

На правах рукописи
УДК 624.131

САДЫКОВ АДХАМ ХАМДАМОВИЧ

**ОПОЛЗНЕВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЛЕССОВЫХ СКЛОНОВ И
ОТКОСОВ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

04.00.07 - инженерная геология,
мерзлотоведение и грунтоведение

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность работы. Оползни представляют угрозу для всех без исключения сооружений. В городах и поселках они опасны для зданий и магистральных линий, расположенных не только на склонах, но и вблизи от них также. Известно немало случаев повреждения оползнями промышленных, энергетических и других объектов у подножья склонов. Оползневые явления представляют опасность при эксплуатации мостов, железнодорожных линий и автомобильных дорог. Нередко, в результате оползней, движение транспорта нарушалось и приостанавливалось на довольно длительное время. Борьба с оползнями, во многих случаях, не достигает своей цели, что вызывает появление все новых и новых методов решения проблемы. Вместе с тем, практика строительства все с большей очевидностью показывает об ошибочности многих методов решения противооползневых задач. Несмотря на большой объем научных работ, посвященных изучению причин и условий образования оползней на природных склонах и откосах, проблема обеспечения их устойчивости все же остается далекой от окончательного решения. Сказанное, в первую очередь, относится к учету изменения прочностных характеристик грунтов при динамических воздействиях, результатом чего является разжижение грунта при землетрясениях.

Степень изученности проблемы. Из истории человечества известно немало случаев грандиозных оползней, приведших к уничтожению бесчисленных материальных ценностей, но и к огромным человеческим жертвам. К таким оползням можно отнести Памирское 1911 года когда уничтожено несколько кишлаков, Китайское 1920 года, которая унесла жизнь более 100 тысяч человек, плотину Форт Пек в США 1957 году, в котором была покрыта водой обширная территория и т.д. В течение прошлого столетия на территории Центральной Азии произошли около семи тысяч оползневых явлений. По статическим данным за последние 40 лет на этой территории произошло более 40 трагических случаев, приведших к гибели 1,5 тыс. человек. Многие оползневые явления в нашем регионе были связаны с землетрясениями (Памир-1911; Китай-1920; Ашхабад-1948, Кайраккум-1985, и т.д.), что свидетельствует о роли сейсмического воздействия в проявлении оползневых явлений. В последнее полувека в литературе было опубликовано большое число работ, посвященных изучению оползневых явлений на природных склонах и искусственных откосах. Однако вопросам устойчивости склонов и откосов, оползневых явлений в результате разжижения грунтов при землетрясениях, до сих пор должное внимание не уделялось.

Вышеизложенное обуславливает значение и актуальность проблемы настоящего исследования, целью которого является изучение закономерностей изменения прочностных и деформационных свойств лессовых грунтов, возникновение динамического напора с выявлением его значения в различных точках откоса и установление разжижаемой зоны, в пределах которой может возникнуть оползневой процесс в условиях колебания.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР. Тема и содержание диссертационной работы связаны с Государственной Программой «Прогнозирования и предупреждения чрезвычайных ситуаций», утвержденной Постановлением Кабинета Министров РУз за №71 от 03.04.07 по Части II – «Перспективные научные разработки по проблемам рисков чрезвычайных ситуаций для защиты населения, объектов экономики, среды жизнедеятельности и природных ресурсов от природных и техногенных катастроф».

Цель исследования. Разработка метода сейсмоустойчивого откоса, позволяющего оценить динамическую устойчивость увлажненных лессовых склонов и разработка мероприятий против разжижения грунта в толще откоса.

Задачи исследования.

1. Разработка методики экспериментальных исследований на моделях откоса;
2. Проведение динамических исследований на различных лессовых грунтах, в составе склонов разного профиля;
3. Исследование условий возникновения активной (разжижаемой) зоны, в зависимости от состава, состояния, прочностных и деформационных свойств грунта, а также параметров колебания;
4. Теоретическое обоснование выявленных закономерностей и разработка метода сейсмоустойчивого откоса, позволяющего в каждом частном случае оценить устойчивость склонов в условиях колебания;
5. Разработка мероприятий, обеспечивающих сейсмическую устойчивость откосов путем пригрузки их поверхности.

Объект и предмет исследования. Модели откосов с различными уклонами из увлажненных лессовых грунтов, характеризующихся разными физико-механическими свойствами.

Методы исследований. При решении поставленных задач в диссертации были использованы лабораторные экспериментальные опыты на моделях лессовых откосов с использованием современных измерительных приборов и аппаратур.

Гипотеза исследования. Исследования по раскрытию механизма динамического разрушения структуры и разжижения увлажненных лессовых грунтов в толще откоса позволяют разработать метод определения сейсмической устойчивости откосов и практические мероприятия по обеспечению устойчивости откосов при возможных сейсмических воздействиях.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Метод критического ускорения колебания для оценки динамической устойчивости грунтов в толще с наклонной поверхностью;
2. «Метод сейсмоустойчивого откоса» – как метод обеспечения устойчивости склонов и откосов при сейсмических на них воздействиях;
3. Мероприятия против разжижения грунта в толще откоса.

Научная новизна:

1. Впервые изучена динамика изменения прочностных и деформационных свойств лессов в составе склонов различного профиля, в

зависимости от состава и состояния грунтов при воздействии на них динамических нагрузок различной интенсивности;

2. Предложен расчетный метод определения критического ускорения (критерия динамической устойчивости структуры грунтов) для наклонных поверхностей грунтовой толщи;

3. Впервые выявлено условие появления разжижаемой зоны (оползнева зона) в зависимости от крутизны откоса и величины динамической нагрузки.

4. Предложен «метод сейсмоустойчивого откоса» для оценки сейсмической устойчивости склонов.

5. Разработано мероприятие, обеспечивающее сейсмическую устойчивость откоса путем пригрузки поверхности откоса.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Практическое значение работы состоит в разработке критерия оценки динамической устойчивости структуры грунта в составе откоса, метода сейсмоустойчивого откоса и мероприятий, обеспечивающих сейсмическую устойчивость увлажненных склонов и откосов.

Реализация результатов. Результаты исследования внедрены и используются при реконструкции плотины гидроузла Куйганяр в Андижанском вилояте. Метод сейсмоустойчивого откоса и мероприятия по пригрузке откоса приняты для дальнейшего использования, при обеспечении сейсмоустойчивости инженерных сооружений в предгорных областях республики. Результаты диссертационной работы используются также в научных целях для магистров специальности «Гидротехнические сооружения» Ташкентского архитектурно-строительного института.

Апробации работы. Результаты исследований докладывались на Международной Конференции «Проблемы оценки сейсмической опасности и снижения последствий землетрясений» (Ташкент, 2008), на Международной научно-технической конференции «Современные проблемы механики» (Ташкент, 2009), на Международной конференции «Современные проблемы сейсмологии, гидрогеологии и инженерной геологии» (Ташкент, 2010), на ежегодных профессорско-преподавательских научных конференциях Ташкентского архитектурно-строительного института (2008, 2009, 2010 гг).

Опубликованность результатов. Основные положения работы опубликованы в 7 научных статьях, в том числе в 4 журнальных статьях, 3- в трудах Международных конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, включающей 117 источников. Общий объем 166 стр. В работе имеется 67 рисунков и 9 таблиц.

Автор глубоко благодарен научному руководителю доктору технических наук, профессору Х.З.Расулову. Также искренне признателен кандидату геол.-минер. наук Р.А.Ниязову за представленные материалы по оползням Узбекистана и ценные замечания по рукописи работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и практическая значимость проведенных исследований по разработке метода сейсмоустойчивого откоса для оценки сейсмической устойчивости склонов и мероприятий, обеспечивающих устойчивость склона, путем пригрузки поверхности откоса. Сущность предлагаемого метода принципиально очень проста, вместе тем, он применим при любом склоне или откосе, состоящих из мягких грунтов (глина, песок, щебень, галька и т.п.), способных разжижаться при динамических на них воздействиях.

В первой главе диссертации даются сведения об особенностях оползневых явлений в склонах и откосах, формах их разрушения, специфичности оползней – разжижения в увлажненных лессовых грунтах. Произведен анализ многочисленных природных случаев оползня, имевших место как у нас в республике, так и за рубежом при сильных землетрясениях. Излагается современное состояние вопроса оценки оползневой устойчивости склонов и откосов и определяются задачи исследования.

Оползневые явления, связанные с обрушением природных склонов во многих случаях, в особенности в сейсмических районах, являются сложной проблемой в связи с влиянием на процесс многочисленных внутренних (инженерно-геологические и гидрогеологические процессы) и внешних (интенсивность и характер динамического воздействия) факторов. Поэтому, полноценная оценка оползневых явлений практически является весьма затруднительной.

В отличие от случаев оползня, учитывающих перемещение по склону земляных масс, уже ранее отчлененных от коренной толщи, при оползне-разжижении же наиболее характерным является сам процесс отчленения некоторого объема породы от толщи. В данном случае отсутствует фиксированная геологическим строением толщи поверхность оползания и скольжения. Чаще всего причиной проявления такого вида оползня является разжижение водонасыщенного грунта под действием динамических сил. В процессе оползня по склону перемещаются потерявшие свою естественную структуру обильно увлажненные земляные массы.

Оползневые явления широко развиты на территории многих стран мира, в том числе и в Узбекистане. При этом оползневые явления приурочены в основном к горным и предгорным районам, где сосредоточены более тысячи оползнеопасных участков с объемом более 100 млн.м³, сотни крупных селеопасных территорий, где возможны обвалы, оплывы и т.п. К тому же предгорные районы сложены мощными лессовыми толщами, где интенсивно развита эрозионно-оползневая деятельность. Немало случаев развития в территории нашей республики оползней, селевых потоков, разрушавших жилые строения, автомобильные дороги, мосты, ирригационную сеть и др. объекты. Наряду с этим уничтожаются посевы хлопчатника, сады, затрудняется освоение новых территорий, нередко имеются человеческие жертвы.

Оползневым вопросам посвящено много работ (Байнатов Ж.Б., Бауск Е.А., Швец В.Б., Готман А.Л., Голдштейн М.Н., Гришин П.А., Денисов Н.Я., Дранников А.М., Емелянова Е.П., Жусупбеков А.Ж., Лим В.В., Мангушев Р.А., Маслов Н.Н., Ниязов Р.А., Расулов Х.З., Тер-Степанян Г.А., Туровская А.Я., Шерматов М.Ш., Шкицкий Ю.П., Gulatilake P., Moinfar A.A., Husid R., Seed B., Idris I.M., Redana I.V., Bausk Y.I. и др.). В них рассматриваются инженерно-геологические характеристики пород, слагающие оползневые склоны, классифицируются оползни, анализируются причины, вызвавшие смещения горных масс, и предлагаются меры борьбы с оползнями.

Первые работы, посвященные исследованию способности разжижения водонасыщенных песков появились в шестидесятые годы прошлого столетия (Маслов Н.Н., Флорин В.А., Иванов П.Л., Bazant Z., Casagrande A., Moran D., Seed B., Whitman K.W.). Ими было установлено, что водонасыщенные песчаные грунты способны переходить в разжиженное состояние при воздействии на них динамической нагрузки. Эти исследования имели большие практические значения, так как результаты их получили внедрение в крупнейших гидротехнических объектах того времени.

Исследованием разжижения водонасыщенных лессовых грунтов при сотрясении занимались А.А.Мусаэлян, Х.З.Расулов, А.С.Казиев, Г.А.Хакимов и другие. Они установили ряд закономерностей, имеющих определенное теоретическое и практическое значение.

Вместе с тем, до настоящего времени практически отсутствуют методы оценки возможного развития процесса разжижения грунтов в теле склона или откоса. Имеющиеся немногие исследования и то касаются песчаных грунтов в составе искусственных откосов (Ю.П. Шкицкий, Канан Валид Ахмад).

Анализ работ, посвященных разжижению грунта (в основном песка) как одной из причин, вызывающей оползень в склонах, развитие подобного метода исследования, применительно к лессовым грунтам, является весьма необходимым и перспективным для вскрытия механизма оползневого смещения лессовых пород, прогнозирования их поведения в теле склона и определения эффективных методов борьбы с оползнями.

Для решения вопросов, связанных с оползневой проблемой, необходимо вскрытие природы данного оползневого процесса. Без этого не могут быть выявлены достаточно надежно причинные связи, и следовательно, не имеется возможности нахождения правильного пути воздействия на активный или потенциально возможный оползневой процесс.

Во второй главе работы излагаются результаты исследований по изучению критерия сейсмостойкости лессовых грунтов (критического ускорения) в составе откосов, возникновения и развития динамического напора, способствующего оползню, а также определению активной, сползающей зоны в условиях колебания откоса.

Рассмотрено критическое ускорение колебания грунта в составе откоса. Проведенные исследования и анализ натуральных случаев оползня – разжижения показали, что устойчивость грунтов в толще откоса при сейсмическом воздействии нарушается не во всех случаях и с разной степенью интенсивности

Нарушение структуры грунтов при сотрясении и их динамический режим зависит от воздействия лишь некоторой части приложенной к склону динамической нагрузки, выражаемой в виде:

$$a_p = a_c - a_{кр} \quad (1)$$

где a_p , a_c , $a_{кр}$ – соответственно расчетное, сейсмическое и критическое ускорение.

В соответствии с выражением (1) величина критического ускорения может рассматриваться как пороговое ускорение, при котором колеблющийся грунт сохраняет свою структуру, а выше его значения начинается нарушение структуры и процесс разжижения грунта.

Метод критического ускорения был использован О.А.Савиновым, Д.Д.Барканом, Н.Н.Масловым, Х.З.Расуловым для оценки динамической (сейсмической) устойчивости структуры грунтов в составе оснований сооружений. Критическим ускорением пользовались и специалисты дальнего зарубежья: Х.Б. Сид, Э.Базант, Витман, П.Ортикоза де Пабло, Лай Т, Канамори Х., Индраратна Б, Редана И.В. и др. для исследования динамической устойчивости структуры песка.

Х.З.Расулов предложил расчетный метод определения величины критического ускорения для оценки устойчивости структуры колеблющегося грунта при горизонтальной поверхности:

$$\alpha_{кр}^0 = \frac{\pi g (\sigma_{дин} \cdot tg \varphi_w + c_v)}{2 \gamma_w H} \quad (2)$$

где: нормальные напряжения в толще грунта; φ, c_v – прочностные характеристики грунта; γ_w - плотность грунта; H- мощность колеблющейся толщи. Из выражения (2) следует, что критическое ускорение является сугубо сейсмической характеристикой грунта и определяется его прочностными свойствами и мощностью колеблющейся толщи. При всех равных условиях критическое ускорение уменьшается с ухудшением свойств грунта и увеличением толщины слоя.

Дальнейшие исследования, проведенные нами показали, что значение $a_{кр}$ в составе наклонной поверхности отличается от его величины при горизонтальной поверхности. При этом, отмечается роль крутизны склона (угла откоса β), причем с увеличением последнего значения уменьшается согласно предложенной нами зависимости:

$$\alpha_{кр}^\beta = \alpha_{кр}^0 \left[1 - \frac{\alpha_c}{g} \left(\frac{1}{tg \varphi} + \frac{\gamma H}{c_v} \right) \right] \quad (3)$$

Из этой формулы следует, что величина критического ускорения грунта в случаях наклонной поверхности будет всегда меньше его значения при горизонтальной поверхности. Это уменьшение возрастает по мере увеличения интенсивности сейсмического воздействия α_c . Вместе с тем зависит от прочностных характеристик грунта (φ, c_v), по мере повышения которых его значение увеличивается. Это означает, что путем повышения прочностных характеристик грунта может быть обеспечена устойчивость грунта при соответствующей наклонности его поверхности.

Далее выделены факторы, влияющие на критическое ускорение. В соответствии с выражением (3) возникновение оползня в природных склонах вследствие разжижения лессового грунта может произойти в случаях: повышения величины сейсмического ускорения α_c , или же снижения значения критического ускорения.

Первый случай, т.е. сейсмическое ускорение колебания грунта в качестве внешней силы представляет природное явление, независящее от человека.

Что касается второго случая - то в соответствии с выражением (2) критическое ускорение является функцией напряженного состояния толщи (σ) и прочностных характеристик грунта (угла внутреннего трения φ_w , сцепления c_v), что может быть изменено в соответствии с необходимостью.

В свете этого положения можно предположить, что оползневые явления в склонах и откосах могут произойти только лишь в случаях, когда соблюдается нижеследующее условие :

$$\tau_{\text{соп}} < \tau_c \quad (4)$$

где, τ_c - соответственно силы сопротивления и сдвигающие напряжения в рассматриваемой точке. Условие (4) может состояться за счет уменьшения (σ), или параметров φ_w , c_v , или же всех одновременно.

Рассмотрено изменение нормального напряжения в толще грунта. Процесс уплотнения водонасыщенного грунта при нарушении его структуры связан с образованием фильтрационного потока с определенным градиентом напора, поддерживаемого возникающими в грунтовой толще при сотрясении динамическими напорами (h_z), возрастающими по глубине (z) и во времени (t). Динамический напор h_z оказывает взвешивающее воздействие на грунтовые частицы и способствует ослаблению значения действующих в толще грунта нормальных напряжений (σ). Это обстоятельство привело к представлению прочности лессовых грунтов в сейсмических условиях в виде:

$$\tau_{\text{соп}}(t) = [(\sigma - \gamma_b \cdot h_{z,t}) \text{tg} \varphi_w + c_{v,t}] \quad (5)$$

Откуда следует, что при оценке оползневой устойчивости увлажненных лессов в теле склона необходимо во всех случаях считаться со снижением связности c_v и ростом динамического напора (h_z), в зависимости от длительности ожидаемого сотрясения.

Ослабление связности грунта в условиях колебания, изучалось Х.З.Расуловым, предложившим эмперическую зависимость определения c_v .

Рассмотрен динамический напор – как фактор, способствующий оползню. Исследованием динамического напора (h_z) в водонасыщенных грунтах занимались: Н.Н.Маслов, П.А.Гришин, Ю.Я.Велли, Х.З.Расулов, Ю.П.Шкицкий, Г.А.Хакимов и др. В частности, Х.З.Расулов предложил выражение для определения динамического напора в лессах при их колебании в виде:

$$h_{z,t} = \frac{v_0^2}{2K_\Phi} L^2 \cdot t \quad (6)$$

где K_Φ - коэффициент фильтрации грунта; L – толщина разжижаемой зоны; v_0 - коэффициент динамического уплотнения.

Формула (6) позволяет определить величину динамического напора h_z на горизонте z в пределах активной зоны L в любой момент времени t .

Далее проведено Определение активной, сползающей зоны в условиях колебания склона. При решении задач, связанных с оползевым явлением, в результате разжижения грунтовых масс при сейсмическом воздействии на склоны приобретает особое значение установление величины активной зоны, в пределах которой произойдет процесс смещения грунтовой массы. Для этой цели предложена следующая формула:

$$L_t = \frac{\tau_c - (\sigma - \gamma_w \cdot h_{z,t}) \operatorname{tg} \varphi_w + c_{v,t}}{\gamma_w \operatorname{tg} \varphi_w} \quad (7)$$

Выражение (7) является важным с точки зрения установления величины активной зоны в пределах склона с учетом длительности воздействия землетрясения.

Третья глава диссертации посвящена экспериментальным исследованиям сейсмопрочности увлажненных лессовых грунтов в теле откоса с различными уклонами заложения.

Опыты проводились на вибрационной установке системы Ташкентского архитектурно-строительного института, позволяющей проводить исследования с образцами лессовых откосов в различных режимах колебания. При этом производились контрольные измерения: интенсивности динамического воздействия; изменения связности грунта; величины динамического напора и уплотнения грунта.

Выделены факторы, влияющие на критическое ускорение грунта в теле откоса, прочностные характеристики грунта (φ и c). Несмотря на длительный срок изучения лессовых пород, природа структурной прочности их, остаются до конца не выясненными. Это объясняется разнообразием генезиса, свойства, состава, условия коагуляции, природное состояние и т.п.

В настоящее время специалистами предложены различные гипотезы о структурной прочности внутренних связей увлажненных лессовых грунтов. Так, например Х.З.Расулов объясняет природу структурной прочности увлажненных лессов с позиции электрокинетической теории Н.А.Цытовича, считая, что силы межчастичной связности грунта обусловлены силами молекулярного притяжения воды, величина которых зависит от толщины водных оболочек. Наряду с силами внутренних трений, начальная природная связность лесса при этом, является одной из основных составляющей прочности грунта.

Большая или меньшая сопротивляемость грунтов приложенной динамической нагрузке зависит от их показателей прочности (φ и c). Вместе с тем, значение угла трения и связности в лессах зависит в первую очередь от влажности грунта и уменьшается с увеличением последней.

Опыты на выяснение зависимости изменения угла трения и сцепления лессового грунта от его влажности показали, что до значения влажности, грунта порядка 15-16% угол трения изменяется незначительно (2-3%), а сцепление существенно - 10-15%. По мере увеличения влажности лесса наблюдается

уменьшение изменения φ и резкое возрастание величины c . Очевидно, это прямое следствие утолщения при переувлажнении грунта гидрантных оболочек на частицах, с прогрессирующим нарушением контактов между частицами.

Далее выделена роль внешней пригрузки. Изучением влияния внешней пригрузки на величину критического ускорения занимались П.Л.Иванов, Н.Н.Маслов, В.А.Ершов, Х.З.Расулов, Л.А.Эйслер, Y.B.Seed, R. Whitman, P.O.Pablo, E. Bazant, Ю.П.Шкицкий, Ku Guoshing, Li Yigant и др. Ими установлена линейная связь между нормальным напряжением и величиной критического ускорения $a_{кр}$, которая хорошо согласуется с формулой (Х.З.Расулов):

$$\alpha_{кр}^z(p) = \alpha_{кр}^{z_1}(0) \left[\frac{\sigma_{дин}}{\gamma_w z} + 1 \right] + a(\sigma_{дин} + \gamma_w z), \quad (8)$$

где $\sigma_{дин}$ - динамическое напряжение от внешней пригрузки на глубине z .

Здесь так же учитывается высота склона (мощность толщи). Из выражения (3) вытекает, что увеличение толщи грунта, связанное с возрастанием высоты склона, подвергаемого сотрясению, приводит к снижению критического ускорения $a_{кр}$. Следующий отсюда вывод согласуется с известным законом динамики о пропорциональности инерционной силы, приложенной к массе его тела.

С целью изучения влияния высоты водонасыщенных лессовых откосов на величину критического ускорения $a_{кр}$ нами проведены серии специальных опытов на вибрационной установке. Каждый раз в экспериментальный лоток укладывался одинаковый грунт с разными высотами, сохраняя при этом одинаковые параметры по плотности и влажности, а также угол наклона откоса. Критическое ускорение в этих опытах зафиксировалось в соответствии с методикой Н.Н.Маслова, по началу подъема воды в пьезометрических трубках и по началу опускания реперов. Результаты этих опытов подтверждают ожидаемую зависимость критического ускорения от толщины грунта, т.е. чем больше высота откоса, тем меньше устойчивость грунта и больше возможность к разжижению. Различные по своей постановке эти опыты свидетельствовали о наличии сложной зависимости между критическим ускорением $a_{кр}$ и мощностью толщи. Очевидно, что это связано с условиями возникновения в толще динамического напора h_z и его взвешивающим воздействием ($\gamma_w h_z$), характером сейсмических колебаний (амплитуда A , частота f , период T), свойством и состоянием грунтовых условий (плотность n , фильтрационная способность k_f) и т.п.

Рассматривается определение значения динамического напора. Анализ случаев оползня в увлажненных природных склонах, а также результатов экспериментальных исследований разжижения грунтов, приводит к убеждению, что динамический напор h_z является одной из главных причин образования этого явления. Он возникает в пределах толщи, где нарушена динамическим воздействием структура грунта (активная зона). Причем значение h_z наряду с другими факторами зависит от толщины активной зоны и фильтрационной способности грунта.

Наблюдавшаяся в опытах, непрерывно протекающая ниже следующая схема была характерна для всех исследованных лессов: постепенное ослабление внутренних связей грунта – стремление к уплотнению нарушенных связей частиц - возникновение динамического напора - возрастающий характер взвешивания нарушенных частиц (разжижение) с падением общей прочности грунта за счет взвешивающего воздействия h_z .

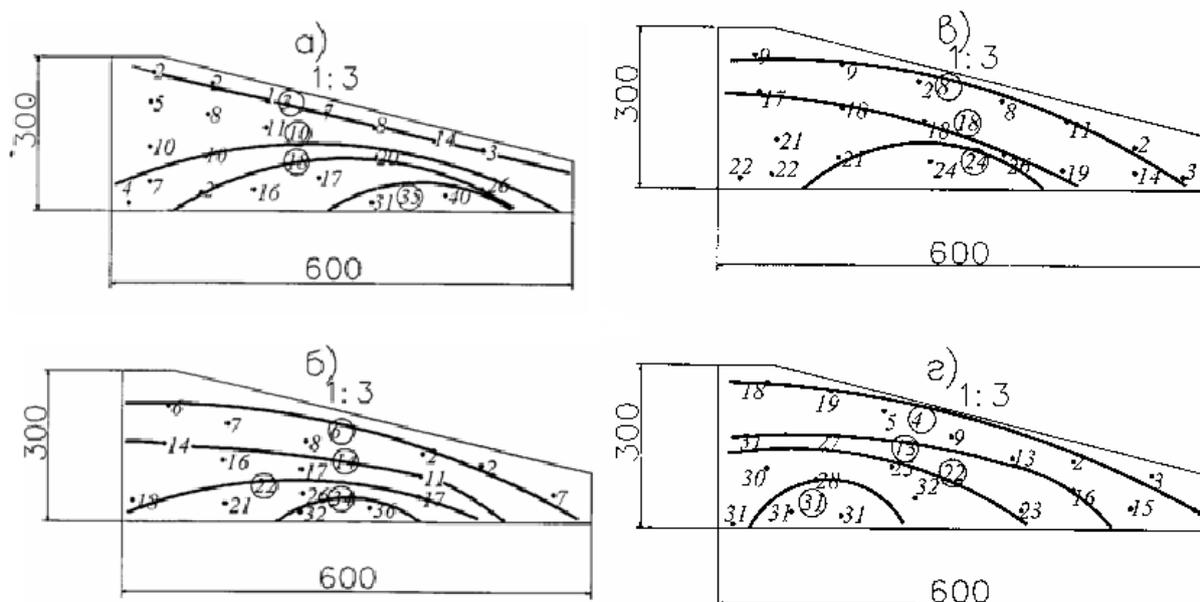
В данной схеме придается большое значение динамическому напору h_z как фактору, не только разжижающего грунта, но и формирующего оползневые явления, со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Опыты также показали, что между активной зоной и толщиной слоя существует линейная связь, т.е. любое увеличение мощности подвергаемой сотрясению толщи приведет к возрастанию величины активной, переходящей в разжиженное состояние зоны L .

Для этой цели весьма полезным может оказаться графическое построение линий равных динамических напоров по теле склона (рис.1).

Полученные таким образом линии равных напоров могут быть использованы для определения значений h_z , в любой точке толщи склона.

Здесь же проводится определение разжижаемой (активной) зоны. Для экспериментального обоснования роли факторов, влияющих на образование разжижаемой зоны в грунтовой толще и затем увеличения ее глубины вследствие динамического напора, были осуществлены лабораторные исследования, которые показали следующее. Чем больше величина ускорения, тем быстрее возникает активная зона и интенсивно распространяется вглубь толщи. Положительное влияние внешней пригрузки наблюдается не только в распространении, но и в возникновении разжижаемой зоны. Роль прочностных показателей грунта в значении активной зоны различна в зависимости от состояния грунта.



а) через 20с; б) через 40с; в) через 60с; г) через 90с.

Рис.1. Распределения динамических напоров в толще откоса.

С повышением плотности грунта зона разжижения заметно уменьшается. Любое увеличение динамического напора внутри толщи приводит к возрастанию разжижаемой зоны, что является весьма важным для оценки устойчивости склона в целом.

Четвертая глава диссертации посвящена разработке метода «сейсмоустойчивого откоса» и мероприятий обеспечивающих устойчивость откоса. Предлагаемый метод «сейсмоустойчивого откоса», как и другие методы основан на установлении коэффициента запаса устойчивости (κ_3) выделенного на поверхности откоса блока лесса, исходя из известного выражения:

$$\alpha_{kp}^z(p) = \alpha_{kp}^{z_1}(0) \left[\frac{\sigma_{дин}}{\gamma_w z} + 1 \right] + a(\sigma_{дин} + \gamma_w z) \quad (8)$$

где $\sigma_{дин}$ - динамическое напряжение от внешней пригрузки на глубине z .

В соответствии с равенством (8) нарушение устойчивости увлажненных лессовых склонов при сейсмическом на них воздействии является возможным при соблюдении одного или, одновременно, следующих двух условий: при повышении в грунтовой толще, слагающей склон, касательных сейсмических напряжений (τ_c) или при снижении прочности грунтов.

Первое условие является силой природного воздействия, возникающей внутри грунтовой толщи при колебании ее с ускорением α_c , определяется в виде:

$$\tau_c = \frac{\gamma_w}{g} H \cdot \alpha_c \quad (9)$$

Прочность грунта, отвечающая заданному состоянию плотности – влажности, при отсутствии пригрузки по склону в условиях колебания с ускорением α_c представляется в виде:

$$\tau_{соп} = (2\gamma_w H - \gamma_w h_z) \operatorname{tg} \varphi_w \quad (10)$$

Условием устойчивости склона при предельном его угле наклона, в соответствии с предлагаемым методом, является: $\tau_c = \tau_{соп}$, что дает возможность представить коэффициент запаса устойчивости грунта в любой точке толщи склона при его колебании следующим образом:

$$K_{зан} = \frac{g(2\gamma_w H - \gamma_w h_z) \operatorname{tg} \varphi}{\gamma_w H \cdot \alpha_c} \quad (11)$$

Выражение (11) для некоторого частного случая в графической форме представлено на рис.2 и рис.3. Формулы (3) и (11) составляют основу предлагаемого метода сейсмоустойчивого склона, по которым, при всех прочих условиях, можно определить устойчивость откоса и коэффициент запаса устойчивости, с учетом частичного допущения перехода грунтов, слагающих склон в разжиженное состояние. Очевидно, что разжиженная зона в откосе должна компенсироваться путем использования того или иного противооползневого мероприятия.

Рассмотрено так же обеспечение сейсмической устойчивости склона путем пригрузки откоса. Вследствие многообразия природных условий, обуславливающих оползневые явления, мероприятия по борьбе с оползнями могут быть весьма различны. Применяемые на практике противооползневые

мероприятия несмотря дорогую стоимость не всегда дают должный эффект. Объясняется это обстоятельство, как было отмечено выше, малой изученностью причин возникновения оползней, причем мероприятия по укреплению оползневой зоны проектируется без проверки их геотехническими расчетами.

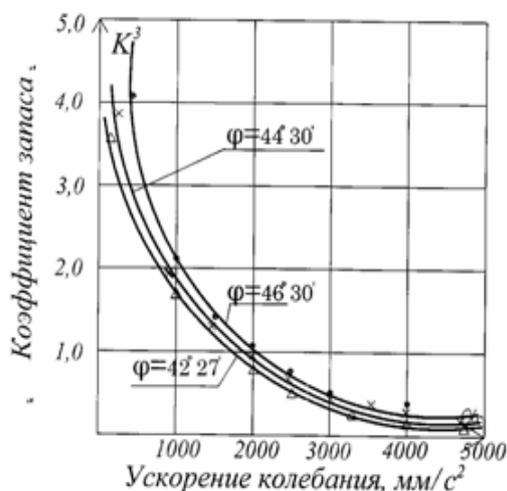


Рис.2. Зависимость коэффициента запаса от ускорения колебания грунта для его разной пористости

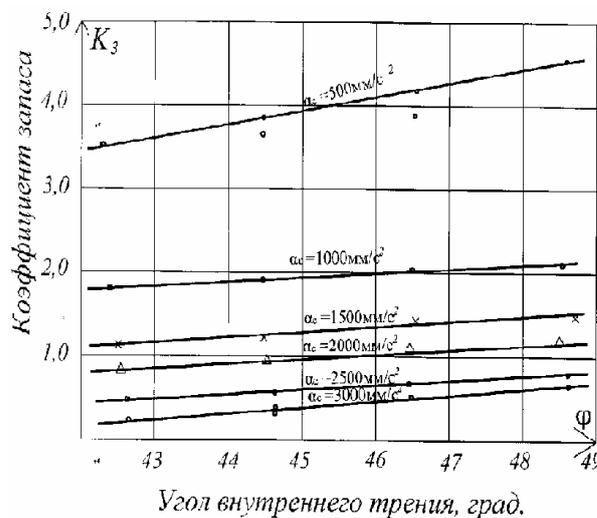


Рис.3. Зависимость коэффициента запаса от устойчивости склона от угла внутреннего трения грунта

При этом условии, разработка новых, или всестороннее обоснование ранее предложенных противооползневых мероприятий, направленных на обеспечение устойчивости склонов, способных отразить эти обстоятельства всегда оставалась актуальной.

Предлагаемый автором способ укрепления склона путем пригрузки его поверхности, в качестве противооползневого мероприятия, основан на положительном влиянии внешней пригрузки в обеспечение устойчивости грунтовых масс против ее разжижения.

Учитывая, что минимальный коэффициент запаса $K_{зан}$ в сейсмически устойчивом склоне должен быть равен единице, то, решив выражение 11 относительно p_n (при $K_{зан}=1$), получено значение нормальных напряжений, создающих пригрузку для обеспечения динамической устойчивости рассматриваемого грунта в виде:

$$p_n = \frac{\gamma H (a_c - 2gtg\varphi)}{g \cdot tg\varphi} \quad (12)$$

При этом толщина пригрузочного слоя по склону с учетом влияния динамического напора в толще определяется в виде:

$$d = \frac{1}{6} \cdot \frac{\gamma_B}{\gamma_w} \cdot \frac{1}{\cos\beta} \cdot \frac{v_n}{k_\phi} \cdot \left(\frac{\tau_c - (\sigma - \gamma_B \cdot h_{z,t})tg\varphi_w + c_{v,t}}{\gamma_w tg\varphi_w} \right)^2 \quad (13)$$

Расчеты, произведенные с использованием формул (11-13) показывают достаточно хорошую сходимость между расчетом и натурным наблюдением оползневых явлений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ современного состояния вопроса устойчивости природных склонов и откосов показывает, что несмотря на большой объем научных работ, посвященных изучению причин и условий образования оползневых явлений в них, проблема возникновения оползневых явлений, вследствие разжижения лессовых грунтов все же остается далекой от окончательного решения. Устойчивость лессовых грунтов в толще откоса, при сейсмическом воздействии, нарушается не во всех случаях и с разной степенью интенсивности, в зависимости от значения критического ускорения $a_{кр}$. При этом, наряду с интенсивностью самого сейсмического воздействия, оказывает существенное влияние на процесс и природное состояние плотности-влажности грунтов с накопленным напряженным состоянием.

2. Предложена формула для определения величины критического ускорения – критерия динамической устойчивости частиц в толще грунта, имеющего наклонную поверхность. Величина критического ускорения грунта в случаях с наклонной поверхностью будет всегда меньше его значения при горизонтальной поверхности. Это уменьшение возрастает по мере увеличения интенсивности сейсмического воздействия α_c . Вместе с тем зависит от прочностных характеристик грунта (φ, c), по мере повышения которых его значение увеличивается, что означает возможность обеспечения устойчивости любого склона путем повышения прочностных характеристик слагающего толщу грунта.

3. При решении задач, связанных с оползневым явлением, в результате разжижения грунтовых масс, при сейсмическом воздействии на склоны или откосы приобретает особое значение при установлении на тот или иной момент времени (соответствующей длительности сейсмического воздействия) величины разжижаемой зоны, в пределах которой произойдет смещение грунтовой массы. Для определения величины этой зоны L предложено выражение, в соответствии с которым основными факторами, влияющими на процесс являются сейсмическое напряжение τ_c , нормальные напряжения (σ) от веса пригрузочного слоя откоса и сцепление между частицами грунта (c, ν). Существует сложная зависимость между критическим ускорением $a_{кр}$ и мощностью толщ (высотой склона), которая связана с условиями возникновения в толще динамического напора h_z и его взвешивающим воздействием ($\gamma_{в} h_z$), характером сейсмических колебаний (по амплитуде A , частоте f , периоду T), свойством и состоянием грунтовых условий (плотность - влажность, фильтрационная способность k_f) и т.п. Любое увеличение толщ грунта, подвергаемого сотрясению, приводит к снижению критического ускорения $a_{кр}$.

4. Между разжижаемой зоной и мощностью толщ $L = f(H)$ существует линейная связь. Вместе с тем, зона разжижения и ее величина в начальный момент воздействия динамической нагрузки прямым образом связана с критическим ускорением $a_{кр}$. Это также свидетельствует о том, что увеличение

высоты склона уменьшает свойственное ему критического ускорения, т.к. последнее линейно связано с разжижаемой зоной L . Динамический напор h_z является одной из главных причин образования оползневого явления в увлажненных лессовых склонах и откосах во время землетрясений. Он возникает в пределах толщи, где нарушена динамическим воздействием структура грунта (активная зона), в процессе уплотнения грунтовых частиц. Причем значение h_z наряду с другими факторами зависит от толщины активной зоны и фильтрационной способности грунта.

5. Предложен «метод сейсмоустойчивого откоса», позволяющий прогнозировать устойчивость склонов и откосов при воздействии на них сейсмических колебаний. Он прост, учитывает внутренние ($\gamma, \varphi, c, k_{\phi}$) и внешние (τ_c, a_c) факторы, воздействующие на толщу и удобен для практического пользования. В качестве противооползневого мероприятия предложен способ укрепления склона путем нагружения его поверхности внешней пригрузкой. Даны формулы для определения значения нормальных напряжений p_n , создающих требуемую пригрузку на сейсмоустойчивый склон и высоту пригрузочного слоя в условиях обеспеченности $a_{кр} > a_c$ из условий: не допущения образования зоны разжижения ни в каких частях склона, или же допущения этой зоны, за счет компенсации ее весом пригрузки.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Расулов Х.З., Садыков А.Х. Грунтли тўғонлар сиртини кўшимча юклаш ёрдамида зилзилабардошлигини ошириш. //Проблемы сейсмологии в Узбекистане: Материалы Международной Конференции.- Ташкент, 2008. -№5. - С. 210-212.

2. Садыков А.Х. Мувозанат тезланиши ва тўғон мустаҳкамлиги.// Архитектура - Қурилиш фани ва давр.-Ташкент, 2008, ТАҚИ. – С.31-32.

3. Расулов Х.З., Садыков А.Х. Критерий оползневой устойчивости лессовых склонов при сейсмических воздействиях.// Ж.: Проблемы архитектуры и строительства. –Самарканд: СамГАСИ, 2009, №4, С. 51-53.

4. Расулов Х.З., Садыков А.Х. Прогноз оползневых явлений в природных склонах т откосах. // Ж.: Архитектура. Строительство. Дизайн. –Ташкент: ТАСИ, 2009, № 3-4. – С. 45-48.

5. Расулов Х.З., Садыков А.Х. Учет изменения прочностных характеристик грунта в оценке оползневого явления. // Современные проблемы механики: Материалы Межд. Конф. 23-24 сентября 2009г. –Ташкент,2009. С. 444-445.

6. Расулов Х.З., Садыков А.Х. Оползневые явления в откосах в результате разжижения грунтов. // Ж.: Проблемы архитектуры и строительства. – Самарканд: СамГАСИ, 2010, №1, С.34-37.

7. Садыков А.Х. Экспериментальные исследования факторов, влияющих на критическое ускорение лессовых грунтов склона. // Ж.: Проблемы архитектуры и строительства. –Самарканд: СамГАСИ, 2010, №1, С. 10-14.

Геология-минералогия фанлари номзоди илмий даражасига талабгор Садиков Адхам Хамдамовичнинг 04.00.07- «Инженерлик геологияси, музшунослик ва заминшунослик» ихтисослиги бўйича «Лёссли қияликларнинг сейсмик куч таъсирида кўчкига нисбатан турғунлиги» мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕ СИ

Таянч (энг муҳим) сўзлар: кўчки, қиялик, лёс грунтлари, сейсмик таъсир, тебраниш, грунт, мустаҳкамлик, турғунлик, деформация, тезланиш, мувозанат тезланиши, ғоваклик, зичлик.

Тадқиқот объектлари: турли физик-механик хусусиятга эга бўлган лёс грунтлардан ташкил топган хар-хил қияликлар.

Тадқиқот мақсади: қиялик турғунлигини баҳолашга оид “зилзилабардош қияликлар усули”ни ва турли сейсмик таъсирларга чидамли қиялик турғунлигини таъминлашга қаратилган тадбир ишлаб чиқиш.

Тадқиқот методлари: замонавий ўлчов асбоблари ва ускуналаридан фойдаланиб лёс грунтдан ташкил топган қияликларнинг моделлари устида лаборатория тадқиқотлари ўтказиш.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: турли миқдорли динамик таъсир остида турли шаклдаги қияликлар қаъридаги лёссимон грунтларнинг мустаҳкамлиги ва деформацияланишини грунтнинг таркиби, ҳолати ва хусусиятига боғлаб ўрганилди; қиялик грунтлари мустаҳкамлигини баҳолашга қаратилган мувозанат тезланишини ҳисобий миқдорини аниқлаш усули яратилди; қиялик нишабига боғлиқ равишда қуйқаланиш қатламини юзага келиши ва унинг чуқурлик бўйлаб тарқалиш ҳолатлари аниқланди; қияликлар турғунлигини баҳолашга оид “зилзилабардош қияликлар усули” таклиф этилди; қиялик сиртини юклаш орқали унинг зилзилага нисбатан турғунлигини таъминлаш услуби ишлаб чиқилди.

Амалий аҳамияти: грунт қатламини қуйқа ҳолатга келиб кўчки ҳосил бўлиши, зилзилабардош қиялик усули ва қиялик сиртини юклаш ёрдамида унинг зилзилабардошлигини таъминлаш усуллари таклиф этилганлигидадир.

Тадбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги. Зилзилабардош қияликлар усули Андижон вилоятидаги Қуйган ёр сув омборини таъмирлашда тўғон зилзилабардошлигини ҳисоблашда амалиётга қўлланилган. Диссертация ҳулосалари гидротехника иншоотлари қурилиши мутахассислиги бўйича таълим олаётган магистрларнинг ўқув режасига киритилган. Таклиф этилган усулларнинг иқтисодий самарадорлиги аввало қияликларнинг зилзилабардошлигини таъминлашда намоён бўлади.

Қўлланиш (фойдаланиш) соҳаси: сейсмик районларда лёс грунтлардан ташкил топган қияликларнинг зилзилабардошлигини таъминлаш.

Р Е З Ю М Е

диссертации Садыкова Адхама Хамдамовича на тему: «Оползневая устойчивость лессовых склонов и откосов при сейсмических воздействиях» на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 04.00.07 - «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение»

Ключевые слова: оползень, склон, откос, лессовые грунты, сейсмическое воздействие, колебание, грунт, прочность, устойчивость, деформация, ускорение колебания, критическое ускорение, пористость.

Объекты исследования: склоны и откосы с различными уклонами из лессовых грунтов, характеризующихся разными физико-механическими свойствами.

Цель работы: является разработка метода сейсмоустойчивого откоса, позволяющего оценить динамическую устойчивость откосов и мероприятий по обеспечению сейсмоустойчивого склона при динамических (сейсмических) воздействиях.

Метод исследования: Лабораторные экспериментальные опыты на моделях лессовых откосов, с использованием современных измерительных приборов и аппаратур.

Полученные результаты и их новизна: изучена динамика изменения прочностных и деформационных свойств лессов в составе склонов различного профиля в зависимости от состава и состояния грунтов при воздействии на них сейсмических нагрузок различной интенсивности; предложен расчетный метод определения критического ускорения (критерия динамической устойчивости структуры грунтов) для наклонных поверхностей грунтовой толщи; выявлено условие появления разжижаемой зоны (оползневая зона) от крутизны откоса и величины динамической нагрузки; предложен «метод сейсмоустойчивого откоса» для оценки динамической (сейсмической) устойчивости склонов; разработано мероприятие, обеспечивающее сейсмическую устойчивость склона путем пригрузки поверхности откоса.

Практическая значимость: состоит в разработке критерия оценки возможности проявления оползня-разжижения, метода сейсмоустойчивого склона и мероприятий, обеспечивающих сейсмическую устойчивость увлажненных склонов и откосов.

Степень внедрения и экономическая эффективность. Результаты исследования использованы при оценке сейсмической устойчивости плотины гидроузла Куйганёр в Андижанской области. Выводы диссертационной работы также используются в учебном процессе магистров по специальности гидротехнические сооружения. Экономическая эффективность метода сейсмоустойчивого откоса и способа пригрузки откоса заключается, в первую очередь, в обеспечении сейсмоустойчивости лессовых склонов и откосов.

Область применения: при обеспечении сейсмической устойчивости увлажненных лессовых склонов и откосов в сейсмических районах.

R E S U M E

Thesis of Sadikov Adkham Hamidovich on the scientific degree competition of the doctor of philosophy in geology and mineralogical on specialty 04.00.07. “Engineering geology, frost and soil management” subject: “Landslip stability of loess slopes under seismic influence”.

Key words: landslide, slope, loess soils, seismic influence, oscillation, soil, durability, stability, deformation, acceleration of oscillation, critical acceleration, porosity, thickness, humidity, external loading, dynamic influence, dilution.

Subject of research: slopes with various inclinations from loess soils characterized by different physical and mechanical measures.

Purpose of work: to work out the method of seismic stable slope that would assess the dynamic stability of slopes and measures that provide seismic stability of slopes under dynamic (seismic) influence.

Method of research: laboratory experimental researches on the models of loess slopes using modern measuring instruments and techniques.

The results obtained and their novelty: the dynamics of stable and deformational functions of the loess in slopes of different profile was studied depending on the content and condition of soils under the seismic influence of different intensively; the calculation method of determining the critical acceleration is proposed for inclined surface of soil thickness (criteria of soil structure’s dynamic stability); the condition of diluted zone’s appearing out of steep slope and the size of dynamic loading was displayed; “the method of seismic stable slope” for evaluation of slope’s dynamic stability is proposed herewith; the measures for providing the seismic stability of slopes by loading the surface of the slope were worked out.

Practical value: consists of working out the criteria for evaluation the possibility of landslides dilution, method of slope’s seismic stability and measures which provide the seismic stability of dewy slopes.

Degree of embed and economic effectivity : the results of the research were used the evaluation of seismic stability of the erection built on natural slope. The summary of dissertation paper is used by MA students of TASI specializing in “Hydro technical erections” as scientific example. The economic affectivity of seismic stable slope and ways of loading the slope is first of all aimed in providing the seismic stability of loess slope.

Field of application: to provide seismic stability of dewy loess slopes in seismic regions.