 160 мм глубиной св. 15 до 25 м , категория пород - II Всего: 10 скв 200 п.м.	объем работ 2кат Таблица 17 п.2 50 38,4 0	50 * 38,4 * 0,9	1 728,00
4	Статическое зондирование грунтов непрерывным вдавливанием зонда со скоростью не свыше 1 м/мин, при глубине св. 10 до 15 м, 1 испытание Итого: 10 испытаний	объем работ Таблица 45 п.5 10 172,5 1 1 1	10 * 172,5 * 1 * 1 * 1	1 725,00
5	Отбор воды с глубины более 0,5 м, проба 3 пробы	объем работ Таблица 60 п.2 3 7,6 объем работ 1	3 * 7,6 * 1 0 * 0 * 1	22,80 0,00
6	Отбор монолитов связных и несвязных грунтов для лабораторных исследований из буровых скважин (связные грунты) глубиной до 10 м, 1 монолит 24 монолита	объем работ Таблица 57 п.2 24 22,9 объем работ 1	24 * 22,9 * 1 0 * 0 * 1	549,60 0,00
Итого полевых работ				4 136,70

II. ПРОЧИЕ РАСХОДЫ

№ п/п	Характеристика предприятия, здания, сооружения или вид работ	Номер частей, глав, таблиц, параграфов и пунктов указаний к разделу справочника базовых цен на проектные и изыскательские работы для строительства		Расчет стоимости			Стоимость работ, руб.
7	Внутренний транспорт до 5 км при сметной стоимости полевых работ	таблица 4 §1	до 5 т.р.	8,75%	*	4 136,70	361,96
8	Организация и ликвидация работ	п.13 СБЦ	6,00%	6,00%	*	4 498,66	674,80
		прим. К-2,5	2,5			* 2,5	
9	Внешний транспорт от 100 до 300 км продолжительность	таблица 5§2	до 1 мес.	19,60%	*	4 498,66	881,74
Итого прочих расходов							1 918,50
Всего по I, II разделам							6 055,20

III. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Справочник базовых цен на лабораторные инженерно-геологические работы, М (1999г.)

№ п/п	Характеристика предприятия, здания, сооружения или вид работ	Номер частей, глав, таблиц, параграфов и пунктов указаний к разделу справочника базовых цен на проектные и изыскательские работы для строительства		Расчет стоимости			Стоимость работ, руб.
10	Природная влажность 16 образцов	объем работ	16	16	*	4	64,00
		Таблица 62 п.1	4				
11	Плотность влажного грунта методом режущего кольца 16 образцов	объем работ	16	16	*	4,5	72,00
		Таблица 62 п.4	4,5				
12	Плотность частиц грунта пикнометрическим методом 16 образцов	объем работ	16	16	*	7,2	115,20
		Таблица 62 п.5	7,2				
13	Полный комплекс физико-механических свойств грунта с определением сопротивления грунта срезу (консолидированный срез) под нагрузкой до 0,6 МПа, 24 образца	объем работ	24	24	*	193	4 632,00
		Таблица 63 п.25	193				
14	Стандартный (типовой) анализ воды, 3 образца	объем работ	3	3	*	67,3	201,90
		Таблица 73 п.2	67,3				
15	Коррозионная активность грунтов по отношению к бетону и стали, 1 образец	объем работ	4	4	*	43,6	174,40
		Таблица 75 п.4, п.5	43,6				
16	Коррозионная активность грунтовых вод по отношению к бетону и стали, 1 образец	объем работ	3	3	*	37,1	111,30
		Таблица 75 п.5 и п.9	37,1				
Итого по разделу III							5 370,80

IV. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Справочник базовых цен на камеральные инженерно-геологические работы, М (1999г.)

№ п/п	Характеристика предприятия, здания, сооружения или вид работ	Номер частей, глав, таблиц, параграфов и пунктов указаний к разделу справочника базовых цен на проектные и изыскательские работы для строительства	Расчет стоимости	Стоимость работ, руб.
17	Камеральная обработка инженерно-геологической рекогносцировки, 1км	объем работ 1 Таблица 9 п.1 13,5	1 * 13,5	13,50
18	Камеральная обработка материалов буровых и горнопроходческих работ, 1м Сложность инж геол условий - 3	объем работ 50 Таблица 82 п.1 9,4 1	50 * 9,4 * 1	470,00
19	Камеральная обработка полевого испытания грунтов динамическим или статическим зондированием с последующей корректировкой разреза по данным лабораторных работ, 1испытание	объем работ 10 Таблица 83 п.2 38,3	10 * 38,3	383,00
20	Камеральная обработка комплексных исследований и отдельных определений физико-механических свойств глинистых грунтов, % от стоимости лабораторных работ	Табл. 86 п. 1 20%	0,2 * 4 883,20	976,64
21	Камеральная обработка определения коррозионной активности грунтов и воды, % от стоимости лабораторных работ	Табл. 86 п.8 15%	0,15 * 285,70	42,86
22	Составление сметы и программы производства работ средней глубиной исследования св.15 до 25м	объем работ 1 Таблица 81 п.3 1100 K1 = 0.5 (Часть VII, Глава 20, прим. 1 к табл. 81) 0,5 K2 = 1.4 (Часть VII, Глава 20, прим. 1 к табл. 81) 1,4	1 * 1100 * 1,4 0,5	770,00
23	Составление отчета (стоимость камер. работ до 5 т.р.)	Табл. 87 25% 1	0,25 * 1 * 1 886,00	471,50
Итого по разделу IV				3 127,49
24	Итого по смете в ценах 1991 г.			14 553,49
25	Итого по смете с учетом инфляционного коэффициента (Письмо Минрегиона от 05.03.2019г. №7581-ДВ/09)		k = 47,12	685 760,53

Приложение К (справочное)

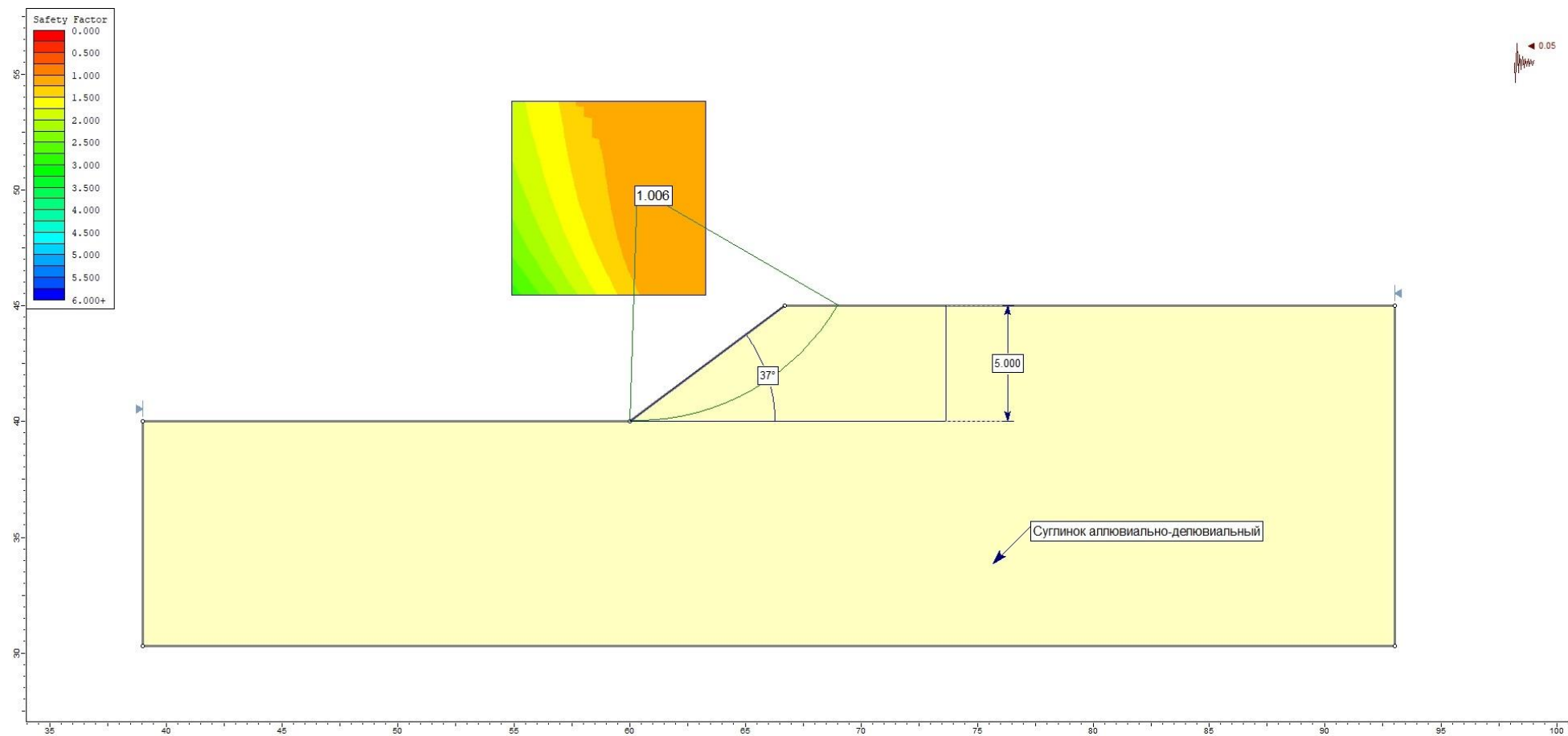


Рисунок К.1 – Моделирование устойчивости откоса без учета горизонта подземных вод (ПО Slide 6.0 Rocscience)

(продолжение)

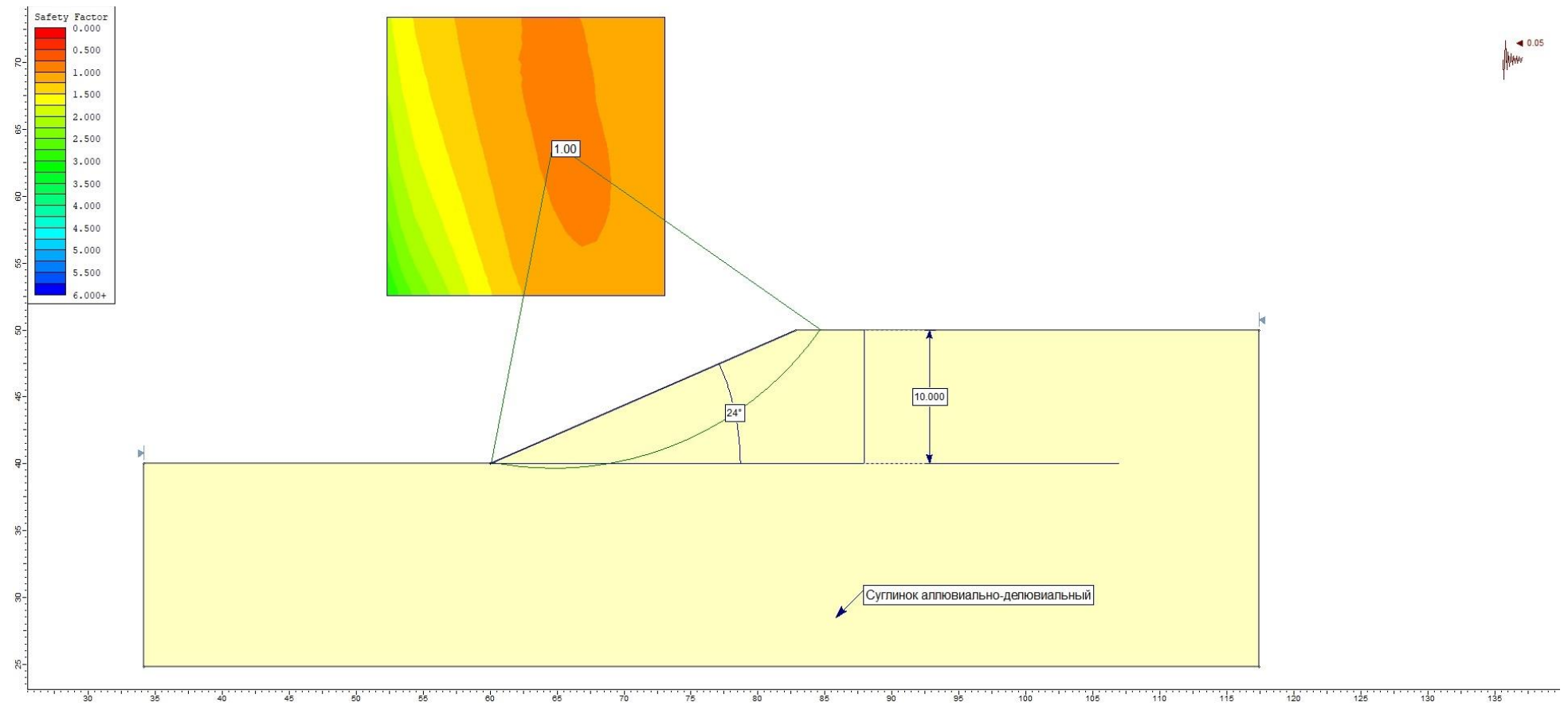


Рисунок К.2 – Моделирование устойчивости откоса без учета горизонта подземных вод (ПО Slide 6.0 Rocscience)

(продолжение)

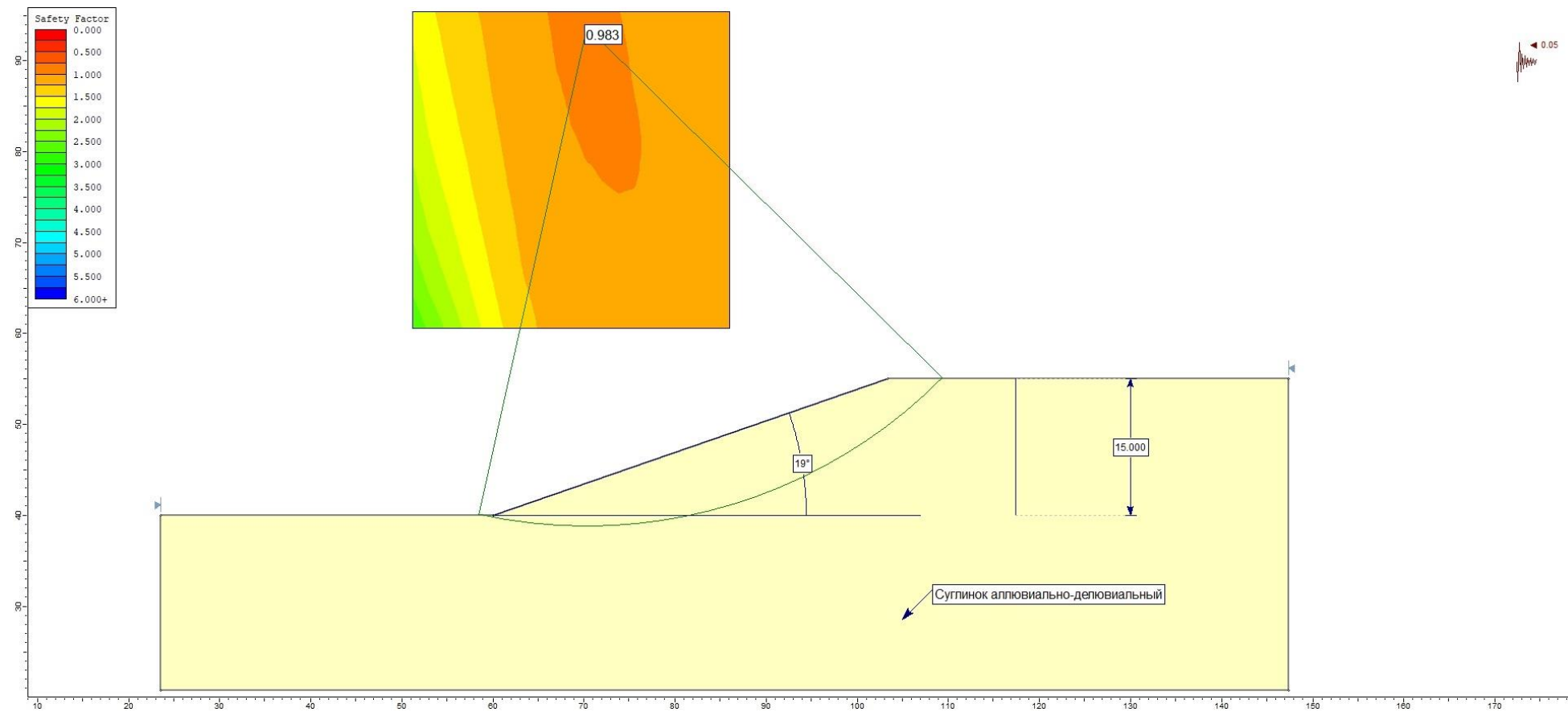


Рисунок К.3 – Моделирование устойчивости откоса без учета горизонта подземных вод (ПО Slide 6.0 Rocscience)

(продолжение)

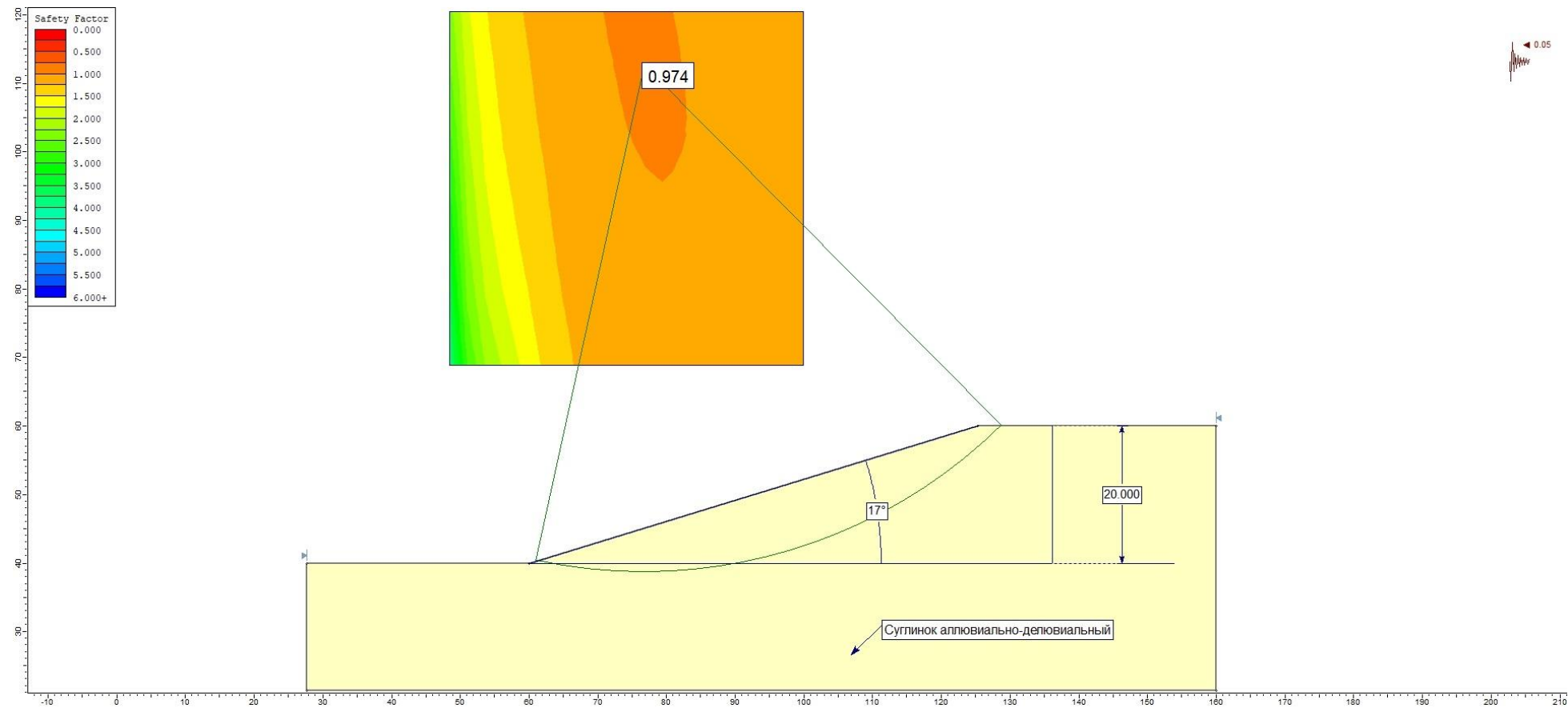


Рисунок К.4 – Моделирование устойчивости откоса без учета горизонта подземных вод (ПО Slide 6.0 Rocscience)

(продолжение)

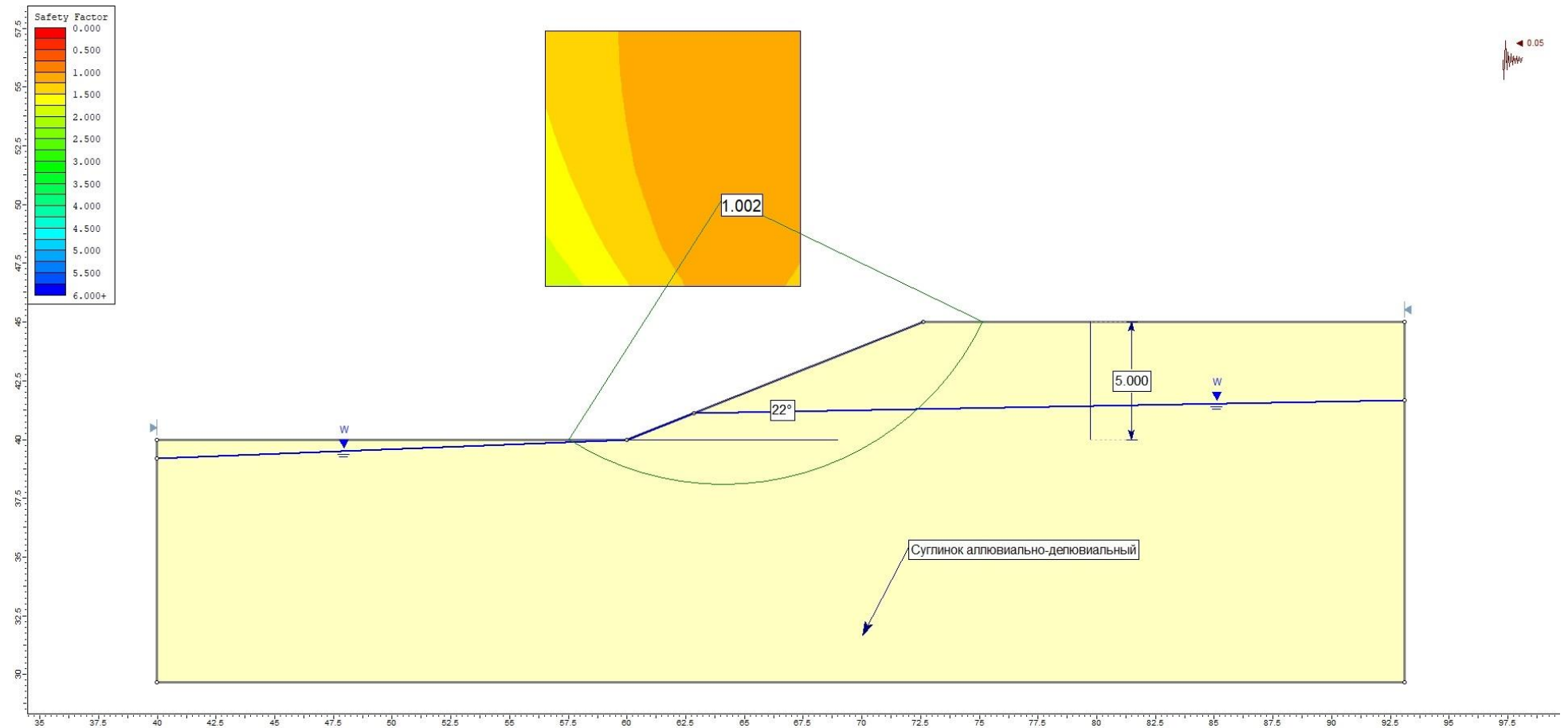


Рисунок К.5 – Моделирование устойчивости откоса при наличии горизонта подземных вод (ПО Slide 6.0 Rocscience)

(продолжение)

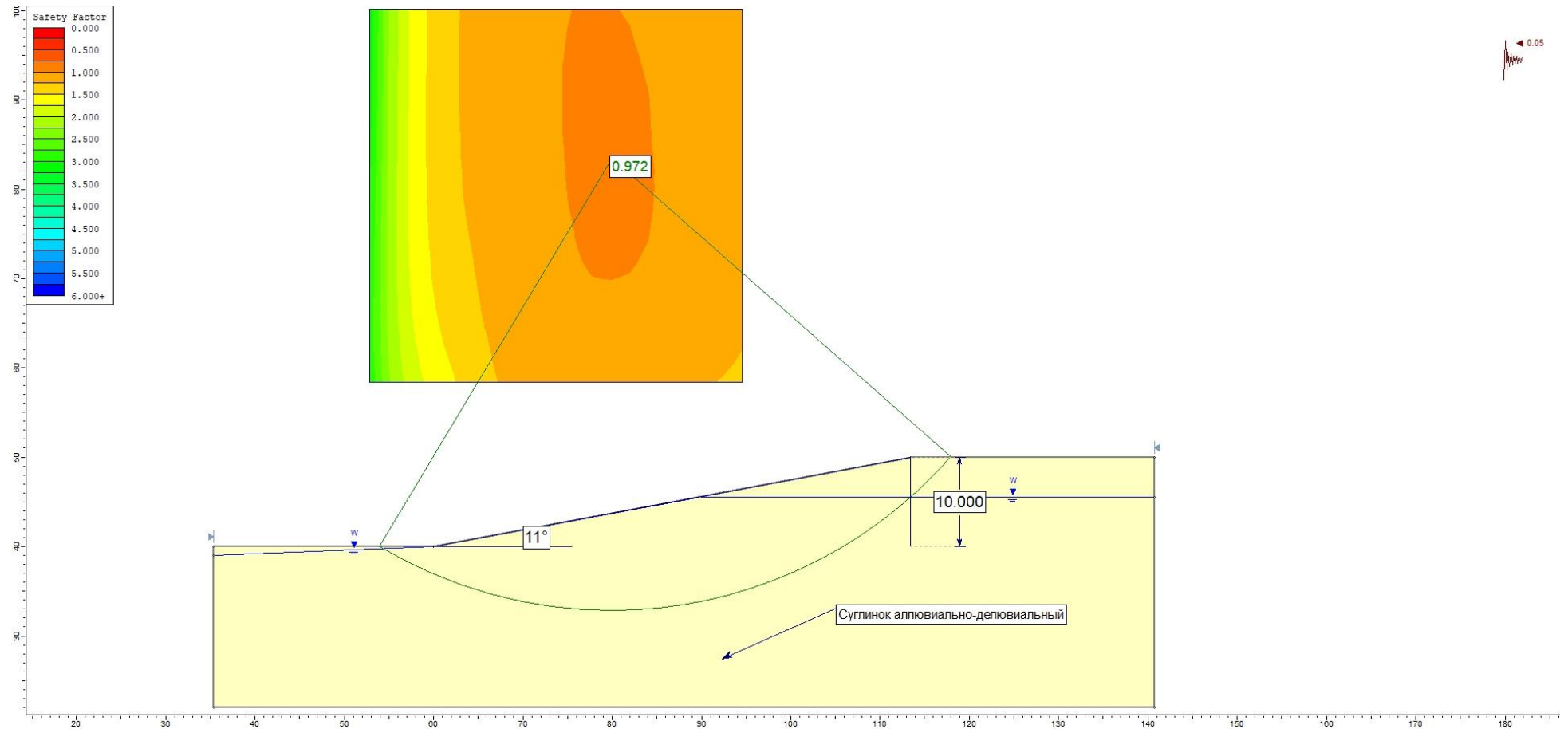


Рисунок К.6 – Моделирование устойчивости откоса при наличии горизонта подземных вод (ПО Slide 6.0 Rocscience)

(продолжение)

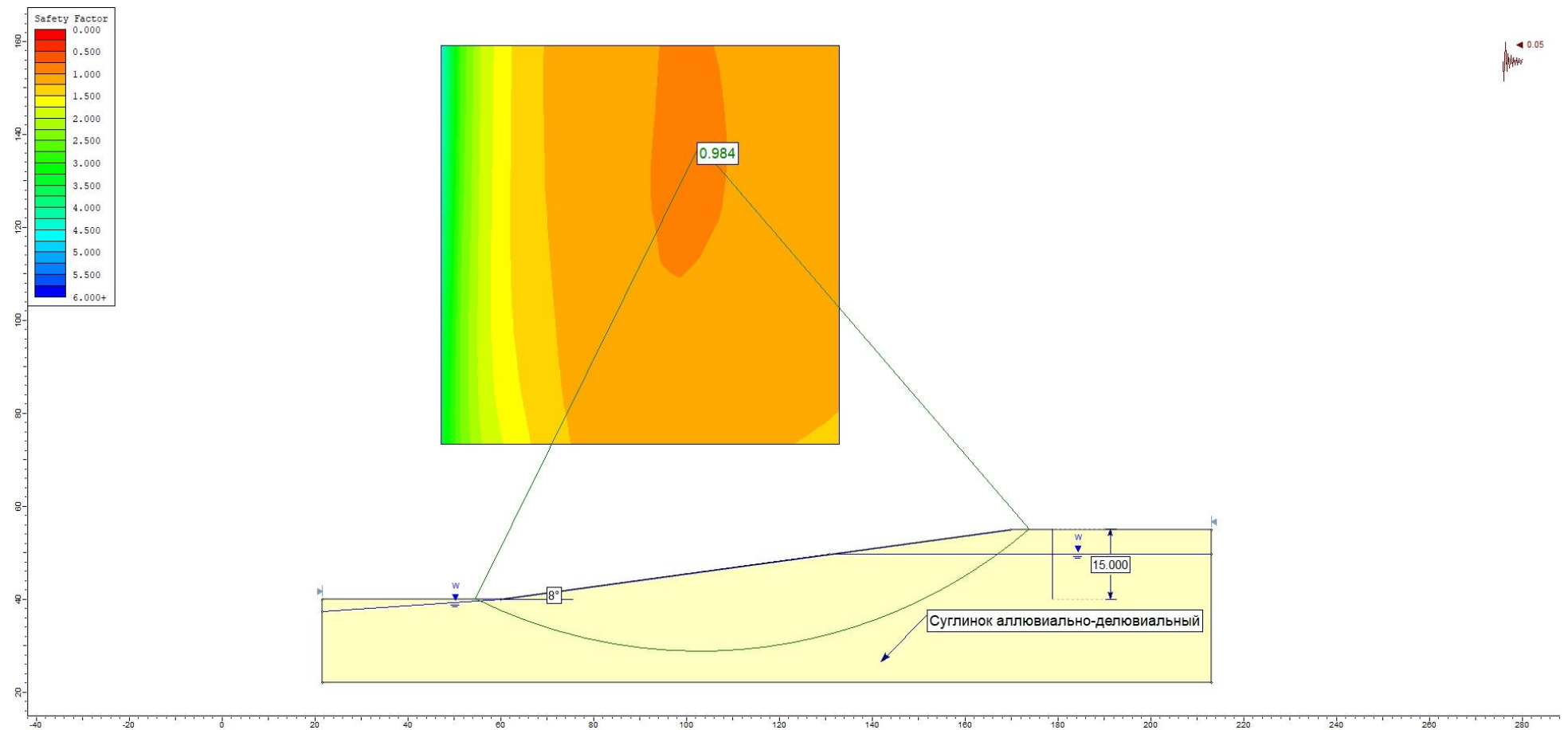


Рисунок К.7 – Моделирование устойчивости откоса при наличии горизонта подземных вод (ПО Slide 6.0 Rocscience)

(окончание)

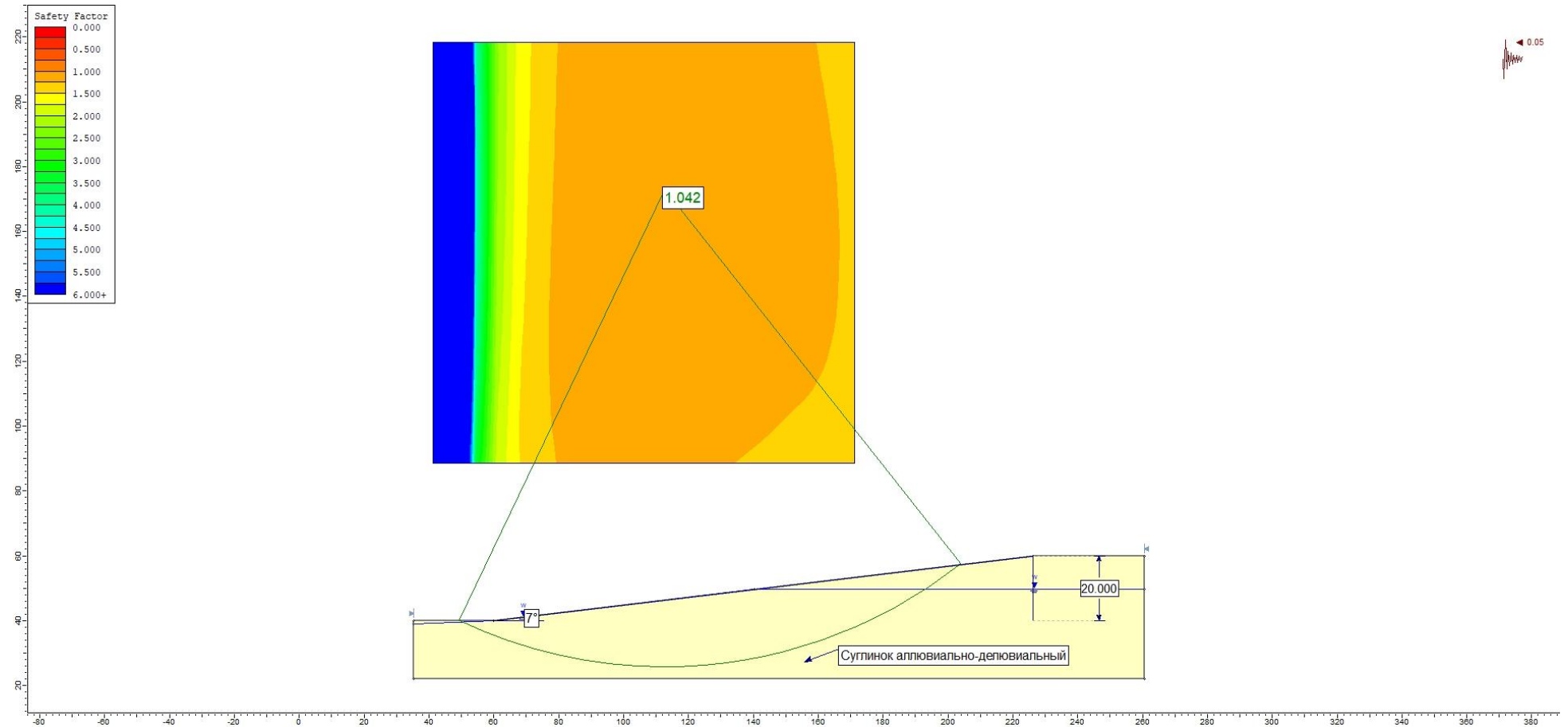


Рисунок К.8 – Моделирование устойчивости откоса при наличии горизонта подземных вод (ПО Slide 6.0 Rocscience)