

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ  
РЕСПУБЛИКИ**

**ИНСТИТУТ ГЕОМЕХАНИКИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР**

**Диссертационный совет Д 25.09.383**

На правах рукописи  
УДК 556.04;622.692.4(575.2)(043.3)

**АСИЛОВА ЗУЛЬФИЯ АТАМЫРЗАЕВНА**

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА УСТОЙЧИВОСТЬ  
ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ СКЛОНОВ**  
(на примере бассейна реки Кугарт)

**Специальность: 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение пород взрывом,  
рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Бишкек - 2010

Работа выполнена в Жалал-Абадском государственном университете

- Научный руководитель:** доктор технических наук  
**Усенов Кенешбек Жумабекович**
- Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор  
**Баймахан Рысбек Баймаханович**
- кандидат технических наук  
**Ким Эльвена Александровна**
- Ведущая организация:** Кыргызский Государственный университет  
строительства, транспорта и архитектуры,  
г. Бишкек

Защита состоится «24» декабря 2010 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного Совета Д. 25.09.383 в Институте геомеханики и освоения недр НАН Кыргызской Республики, по адресу: 720035, г. Бишкек ул. Медерова, 98.

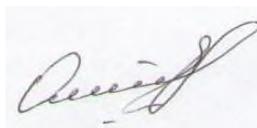
Факс +996(312)54-11-17

E-mail: ifmgrp@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геомеханики и освоения недр НАН Кыргызской Республики, г. Бишкек, ул. Медерова, 98

Автореферат разослан «\_\_»\_\_\_\_\_2010 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
канд. физ.-мат. наук



С.Б. Омуралиев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

*Актуальность темы диссертации.* Кыргызстан – высокогорная страна, 98% территории которой занимают горы. Среди многочисленных природных и природно-техногенных явлений, характерных для горных стран, наиболее распространены в Кыргызстане являются такие катастрофические процессы как оползни, приводящие к значительному материальному ущербу и человеческим жертвам.

Особо высокой оползневой активностью отличается юг Кыргызстана (Ошская и Жалал-Абадская области), где оползневые участки в основном расположены вдоль русел крупных рек (Кара-Дарья, Майлуу-Суу, Кугарт, Урумбаш, Зергер, Ийри-Суу, Яссы). Министерством чрезвычайных ситуаций (МЧС) за последние 4 года из оползнеопасных зон было переселено около 5,5 тыс. жилых домов. Ежегодно под оползневыми массами на территории Ошской и Жалал-Абадской областей гибнет от 80 до 100 человек. В настоящее время в Жалал-Абадской области зарегистрировано 225 зон поражения оползневыми процессами, из числа которых 144 расположены в Сузакском районе и 30 - в бассейне реки Кугарт, который относится к тектонически-активному региону. Здесь проходит разлом, отделяющий Кугартскую впадину от предгорий хребта Сюрень-Тюбе, и ограничивает односторонний горст этого поднятия с северо-запада. Морфологически этот разлом выражен ступенями высотой 20-35 м, по нему проходит граница между равнинными и среднегорными типами рельефа, в связи с чем наблюдаются выходы подземных вод. В зависимости от сезона года происходит поднятие уровня грунтовых вод, приводящее к увлажнению и высушиванию грунтов. При этом смываются карбонатные включения, что приводит к уменьшению прочности грунтов и их смещению. В зоне поражения оползневыми процессами находятся жилые дома, автомобильные дороги и государственные объекты.

Результаты изучения оползневых процессов позволили установить, что их формирование происходит под действием таких факторов, как: сейсмический, геологический, гидрогеологический и антропогенный, а основным фактором их активизации в бассейнах рек, в частности реки Кугарт, является воздействие подземных вод. 70% числа оползней (объемом 2,0 млн. м<sup>3</sup> и более) в этом районе происходит именно по этой причине.

Вопросам изучения оползней, возникших под действием подземных вод, посвящены многочисленные исследования ученых как кыргызских, так и зарубежных. В результате этих исследований установлено, что массовое проявление оползней наблюдается с марта по май, когда повышается уровень воды в реке и поднимается уровень грунтовых вод. Большинство известных ученых связывают изменение физико-механических и прочностных характеристик грунтов с влиянием подземных вод. В частности, учитывают пористость грунтов с уменьшением которой замедляется фильтрация подземных вод. Установлены условия предельного равновесия с учетом

подземных вод за счет увеличения веса грунта. Однако, напряженному состоянию склонов сложного строения, в зонах распространения грунтовых вод должного внимания не уделялось. А именно напряженное состояние склона является одним из основных факторов его устойчивости.

**Связь темы диссертации** с основными научно-исследовательскими работами. Диссертация выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ (приказ Президента НАН КР №33 от 25 июля 2007 года) Института геомеханики и освоения недр НАН КР по проекту «Стратегия развития страны» на период до 2010 года.

**Целью настоящей работы является:** оценка влияния подземных вод на напряженное состояние склонов и их устойчивость.

**Задачи исследования:**

1. Проведение ретроспективного анализа изучения оползневых процессов, сформировавшихся под воздействием подземных вод.
2. Определение изменения высоты и скорости поднятия воды в грунтах при различной площади замачивания и плотности грунтов.
3. Определение изменения сопротивления сдвигу грунтов при их многократном режиме увлажнения–высушивания.
4. Обоснование модели и оценка напряженного состояния склонов сложного строения и их устойчивости с учетом влияния подземных вод.
5. Оценка устойчивости оползня «Олоке-Колот» на оползнеопасном склоне расположенного в бассейне реки Кугарт.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Изменение высоты и скорости поднятия воды в грунтах зависит от площади замачивания и площади точечного источника. Изменение прочностных характеристик грунтов зависит от режима их увлажнения-высушивания, при котором за счет уменьшения угла внутреннего трения грунтов уменьшается сопротивление сдвигу.
2. Напряженно-деформированное состояние склонов сложного строения характеризуется наличием области концентрации касательных напряжений в зонах увлажнения, размеры этой области зависят от мощности покровных образований, свойств грунтов и площади замачивания грунтов на контакте коренных пород и покровных образований.
3. Изменение устойчивости склонов с учетом подземных вод зависит от мощности покровных образований ( $H$ ) и высоты зоны замачивания ( $h$ ) в грунтах и при отношении  $\frac{h}{H} \geq \frac{1}{3}$  наступает нарушение устойчивости склонов на первой надпойменной террасе.

**Научная новизна** полученных результатов заключается в следующем:

- выявлена закономерность распространения зоны увлажнения от источника замачивания, влияние размеров источника влаги на высоту и скорость поднятия воды;

- установлено, что скорость поднятия воды уменьшается на 85% в начальный момент времени при увеличении плотности грунтов на 19%;
- оценено изменение прочностных характеристик грунтов при многократном режиме увлажнения-высушивания и установлено, что после семикратного увлажнения-высушивания грунтов сопротивление сдвигу уменьшилась на 60% от первоначальной;
- обоснована модель напряженного состояния склона сложного строения и оценено перераспределение напряжений в покровных образованиях с учетом действия подземных вод для оценки степени оползневой опасности склонов;
- установлена связь между высотой зоны замачивания покровных образований и их мощности  $h=a \cdot H$  (где  $h$  – высота зоны замачивания пород склона,  $H$  – мощность покровных образований) и выявлено, что при  $a \geq 1/3$  склон переходит в неустойчивое состояние на первой надпойменной террасе.

**Личный вклад соискателя состоит** в проведении ретроспективного анализа формирования оползневых процессов в бассейне реки Кугарт, в проведении лабораторных исследований по определению высоты и скорости поднятия воды в грунтах различной плотности и влияния увлажнения-высушивания грунтов на их прочностные характеристики; в моделировании напряженного состояния склона и оценки устойчивости склонов под влиянием подземных вод с учетом мощности покровных образований и высоты зоны увлажнения в контакте коренных пород и покровных образований.

**Методы исследований** включают анализ литературных источников и обобщение практического опыта оценки влияния подземных вод на формирование оползневых процессов, натурные и лабораторные методы исследований, численное моделирование напряженно-деформированного состояния склонов.

***Практическая значимость полученных результатов:***

- установленные закономерности распространения влаги в грунтах позволяют определить влияние площади точечного источника на высоту и скорость поднятия воды в грунтах;
- обоснованная модель напряженного состояния склонов с учетом подземных вод позволяет предварительно оценить перераспределения напряжений на склоне с учетом подземных вод и установить, что при отношении высоты зоны замачивания в грунтах к мощности покровных образований, равном  $\frac{h}{H} \geq \frac{1}{3}$ , склон переходит в неустойчивое состояние;
- на основе выявленной закономерности оценена устойчивость оползнеопасного склона «Олоке-Колот» и установлено, что он находится в неустойчивом состоянии, так как  $\frac{h}{H} = \frac{1}{2}$  и коэффициент устойчивости  $K_y < 1$ ,

что подтверждено наличием и развитием закольных трещин выше стенки срыва;

- практические рекомендации внедрены в Управлении Министерства чрезвычайных ситуаций по Жалал-Абадской области.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на Международной конференции, посвященной 80 - летию Ч.Т.Айтматова (г. Ош, ОшГУ, 2008 г.), на Международной научно-практической конференции посвященной 75-летию профессора Ш.М. Айтиалиева (г. Алматы, КазГАСА, 2010 г.), на Международной научно-технической конференции «Современные проблемы геотехники, механики и строительства транспортных сооружений» (г. Алматы, КазАТК, 2010г.). С 2007 по 2010 годы результаты исследований докладывались на заседаниях кафедры «Информатика и вычислительная техника». В завершеном виде работа докладывалась на расширенном заседании кафедры «Механика» и «Информатика и вычислительная техника» Жалал-Абадского государственного университета.

**Опубликованность результатов.** По теме диссертации опубликовано 10 статей.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 130 страницах, содержит 25 рисунков, 24 таблицы, 110 наименований библиографии.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю д.т.н. К.Ж. Усенову за постановку задач, ценные советы и помощь при выполнении работы. Автор также признателен члену-корреспонденту НАН КР К.Ч. Кожогулову, д.т.н. О.В. Никольской, к.г.н. Т.Р. Рахманову, д.т.н. А.П. Алибаеву, к.ф.-м.н. В.Т. Мураталиевой, а также сотрудникам лаборатории «Прогнозирование природно-техногенных катастроф» ИГиОН НАН КР и кафедры «Информатика и вычислительная техника» ЖАГУ за оказанное содействие и помощь.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы, определены цели и задачи, приведены основные положения диссертационной работы.

**В первой главе** проведен обзор и анализ литературных источников по формированию и активизации оползней под влиянием подземных вод, изменению напряженного состояния и коэффициента устойчивости склона с учетом подземных вод.

Подземные воды изменяют физико-механические свойства грунтов, вследствие чего изменяется напряженное состояние склона, что влияет на его устойчивость.

Большой вклад в развитие теории и практики напряженного состояния горных склонов внесли такие ученые, как Г.С. Золотарев, Б.М. Сергеев, Н.Н. Маслов, В.Д. Ломтадзе, М.Н. Гольдштейн, И.Т. Айтматов, К.Ч. Кожогулов,

Ш.А. Мамбетов, К.Т. Тажибаев, О.В. Никольская, К.Ж. Усенов, Р.Б. Баймахан, С.Ф. Усманов и другие.

Изучение напряженного состояния горных склонов позволило установить, что перераспределение напряжений на склоне происходит под действием тектонических сил, подземных вод и человеческой деятельности.

Для определения устойчивости склонов при наличии подземных вод необходимы исследования по изменению физико-механических свойств грунтов с учетом подземных вод, изучению которых посвящены работы Е.П. Емельяновой, И.Я. Петрухиной, А.И. Щеко, К.Ч. Кожогулова, К.А. Кожобаева, О.В. Никольской, Р.А. Ниязова, Х.В. Ибатулина, Э.А. Ким, Г.Н. Фалалеева, С.Б. Омуралиева и других.

В работах этих ученых рассматривается изменение прочностных и деформационных свойств грунтов при увлажнении. Установлено, что техногенное обводнение лёссовых пород, сопровождающееся резким изменением деформационных и прочностных характеристик лёссов, приводит к перераспределению напряжений, располагающихся вблизи верхней границы горизонта увлажнения. Величина растягивающих напряжений в случае, если уровень грунтовых вод располагается на глубине 10м, достигает величин, сопоставимых с прочностными характеристиками увлажнения лёссов, а в отдельных случаях - их превышающих. Однако авторы не учитывали мощность покровных образований.

На основе анализа методов оценки напряженного состояния склонов установлено, что в настоящее время вопросы устойчивости склонов при известной площади замачивания грунтов и известной мощности покровных образований, изучены в недостаточной мере.

На основе изучения и анализа натуральных данных оползнеопасных склонов бассейна реки Кугарт выявлено, что на устойчивость склонов на первой надпойменной террасе влияют подземные воды. Таким образом, устойчивость склонов на первой надпойменной террасе определяется отношением высоты замоченной зоны к мощности покровных образований.

**Во второй главе** обоснована модель напряженно-деформированного состояния горных склонов.

По результатам натуральных исследований оползнеопасных склонов бассейна реки Кугарт, для моделирования напряженного состояния был отобран склон, имеющий высокую степень опасности с учетом подземных вод. Мощность покровных образований в зонах увлажнения (Н) на склоне составляла 27м. Высоту зоны замачивания (h) изменяли с шагом 1/9 от мощности покровных образований, угол наклона склона ( $\alpha$ ) составлял  $25^{\circ}$ . Общая длина модели равна 200м, число расчетных ячеек - 254. Геометрические параметры моделируемой области показаны на рис.1.

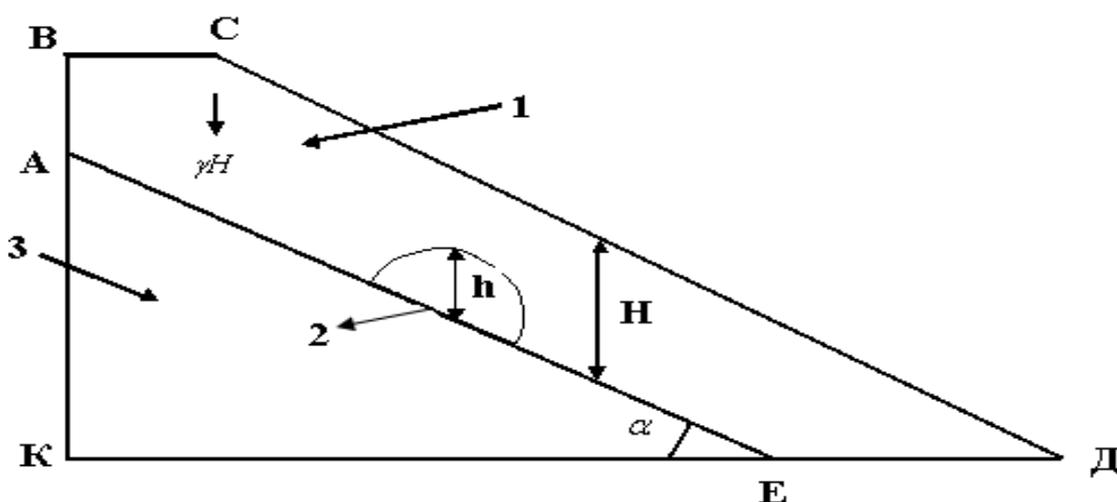
Уравнения равновесия для покровных образований с учетом действия подземных вод записывается в виде

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + (\rho_{ск} + \rho_в)x &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + (\rho_{ск} + \rho_в)y &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\sigma_x, \sigma_y$  - нормальные напряжения;

$\tau_{xy}$  - касательные напряжения, причем  $\tau_{xy} = \tau_{yx}$ ;

где  $\rho_{ск}$  - плотность скелета; где  $\rho_в$  - плотность воды, равная  $1000 \text{ кг/м}^3$ .



Условные обозначения: 1 - покровные образования  
2 - увлажненная зона  
3 - коренные породы

Рис. 1. Геометрические параметры моделируемой области

Когда напряжение в среде не превосходит заданного уровня предельного значения, условие плоской деформации описывается законом Гука

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= E (\varepsilon_1 + \nu \varepsilon_3) / (1 - \nu^2) \\ \sigma_3 &= E (\varepsilon_3 + \nu \varepsilon_1) / (1 - \nu^2) \end{aligned} \quad (2)$$

где  $E = E_0 / (1 - \nu_0^2)$ ,  $\nu = \nu_0 / (1 - \nu_0^2)$  - аналоги модуля Юнга  $E_0$  и коэффициента Пуассона  $\nu_0$  для случая плоской деформации.

Предельные значения напряжений в области растяжения ограничиваются прочностью на растяжение  $T$  ( $T < 0$ ):

$$\sigma_3 = T, \quad (3)$$

а в области сжатия – критерием Кулона:

$$\sigma_1 = S + ctg \psi \sigma_3, \quad (4)$$

где  $S = 2C \operatorname{ctg}(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$ ,  $\operatorname{ctg}\psi = (1 + \sin\varphi)/(1 - \sin\varphi)$ ,  $C$ ,  $\varphi$  - сцепление и угол внутреннего трения.

Полный вектор пластических деформаций  $\varepsilon^{\Pi}$  состоит из двух компонентов  $\varepsilon_1^{\Pi}$  и  $\varepsilon_3^{\Pi}$ , а взаимосвязь этих компонентов определяется соотношением

$$\varepsilon_3^{\Pi} = -\operatorname{ctg}\beta \varepsilon_1^{\Pi} \quad (5)$$

где  $\beta$  - угол, определяющий закон пластического течения: при  $\beta = \frac{\pi}{4}$  течение является равнообъемным, при  $\beta = \psi$  соотношение (4) соответствует ассоциированному закону течения.

Напряжения с учетом упругости вычисляются по формулам:

$$\sigma_3 = [E (\varepsilon_1 + \varepsilon_3) + S(\nu - 1)] / (1 - \nu \operatorname{ctg}\beta + \operatorname{ctg}\beta - \nu) \quad (6)$$

$$\sigma_1 = S + \sigma_3 \operatorname{ctg}\psi \quad (7)$$

Реализация модели проводилась методом конечных элементов. Область расчета была разбита на четырехугольные элементы второго порядка с граничными условиями: на АВ горизонтальные перемещения  $u=0$ , на АЕ вертикальные перемещения  $w=0$ .

Для определения высоты зоны замачивания грунтов были проведены лабораторные исследования, по результатам которых определены зависимости влияния площади замачивания на высоту и скорость поднятия воды в грунтах, изменения прочностных свойств грунтов при их многократном режиме увлажнения–высушивания.

Лабораторные исследования проводились на грунтах естественного сложения нарушенной структуры. Образцы высотой 9 см, диаметром 6 см отражали вертикальное сечение оползнеопасного склона в бассейне реки Кугарт в масштабе 1:300, которые в натуре соответствуют первой оползневой ступени.

Исследования проводились при одинаковых физико-механических свойствах грунтов.

Замачивание грунтов проходило от точечного источника, расположенного в нижней части образца. Площадь замачивания составляла  $0,37 \text{ см}^2$ ;  $1,39 \text{ см}^2$ ;  $3,14 \text{ см}^2$ ;  $5,58 \text{ см}^2$ ;  $8,72 \text{ см}^2$ .

**В третьей главе** приведены результаты лабораторных исследований и моделирования напряженного состояния склона с учетом подземных вод.

Установлено, что с увеличением площади замачивания высота поднятия воды в грунтах увеличивается. Максимальная высота поднятия воды в грунтах выявлена в образцах с наибольшей площадью замачивания, причем эта высота для площади замачивания, равной  $8,72 \text{ см}^2$ , в 1,6 раза больше поднятия воды при площади замачивания, равной  $0,37 \text{ см}^2$ , что показано на рис. 2.

Уравнение высоты поднятия воды записывается в виде  $h=a \cdot \ln(t)+b$  где  $h$ -высота поднятия воды,  $a$ ,  $b$ - параметры зависящие от водно-физических свойств грунтов и площади замачивания. Среднее отклонение значений составляет 5,77%, коэффициент достоверности аппроксимации-94,2%.

Установлено, что скорость поднятия воды в грунтах зависит от площади замачивания. Максимальное значение скорости поднятия воды равно 0,017 см/мин для образца с площадью замачивания, равной 8,72 см<sup>2</sup>, а минимальное – 0,003 см/мин для образца с площадью замачивания, равной 0,37 см<sup>2</sup>. Зависимость изменения скорости поднятия воды в грунтах с различными площадями замачивания показана в табл. 1

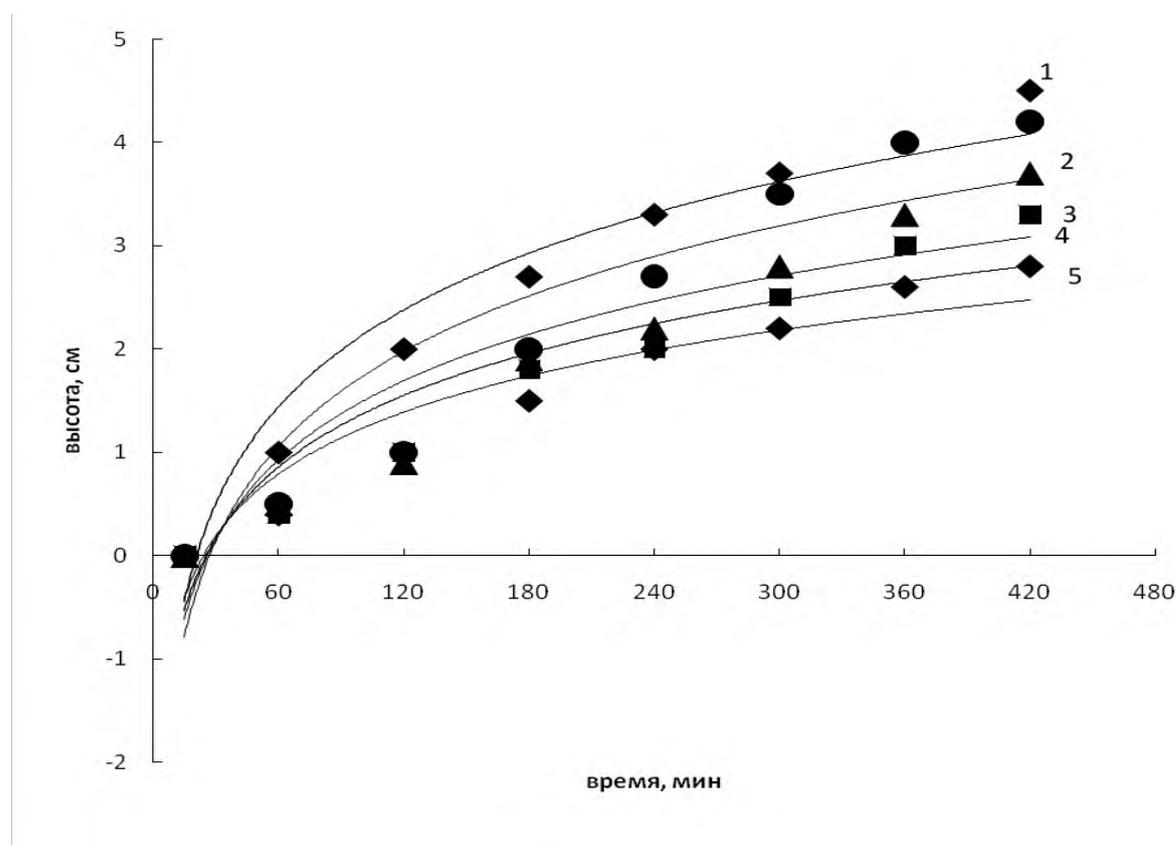


Рис. 2. Зависимость высоты поднятия воды в грунтах от времени, где 1, 2, 3, 4, 5 – образцы с площадью замачивания равной 0,37 см<sup>2</sup>; 1,39 см<sup>2</sup>; 3,14 см<sup>2</sup>; 5,58 см<sup>2</sup>; 8,72 см<sup>2</sup>соответственно.

Таблица 1

Время, мин	Скорость поднятия воды в грунтах с площадью замачивания, см/мин				
	S=8,72 см <sup>2</sup>	S=5,58 см <sup>2</sup>	S=3,14 см <sup>2</sup>	S= 1,39 см <sup>2</sup>	S=0,37 см <sup>2</sup>
60	0,017	0,008	0,008	0,007	0,007
120	0,017	0,008	0,007	0,01	0,010
180	0,012	0,017	0,017	0,013	0,008
240	0,01	0,012	0,005	0,003	0,008
300	0,007	0,013	0,010	0,008	0,003

360	0,005	0,008	0,008	0,008	0,007
420	0,008	0,003	0,007	0,005	0,003

Исследования по определению влияния плотности грунтов на высоту и скорость поднятия воды проводились при плотностях  $1700 \text{ кг/м}^3$ ,  $1900 \text{ кг/м}^3$ ,  $2100 \text{ кг/м}^3$  и влажности - 19%.

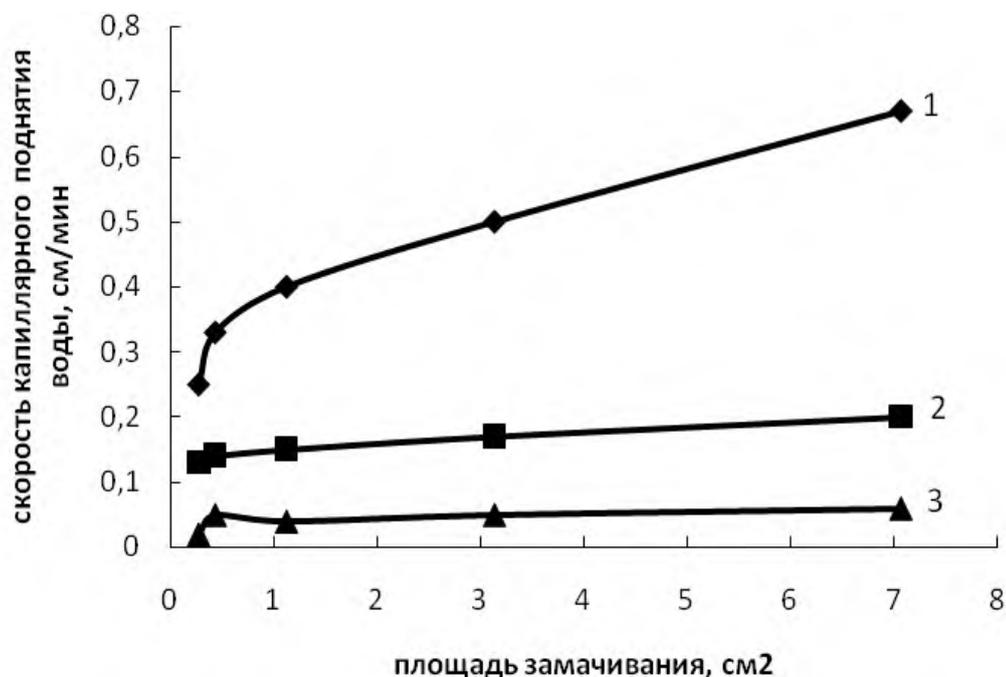


Рис.3. Зависимость скорости поднятия воды от площади замачивания при разных плотностях грунтов:  
1 – при  $\rho = 1700 \text{ кг/м}^3$ ; 2 –  $\rho = 1900 \text{ кг/м}^3$ ; 3 –  $\rho = 2100 \text{ кг/м}^3$

Установлена зависимость скорости поднятия воды в грунтах различной плотности от площади замачивания (рис. 3). Выявлено, что скорость поднятия воды в образцах с плотностью, равной  $1700 \text{ кг/м}^3$ , в 6,6 раза больше скорости поднятия воды с плотностью образца, равной  $2100 \text{ кг/м}^3$ , при той же высоте образца и при площади замачивания  $5,58 \text{ см}^2$ , т.е. при увеличении плотности грунта скорость поднятия воды уменьшается.

Установлено, что в начальный момент времени скорость поднятия воды уменьшается на 85% при увеличении плотности грунтов на 19%.

Выявлено влияние режима увлажнения-высушивания грунтов на их прочностные характеристики, заключающееся в снижении сцепления и угла внутреннего трения грунтов.

Увлажняли образцы до полного влагонасыщения и высушивали в течение суток при комнатной температуре ( $18-22^{\circ}\text{C}$ ), после чего испытывали образцы на сдвиг. Этот процесс повторялся восемь раз.

После каждого эксперимента определяли сцепление, угол внутреннего трения и сопротивление сдвигу грунтов.

Выявлено изменение прочностных свойств грунтов при их многократном режиме увлажнения-высушивания, и показано на рис. 4.

Первоначальное значение сцепления составляло 0,05 МПа, угла внутреннего трения -  $27^{\circ}$  и сопротивления сдвигу 1,55 МПа. После семикратного режима увлажнения-высушивания грунтов значение сцепления увеличилась в 1,46 раз, угла внутреннего трения уменьшилась в 1,5 раз и сопротивления сдвигу уменьшилась в 1,6 раз.

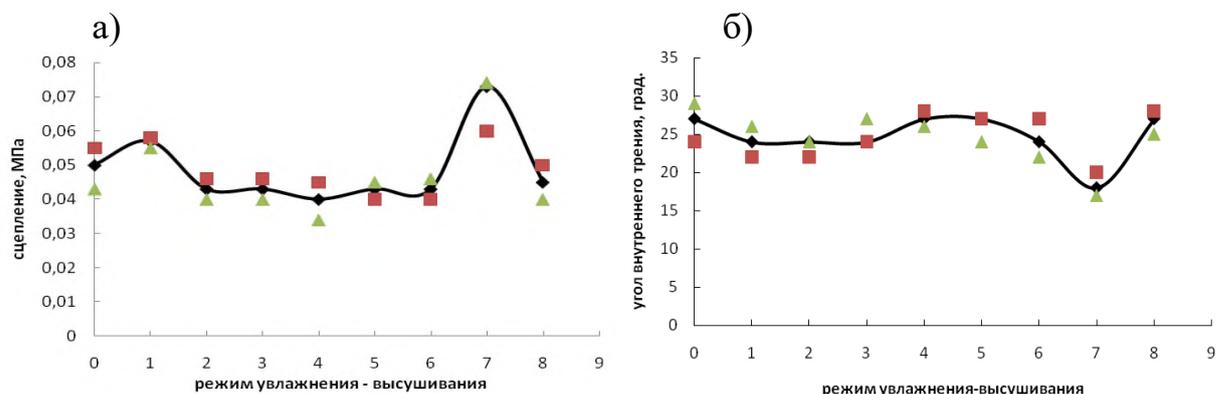


Рис.4. Изменение прочностных характеристик грунтов при многократном режиме увлажнения–высушивания:  
а - сцепления; б - угла внутреннего трения

Выявлено, что при многократном режиме увлажнения–высушивания грунтов за счет уменьшения угла внутреннего трения уменьшается сопротивление сдвигу.

Установлены прочностные свойства грунтов при сдвиге. При полном влагонасыщении сцепление равно 0,005 МПа, а угол внутреннего трения –  $18^{\circ}$ .

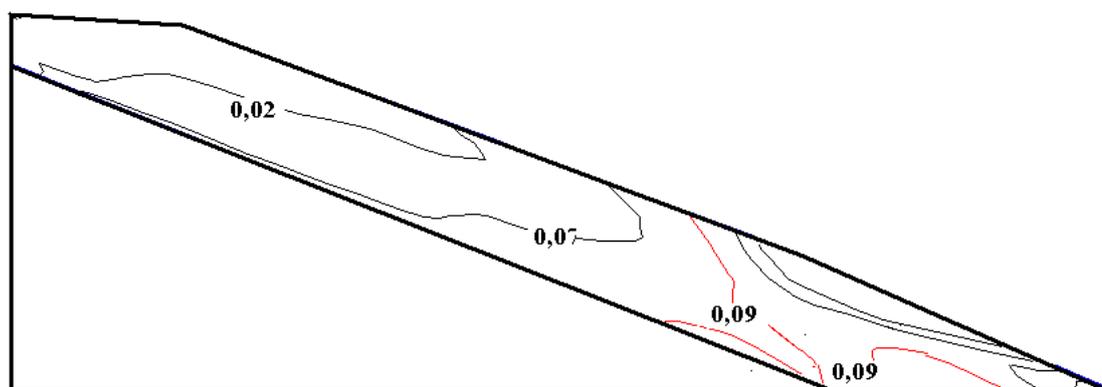
Для моделирования напряженно-деформированного состояния склона предложена модель склона, где высота поднятия воды в грунтах, определенная лабораторными исследованиями отражала высоту зоны увлажнения в модели. Для перехода от параметров лабораторных образцов к параметрам модели склона использован критерий геометрического подобия  $h_{об}/H=\alpha$ , где  $h_{об}$ - высота образца,  $H$ - мощность (высота) покровных образований,  $\alpha$ - коэффициент подобия.

По результатам моделирования (рис. 5) напряженного состояния в покровных образованиях оползнеопасного склона выявлено, что при наличии точечного источника на контакте покровных образований и коренных пород максимальные касательные напряжения увеличиваются, что приводит к потере прочности грунтов. Механические и прочностные свойства грунтов, использованные при расчетах, приведены в табл. 2.

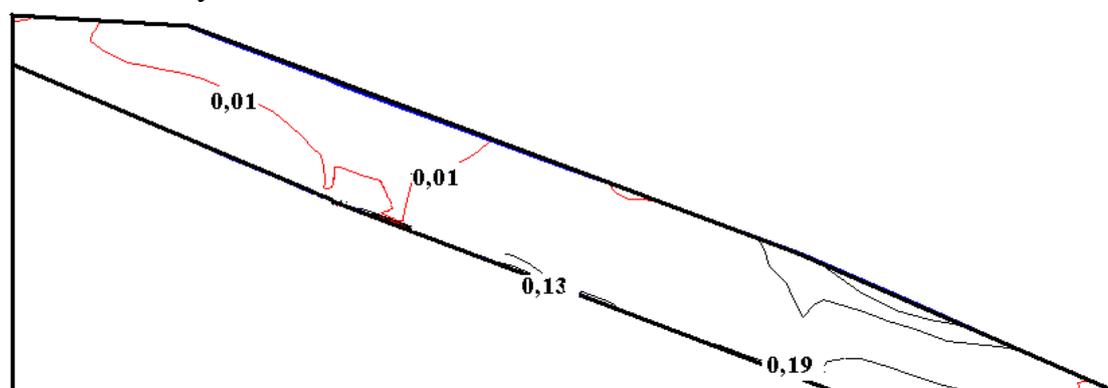
Таблица 2

Тип грунта	Модуль Юнга, МПа	Коеф. Пуассона	Объем. вес, кг/м <sup>3</sup>	Поровое давление, МПа	Сцепление, МПа	Угол внутр. трения, град
Суглинок при w=14%	2,7	0,35	1650	-	0,06	25
Суглинок при w=22%	1,1	0,35	1650	0,3	0,005	18

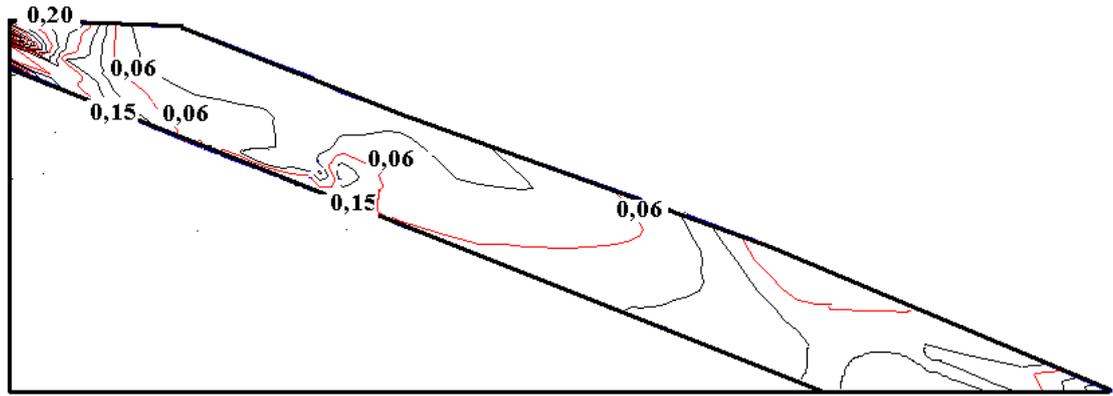
Установлено, что максимальные касательные напряжения на покровных образованиях увеличиваются при наличии на склоне точечного источника (рис.5). При отношении высоты зоны замачивания грунтов к мощности покровных образований, равном 1/9, максимальные касательные напряжения увеличиваются в 2,1 раз (рис. 5б) по сравнению с напряжением склона без наличия точечного источника (рис. 5а). Для этих отношений, равных 1/3 (рис. 5в) и 8/9 (рис. 5г), максимальные касательные напряжения в 2,6 раз, и 59,5 раз соответственно превышают первоначальное напряжение, равное 0,09 МПа.



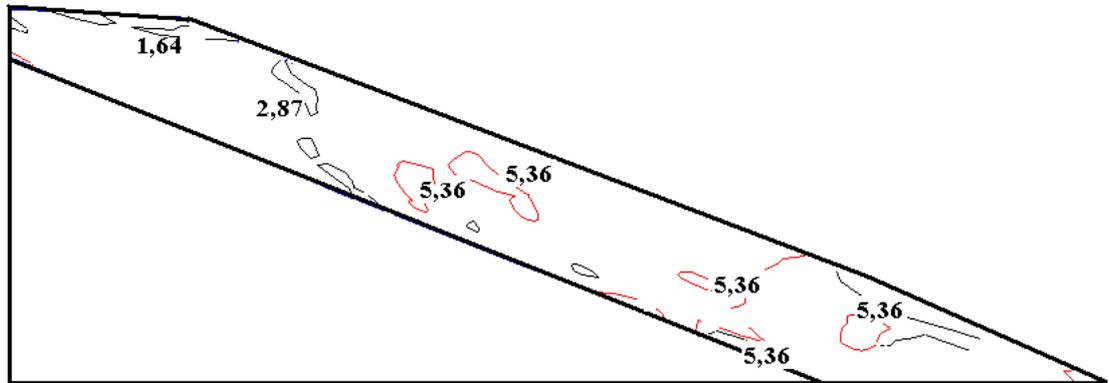
а) распределение максимальных касательных напряжений на склоне без наличия зоны увлажнения



б) при отношении высоты зоны увлажнения к мощности покровных образований равном 1/9



в) при отношении высоты зоны увлажнения к мощности покровных образований равном 1/3



г) при отношении высоты зоны увлажнения к мощности покровных образований равном 8/9

Рис 5. Перераспределение максимальных касательных напряжений на склоне.

С увеличением высоты зоны замачивания грунтов увеличиваются значения максимальных касательных напряжений, что приводит к потере прочности грунта.

Предельная прочность для данных грунтов рассчитывали по формуле Кулона-Мора

$$[\tau] = \sigma_n \cdot \operatorname{tg} \varphi(w) + c(w)$$

Выявлено, что для грунтов данных физико-механических свойств предельная прочность равна 0,20 МПа.

На основе моделирования напряженно-деформированного состояния склонов установлена связь между высотой зоны замачивания грунтов и мощностью покровных образований, которая представлена в виде

$$h = a \cdot H,$$

где  $h$  – высота зоны замачивания в грунтах;  $H$  – мощность покровных образований;  $a$  – коэффициент, зависящий от типа грунта. Результаты моделирования показаны в табл. 3 и на рис. 6.

Для моделирования были взяты грунты двух типов: лёссовидные и палевые суглинки, которые часто встречаются на оползневых склонах Кугартской долины, и отличаются друг от друга прочностными характеристиками.

Установлено, что с появлением на склоне замоченной зоны высотой равной 9 м, максимальные касательные напряжения равны предельно допустимому значению напряжений. При высоте замоченной зоны, превышающей 9 м, касательные напряжения увеличиваются в десятки раз от первоначального значения, что показано на рис. 6.

По результатам моделирования установлено, что при  $a \geq 1/3$  максимальные касательные напряжения превышают предельно допустимое значение прочности, вследствие чего склон переходит в неустойчивое состояние.

Таблица 3

Высота зоны замачивания $h$ , м	Отношение $h/H = a$	Значения максимальных касательных напряжений $\tau_{max}$ , МПа	
		Лёссовидные суглинки	Палевые суглинки
0	0	0,09	0,05
3	1/9	0,13	0,07
6	2/9	0,19	0,13
9	1/3	0,20	0,19
12	4/9	2,78	1,98
15	5/9	3,07	2,46
18	2/3	3,64	2,97
21	7/9	4,13	3,26
24	8/9	5,36	3,54
27	1	5,57	3,99

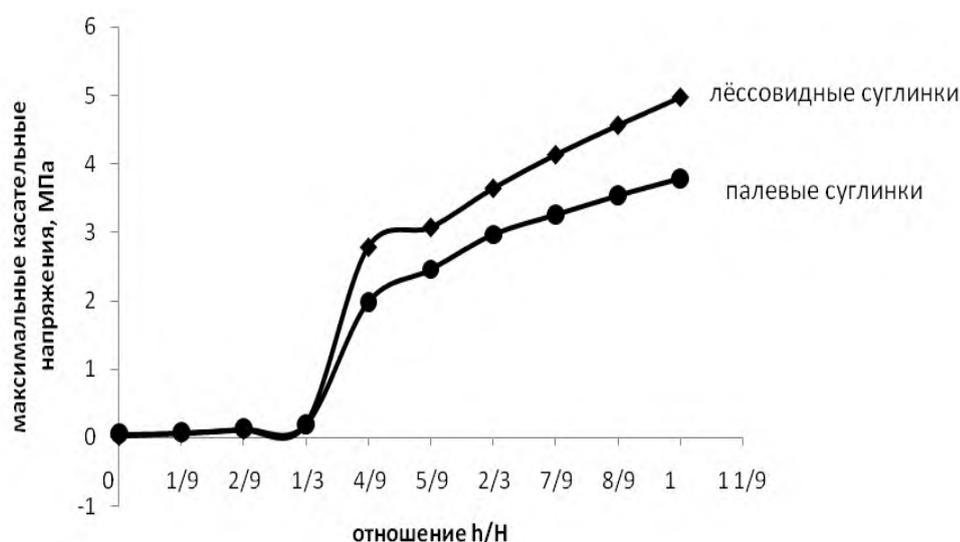


Рис.6. Зависимость изменения максимальных касательных напряжений от высоты зоны замачивания.

*В четвертой главе* приводится описание оползневых участков, расчет напряженного состояния склона и коэффициента устойчивости с учетом подземных вод на оползнеопасных склонах бассейна реки Кугарт.

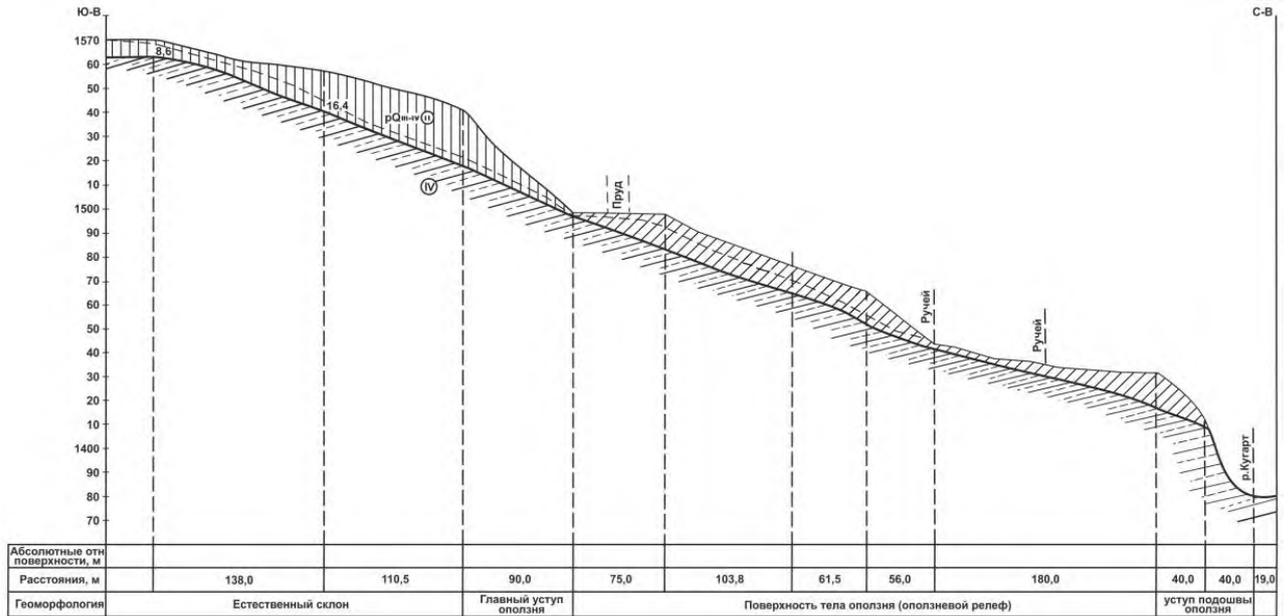
Оползень «Олоке-Колот» имеет длину с юга на север 800 м, с востока на запад – 1000 м. Средняя мощность пород, вовлеченных в смещение, составляет 15 м, объем оползня – 12 млн.м<sup>3</sup>.

В геологическом строении склона принимают участие покровные отложения в виде лёссовидных суглинков просадочных пород, мощностью 10–27м, залегающих на переслаивающихся алевролитах, глинами, песчаниками пестроцветными. Азимут падения пластов 160–180<sup>0</sup>, угол падения 30–35<sup>0</sup>. Природная влажность грунтов оползневого склона изменяется от 17,6 до 23%, плотность – от 1700 до 2020 кг/м<sup>3</sup>. Пористость этих грунтов также изменяется в широких пределах: от 0,659 до 0,902. Основные характеристики физико-механических свойств грунтов оползня «Олоке-Колот» приведены в табл. 4.

Таблица 4

Тип грунта	Уд. вес $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	Плотн. $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Природ. влажн $W$ , %	Пористость $P$ , %	Сцеплен ие $C$ , МПа	Угол внутр. трения $\phi$ , град
Суглинок	2730	1960	23	39	0,18	25

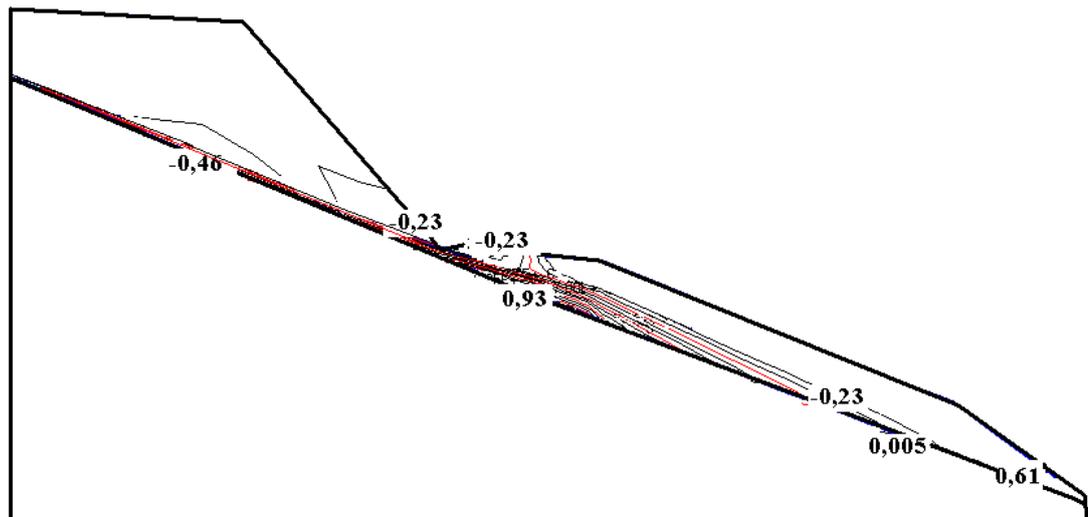
По топологической съемке построен профиль (рис.7) оползневого участка «Олоке-Колот», по которому производилось моделирование напряженно-деформированного состояния и расчет коэффициента устойчивости склона.



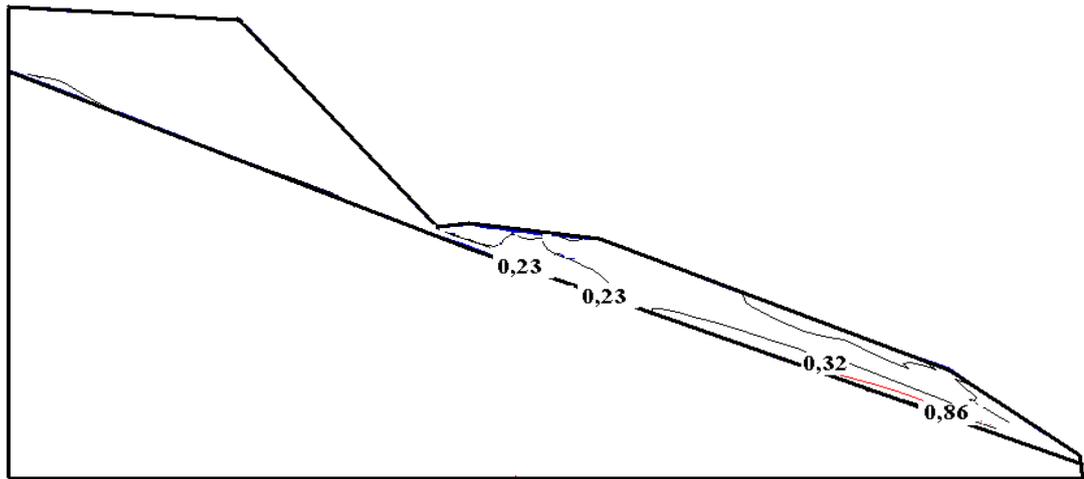
Условные обозначения: IV – песчаник,  
pQ<sub>III-IV</sub> – покровные четвертичные  
суглинистые отложения.

Рис. 7. Профиль оползня «Олоке-Колот» на оползнеопасном склоне.

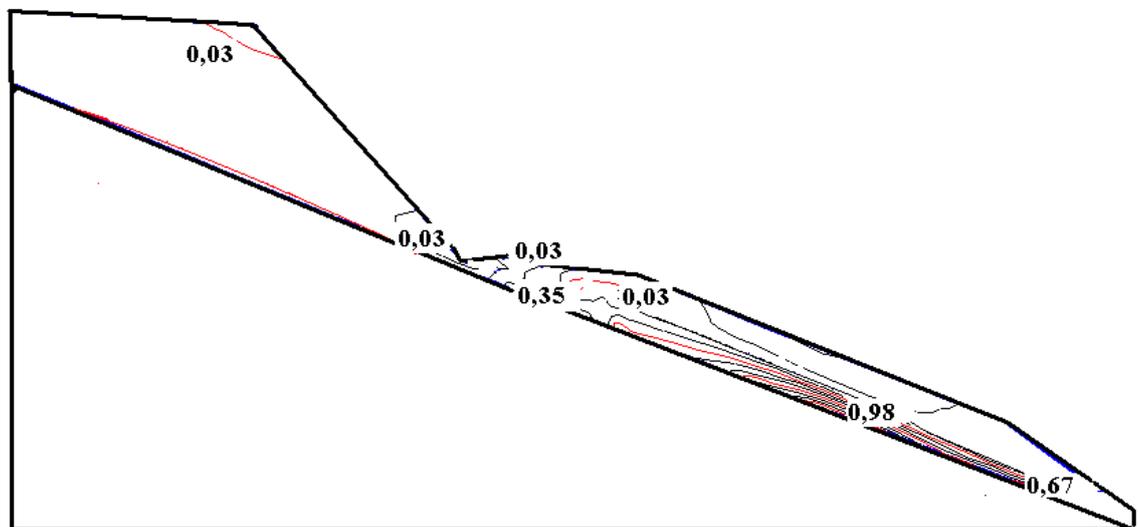
Ниже приведены распределения горизонтальных  $\sigma_x$ , вертикальных  $\sigma_y$  и касательных  $\tau_{xy}$  напряжений на оползнеопасном склоне расположенного в бассейне реки Кугарт.



а) распределение горизонтальных напряжений



б) распределение вертикальных напряжений



в) распределение касательных напряжений

Рис. 8. Перераспределение напряжений на оползнеопасном склоне

Первично на склоне появляются растягивающие напряжения (рис.8 а, б) способствующие появлению трещин отрыва.

Устойчивость склона оценивают по значению коэффициента устойчивости, для чего имеется немало методов расчета. Однако, в большинстве методов расчета коэффициента устойчивости склонов, не учитывается влияние подземных вод.

Из расчета коэффициента устойчивости склона участка «Олоке-Колот» с учетом влияния подземных вод выявлено, что  $K_y < 1$ , что подтверждает его неустойчивость.

Установлено, что соотношение высоты зоны замачивания к мощности покровных образований,  $a=1/2$ , (рис.7) что свидетельствует о его неустойчивости.

Результаты оценки устойчивости склонов в бассейне реки Кугарт в пределах первой надпойменной террасы, по мощности покровных

образований и высоте зоны замачивания внедрены в управлении министерством чрезвычайных ситуаций (УМЧС) по Жалал-Абадской области.

## ВЫВОДЫ

В диссертационной работе дано решение актуальной задачи – оценка влияния подземных вод на напряженное состояние и устойчивость оползнеопасных склонов (на примере бассейна реки Кугарт), заключающейся в проведении лабораторных исследований по определению влияния плотности грунтов на высоту и скорость поднятия воды, изменение прочностных свойств грунтов при многократном режиме увлажнения-высушивания, а также в моделировании напряженного состояния склона с учетом действия подземных вод.

Основные научные и практические результаты исследований заключаются в следующем:

1. На основе ретроспективного анализа выявлено, что в бассейне реки Кугарт подземные воды являются основным фактором формирования оползневых процессов.
2. Установлено влияние площади замачивания на высоту и скорость поднятия воды в грунтах, которые при диаметре точечного источника больше в 5 раз, скорость распространения воды – больше в 3 раза.
3. Установлено, что плотность грунтов влияет на высоту и скорость поднятия воды. В образцах с плотностью, равной  $1700 \text{ кг/м}^3$ , скорость поднятия воды больше в 8 и в 2 раза, соответственно, скорости поднятия воды с плотностью образца, равной  $2100 \text{ кг/м}^3$  и  $1900 \text{ кг/м}^3$ , при одинаковой высоте образца.
4. Установлено, что при семикратном увлажнении-высушивании грунтов сопротивление сдвигу уменьшается в 1,6 раза от первоначальной.
5. Исследования напряженного состояния склона с учетом и без учета подземных вод позволяют утверждать, что при наличии в склоне площади замачивания касательные напряжения на контакте с увлажненной зоной увеличиваются в зависимости от отношения высоты зоны замачивания в грунтах и мощности покровных образований на первой надпойменной террасе.
6. Установлена связь между высотой зоны увлажнения в грунтах и мощностью покровного образования, выявлено, что при  $\frac{h}{H} \geq \frac{1}{3}$  склон переходит в неустойчивое состояние.
7. Оценена устойчивость оползнеопасного склона «Олоке-Колот» с учетом уровня грунтовых вод по коэффициенту устойчивости и по напряженному состоянию склона. Выявлено, что склон находится в

неустойчивом состоянии, что приводит к его ежегодному смещению.

8. Разработанная рекомендация внедрена в Управлении Министерства чрезвычайных ситуаций (УМЧС) по Жалал-Абадской области для принятия оперативных мер при оценке оползневой опасности склона.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Асилова З.А., Усенов К.Ж. и др. Анализ напряженно-деформированного состояния массива горных пород склонов при строительстве гидротехнических сооружений // Напряженное состояние породного массива и наведенная геодинамика недр / Сб. научн. тр. междунар. конф. – Бишкек: ИФиМГП, 2006. – С. 186–190.
2. Асилова З.А. Проявление оползневых процессов катастрофического характера на Юге Кыргызстана // Наука, образование, техника / международный научный журнал ОшКУУ.2007. №4. – С. 79–81.
3. Асилова З.А., Кадыралиева Г. Определение высоты капиллярного поднятия воды в грунтах различной влажности // Известия вузов. – Бишкек, №3-4. 2008.– С. 185–189.
4. Усенов К.Ж., Асилова З.А. Изменение сопротивления сдвигу в лессовидных породах в зависимости от увлажнения-высушивания грунта // Известия вузов. –Бишкек, №3-4. 2008.– С. 26-28.
5. Асилова З.А., Усенов К.Ж., Рахманов Т.Р. Проявление оползневых процессов в бассейне реки Кугарт // Вестник ОшГУ. –Ош, №1. 2009.– С. 109–114.
6. Асилова З.А., Маматова Г. Подземные воды Кугартской долины и их влияние на оползень // Вестник ОшГУ. –Ош, №3. 2009.– С. 130 – 134.
7. Асилова З.А. Влияние угла наклона водоносного горизонта на формирование оползневых процессов // Наука и новые технологии. – Бишкек, №8. 2009. – С. 6–9.
8. Асилова З.А. Оценка влияния плотности грунтов на высоту капиллярного поднятия воды // Наука и новые технологии. – Бишкек, №8. 2009. – С. 15–18.
9. Асилова З.А. Активизация оползней в бассейне реки Кугарт в зависимости от стока воды в реке // Материалы междунар. научно-технич. конф. «Современные проблемы геотехники, механики и строительства транспортных сооружений», посвященной 70-летию со дня рождения и 45-летию научно-педагогической деятельности д.т.н., профессора, академика МАИИ, члена международной геотехнической ассоциации по геомеханике грунтов и фундаментостроению (ISSMGE) и Казахстанской геотехнической ассоциации Исаханова Е.А./ Сб. научн. тр. –Алматы, 2010. – С. 107–110.

10. Усенов К.Ж., Асилова З.А. Оценка устойчивости склона по напряженному состоянию с учетом подземных вод // «Ізденіс»–«Поиск» (ест./тех.сер.) -Алматы, №3-4. 2010. – С. 162–167.

## Резюме

**Асилова Зульфия Атамырзаевна**

**Жер астындагы суулардын жер көчкүнүн коркунучундагы беткейинин туруктуулугуна тийгизген таасирин баалоо (Көк-Арт бассейнинин мисалында)**

25.00.20- «Геомеханика, тектерди жардыруу жана талкалоо, рудник аэрогазодинамикасы жана тоо-кен жылуулук физикасы» адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты деген илимий даражасын алуу үчүн жазылган диссертация

**Негизги сөздөр:** *туруктуулук, жер көчкүнүн коркунучундагы беткей, жер астындагы суулар, физика-механикалык касиеттери, үстүнкү тектердин калыңдыгы, суунун капиллярдык көтөрүлүшүнүн бийиктиги жана ылдамдыгы, чыңалуудагы абал, нымдануу зонасы.*

Диссертациялык иште жер астындагы суулардын жер көчкү коркунучтуу беткейинин туруктуулугуна тийгизген таасирин баалоо каралган.

Грунттарды нымдоо-кургатуу режиминин бекемдик мүнөздөмөлөргө тийгизген таасирин аныктоо жана суунун капиллярдык көтөрүлүшүнүн ылдамдыгы жана бийиктигине нымдоо аянтынын жана грунттун тыгыздыгынын тийгизген таасирин баалоо үчүн лабораториялык иштер жүргүзүлгөн.

Жер астындагы сууларды эске алуу менен беткейлердин чыңалуудагы абалы жана туруктуулугу бааланган.

Аяккы элементтер методу менен чыңалуудагы абал боюнча грунттардын белгилүү зонасы жана үстүнкү тектердин калыңдыгы боюнча беткейдин туруктуулугун баалоо критерийи сунушталган.



## Резюме

**Асилова Зульфия Атамырзаевна**

**Оценка влияния подземных вод на устойчивость оползнеопасных склонов**

(на примере бассейна реки Кугарт)

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20. – «Геомеханика, разрушение горных пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

**Ключевые слова:** *устойчивость, оползнеопасный склон, подземные воды, физико-механические свойства, мощность покровного образования,*

*высота и скорость капиллярного поднятия воды, напряженное состояние, зона увлажнения.*

В диссертационной работе приводится оценка влияния подземных вод на устойчивость оползнеопасных склонов в бассейне реки Кугарт.

Проведены лабораторные исследования грунтов по определению влияния режима увлажнения-высушивания грунтов на их прочностные характеристики для оценки влияния площади замачивания и плотности грунтов на высоту и скорость капиллярного поднятия воды.

Оценено напряженное состояние и устойчивость склонов с учетом подземных вод.

Предложен критерий оценки устойчивости склонов при известной высоте зоны увлажнения в грунтах и мощности покровного образования по напряженному состоянию методом конечных элементов.



## **Resume**

**Asilova Zulfiya Atamyrzaevna**

### **Evaluation of influence of underground waters on landslide dangerous slope stability (on an example of Kugart basin)**

Technical Candidate's thesis on specialty 25.00.20. –“Geomechanics, rock failure by explosion, mine aerogas dynamics and mine thermal physics”.

**Key words:** *stability, landslide dangerous slope, underground water, physical-mechanical properties, covering thickness of formation, height and rate of capillary rise of water, stress condition, moistening zone.*

In dissertation work the evaluation of influence of underground waters on landslide dangerous slope stability in Kugart basin is considered.

Laboratory research of soils on determination influence of moistening-drying soil mode to their strength property for evaluation of influence watering areas and soil strength to height and rate of capillary rise of water have been carried out.

Stress condition and soil stability including underground water have been evaluated.

Evaluation criteria of slope stability of certain height zone of moistening in soils and covering thickness of formation by stress condition method of finite element was suggested.

