

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию **ШАРАФИЕВА ЗУЛЬФАТА ЗАБИРОВИЧА**
ИНИЦИИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОПОЛЗНЕЙ ПРИ МНОГОКРАТНОМ
ВОЗДЕЙСТВИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ
по специальности 1.6.9 «Геофизика» на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Диссертационная работа Зульфата Забировича Шарафиева посвящена установлению закономерностей развития деформаций склонов при многократном воздействии сейсмических колебаний и разработке критериев их обрушения. Решение этой интересной научной задачи имеет также важное прикладное значение, так как многократному сейсмическому воздействию подвергаются борта карьеров и отвалы пород на горнодобывающих предприятиях, разработка которых производится с применением взрывов, а обрушение бортов горных выработок и откосов отвалов – одно из наиболее опасных явлений, препятствующих их нормальной эксплуатации. Многократные сейсмические колебания имеют место также при крупных землетрясениях, обычно сопровождающихся афтершоками, что может существенно усиливать тяжесть последствий. Несомненно, что тема рассматриваемой диссертации весьма актуальна, и что результаты исследований, проведенных Зульфатом Забировичем, найдут свое применение при оценке устойчивости как естественных склонов, так и бортов карьеров и откосов отвалов, подверженных сейсмическим воздействиям различной природы.

Рассматриваемая диссертационная работа объемом 126 страниц состоит из введения, четырех глав и заключения. В тексте диссертации приведены 6 таблиц и 41 рисунок. Библиография содержит 119 публикаций. Обширный список литературы показывает, что автор хорошо знаком с публикациями по исследуемой проблеме как на русском языке, так и в зарубежных изданиях.

По теме диссертации автором опубликовано 13 научных работ, в том числе 7 статей в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК.

В ходе выполнения работы автором были поставлены и решены следующие задачи:

- 1) Сделан аналитический обзор результатов исследований статической и

динамической устойчивости склонов

- 2) Разработана методика проведения лабораторных экспериментов и созданы установки для исследования инициирования разрушения склонов при динамическом воздействии.
- 3) Проведены лабораторные эксперименты, направленные на установление закономерностей развития процесса деформирования и на определение критических значений параметров динамических воздействий на модельные склоны при однократном и многократном воздействии.
- 4) Собраны и проанализированы опубликованные данные об обрушении склонов при воздействии сейсмических волн при землетрясениях.
- 5) Проведены измерения параметров сейсмических колебаний на различных расстояниях от массовых взрывов на карьерах КМА.
- 6) Сопоставлены эффекты воздействия на склоны сейсмических колебаний от различных источников.
- 7) Разработана феноменологическая модель процесса инициирования обрушения склона при многократном сейсмическом воздействии.

Это позволило сформулировать и обосновать основные защищаемые положения диссертационной работы:

1. Устойчивость склона к сейсмическому воздействию характеризуется критическими значениями максимального ускорения PGA_{min} и максимальной скорости смещения грунта PGV_{min} . Величина PGA определяет возможность возникновения необратимых деформаций, а скорость их накопления зависит от величины PGV . Если величина хотя бы одного из этих параметров ниже критического значения, то при однократном воздействии обрушения не происходит.

2. Как при вибрационном, так и при многократном импульсном воздействии критические параметры снижаются по сравнению с однократным воздействием. Степень снижения тем более значительна, чем меньше величина статического запаса устойчивости склона.

3. Необходимыми условиями возникновения динамического обрушения при крипе под действием вибраций являются накопление критической величины смещения сдвигаемой массы относительно склона и достижение определенной величины средней скорости крипа.

4. При одних и тех же величинах PGA сейсмические колебания от крупных землетрясений обладают тем более выраженным иницирующим эффектом по сравнению со взрывами, чем ниже статический запас устойчивости склона. При этом регулярное воздействие высокочастотных колебаний от массовых взрывов в карьерах может привести к постепенному накоплению необратимых деформаций.

Содержание диссертационной работы изложено в 4 главах.

Первая глава посвящена обзору основных методов и подходов к анализу устойчивости склонов. Автор подробно рассмотрел инженерные методы расчета коэффициента устойчивости, основанные на анализе условий предельного равновесия, методы Ньюмарка и Эйриса, позволяющие оценить характеристики сейсмических колебаний, приводящих к нарушению устойчивости склона, а также работы Д. Кифера и его последователей, исследовавших зависимость размеров области распространения сейсмогенных оползней от магнитуды землетрясения. В последующих разделах этой главы приведены результаты наблюдений за поведением склонов при землетрясениях и взрывах. Дан краткий обзор работ по физическому и численному моделированию оползневых процессов и по изучению особенностей движения каменных лавин, характеризующихся аномально низкими значениями коэффициента трения.

Отмечена слабая изученность вопроса влияния многократности воздействия на устойчивость склонов, что и является основной темой диссертационной работы.

В качестве замечания следует указать на не вполне точную формулировку при описании явления усиления параметров сейсмических воздействий в верхних частях склонов. Автор пишет, что на склонах наблюдается заметное увеличение амплитуды колебаний по сравнению с выходами скальных пород. Склоны могут быть сложены скальными грунтами вплоть до гребней, а заметное увеличение амплитуды колебаний наблюдается в их верхних частях по сравнению с основаниями.

Отмечу также, что при упоминании работ Р.И. Исмагилова по мониторингу откосов на карьере Михайловского ГОКа Зульфат Забирович, вслед

за автором этих публикаций, допустил ошибку, так как речь идет не о георадарных исследованиях, а о наземной радиоинтерферометрии.

Вторая глава диссертации посвящена описанию постановки и проведения лабораторных экспериментов. Подробно обоснована методика проведения лабораторных экспериментов; описаны методики изучения свойств грунта и проведения экспериментов на вертикальной и горизонтальной ударных установках, а также методика проведения экспериментов с вибрационным воздействием на грунтовый массив.

Замечу, что физические модели, подготовленные так, как описано в этой главе, вполне соответствуют отвалам, образующимся при разработке месторождений, но не очень схожи с бортами карьеров в скальных грунтах, так как для последних важное значение имеет структура массива и характер трещиноватости, которые индивидуальны для каждого конкретного откоса.

Результаты лабораторного исследования механики инициирования обрушения склона динамическими воздействиями разных типов приведены в **третьей главе** диссертационной работы. Описаны опыты по инициированию оползней на склонах однократным и многократным импульсным воздействием, а также моделирование эффекта накопления деформаций в основании оползня под действием слабых вибраций.

В ходе экспериментов определены критические параметры воздействия для опытов с моделируемыми склонами разной крутизны, изготовленными из модельного материала, при вертикальном и горизонтальном ударе. Определено, что если напряжения, создаваемые силами инерции, превосходят предел прочности дискретной среды (высокие значения PGA), то необратимая деформация массива происходит при любых значениях PGV. При этом возможность достижения критического уровня деформации после потери прочности определяется запасом кинетической энергии, обеспечивающим взаимное перемещение отдельных областей массива.

Анализ данных, полученных в ходе экспериментов, позволил автору сделать значимые выводы, которые и легли в основу защищаемых положений.

Последняя, **четвертая глава** диссертации посвящена разработке модели инициирования оползней сейсмическими волнами от различных источников. Продемонстрированы зависимости между PGA – PGV для разных источников событий – землетрясений и промышленных взрывов, причем для последних – с учетом расстояния от пункта взрыва до пункта регистрации. Продемонстрировано влияние обводненности и расстояния до источников массовых взрывов в карьерах КМА на устойчивость откосов отвалов.

В качестве замечания, отмечу, что при анализе возникновения склоновых явлений при землетрясениях, помимо предельных расстояний от эпицентров землетрясений соответствующих магнитуд, обычно анализируются не площади отдельных оползневых тел, а размеры территории, на которой зафиксировано образование оползней.

Замечу также, что правильнее говорить о свойствах не горных пород, а грунтов – рыхлых или скальных.

В **Заключении**, помимо обобщения основных результатов выполненных работ, даны рекомендации о целесообразности мониторинга состояния откосов отвалов на рудниках КМА особенно там, где возможно хотя бы частичное обводнение.

Автореферат отражает содержание диссертации.

Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении учёных степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) для учёной степени кандидата наук, а её автор, Зульфат Забирович Шарафиев, несомненно достоин присуждения ему искомой учёной степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент
Главный специалист НИИЭС – филиала АО "Институт Гидропроект",
доктор геолого-минералогических наук,

СТРОМ Александр Леонидович

«02» ноября 2023 года

Я, Стром Александр Леонидович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

СТРОМ Александр Леонидович
125993, город Москва, Волоколамское ш., д.2.
e-mail: srom.alexandr@yandex.ru
тел.: 7(910)4553405

Центр службы геодинамических наблюдений в энергетической отрасли
(ЦСГНЭО) – филиал АО "Институт Гидропроект"
Тел.: +7(495)727-36-05; e-mail: hydro@hydroproject.ru

Подпись сотрудника филиала АО «Институт Гидропроект» – НИИЭС
А.Л. Строма удостоверяю:

Волкова Т.В.

Ведущий специалист по кадрам отдела организации научно-проектных работ НИИЭС
«02» ноября 2023 г.

