

0000-81

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ И МЕХАНИКИ ГОРНЫХ ПОРОД

УДК 622.83:624.131(081)

На правах рукописи

Никольская Ольга Викторовна

**Оценка геомеханической
устойчивости оползнеопасных склонов
в сейсмоактивных горно-складчатых областях
Юго-западного Тянь-Шаня**

Специальность: 01.02.07 - Механика сыпучих тел, грунтов и
горных пород

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Бишкек
2000

УДК 622.83:624.131(081)

На правах рукописи

Никольская Ольга Викторовна

**Оценка геомеханической
устойчивости оползнеопасных склонов
в сейсмоактивных горно-складчатых областях
Юго-западного Тянь-Шаня**

Специальность: 01.02.07 - Механика сыпучих тел, грунтов и
горных пород

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Бишкек
2000

Работа выполнена в Институте физики и механики горных пород НАН Кыргызской Республики.

Научные консультанты: академик НАН КР, доктор технических наук, профессор АЙТМАТОВ И.Т.

доктор технических наук,
профессор КОЖОГУЛОВ К.Ч.

Официальные оппоненты: академик МН-АН Республики Казахстан, доктор технических наук АЙТАЛИЕВ Ш.М.

академик МАЭ им. А. Эйнштейна,
доктор технических наук СВИДЕНКО В.Н.

доктор технических наук ТЕЛЬТАЕВ Б.Б.

Ведущая организация: Институт горного дела МН-АН Республики Казахстан

Защита диссертации состоится " 7 " мая 2000 г.
в 9 часов на заседании Диссертационного совета Д 05.00.105 при
Институте физики и механики горных пород НАН Кыргызской Республики
по адресу: 720035 г. Бишкек ул. Медерова, 98. Факс: (+996-312) 54-11-17

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института физики и механики горных пород НАН Кыргызской Республики

Автореферат разослан " 24 " мая 2000 г.

Ученый секретарь

специализированного совета
доктор технических наук К.П. Шкурина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Освоение горных и предгорных территорий Центральной Азии, строительство автомобильных и железных дорог на горных склонах и их подножиях, возведение гидроэлектростанций на горных реках неизбежно сопровождаются изменением установившегося природного равновесия горных склонов. Антропогенная деятельность в сочетании с особенностями геологического строения горно-складчатых областей, активной тектоникой, сопровождающейся высокой сейсмичностью и климатическими условиями региона приводит к активизации и интенсивному развитию экзогенных геологических процессов - оползней и обвалов.

Отличительной особенностью оползневых процессов в тектонических сейсмоактивных горно-складчатых областях, и, в частности в Юго-Западном Тянь-Шане, является то, что оползни в основном формируются в покровных образованиях, залегающих на породах коренной основы горных склонов.

Проблема прогноза катастрофических природно-техногенных склоновых процессов и обеспечения устойчивости склонов с покровными образованиями является одной из сложных и актуальных для горных регионов.

Многолетний опыт изучения оползневых процессов показывает многофакторность и многогранность этого процесса. Формирование и активизация оползней связана с такими природными факторами, как продолжительность и количество атмосферных осадков, сезонные колебания температуры, современные движения земной коры и связанные с ними тектоника и сейсмичность, свойства грунтов покровных образований и пород коренной основы склонов.

В мировой практике накоплен богатый инженерно-геологический опыт в изучении оползневых процессов. Разработаны методы оценки устойчивости сформировавшихся оползней по соотношению удерживающих и сдвигающих сил по поверхности скольжения. Однако такое направление, как геомеханическая оценка состояния склонов с покровными образованиями до формирования тела оползня склона не получили достаточного развития. До настоящего времени не уделялось должного внимания и проблеме связанной с оценкой геомеханического состояния сформировавшегося оползня на склоне, позволяющее определить не только стадию развития оползневого процесса, но и степень оползневой опасности.

Проблема установления напряженного состояния покровных образований на горных склонах, и на его основе оценка геомеханической устойчивости оползнеопасных склонов с учетом региональных особенностей строения и структуры горных склонов с покровными образованиями в сейсмоактивных горно-складчатых областях является актуальной. Для

решения этой проблемы необходим комплексный подход к исследованию условий формирования и развития оползневых процессов в покровных образованиях, включающие методы инженерной геологии и геомеханики.

В работе обобщены экспериментальные и теоретические исследования, выполненные автором в период 1980-1998 гг. по следующим плановым темам Института физики и механики горных пород НАН Кыргызской Республики: "Разработка и усовершенствование методов прогноза и контроля изменения состояния и свойств массивов горных пород под влиянием естественных и искусственных факторов при гидротехническом и дорожном строительстве в Средней Азии" (№ Гос. рег. 0286.0071275), "Исследование закономерностей формирования напряженно-деформированного состояния горных склонов под влиянием природных и техногенных факторов" (№ Гос. рег. 0186.0121970), "Исследование геомеханических процессов в горных склонах при строительстве крупномасштабных сооружений и разработка методов их прогноза и контроля" (№ Гос. рег. 01.9.10040732), "Оценка, прогноз и профилактика природно-техногенных катастроф при освоении горных территорий республики" (№ Гос. рег. 0000356), "Разработка научно-методических положений геомеханической оценки и мониторинга геологической среды при промышленном освоении горных регионов Кыргызстана" (№ Гос. рег. 00001101).

Целью работы является обоснование и разработка научно-методических основ комплексной оценки геомеханической устойчивости оползневых склонов с покровными образованиями в тектонических сейсмоактивных зонах Юго-Западного Тянь-Шаня.

Научная идея работы заключается в использовании установленных геомеханических параметров склона и инженерно-геологических факторов, приводящих к формированию и активизации оползней при оценке геомеханической устойчивости оползнеопасных горных склонов с покровными образованиями.

Задачи исследований:

1. Выявить основные инженерно-геологические, геодинамические и геомеханические условия формирования, развития и активизации оползневых процессов в покровных образованиях на горных склонах в тектонических сейсмоактивных горно-складчатых областях Юго-Западного Тянь-Шаня.

2. Обосновать границы применения методов теории упругости для решения задач оценки геомеханической устойчивости покровных образований на горных склонах.

3. Оценить степень влияния влажности грунтов покровных образований на их прочностные и деформационные свойства и установить границы изменения влажности, при которых грунт переходит в состояние текучести.

4. Установить закономерности изменения горизонтальных напряжений в покровных образованиях на оползнеопасных склонах.

5. Разработать метод комплексной оценки геомеханической устойчивости горных склонов с покровными образованиями с учетом региональных особенностей Юго-Западного Тянь-Шаня.

6. Оценить устойчивость и степень оползневой опасности склонов Юго-Западного Тянь-Шаня.

7. Обосновать превентивные инженерные мероприятия, направленные на снижение оползневой опасности и ущерба от оползней.

Методы исследований включают ретроспективный анализ литературных источников и обобщение практического опыта оценки состояния оползнеопасных склонов. Натурные и лабораторные эксперименты по изучению напряженно-деформированного состояния: метод парных реперов для оценки деформированного состояния склонов, метод частичной разгрузки для определения горизонтальных напряжений в покровных образованиях на горных склонах и метод фотоупругости для установления закономерностей распределения напряжений в покровных образованиях, расчет устойчивости склонов методами механики грунтов и горных пород.

Научные положения, выносимые на защиту.

1. Методология оценки степени оползневой опасности в диссертационной работе, ввиду многофакторности причин, обуславливающих формирование оползневых процессов на горных склонах Юго-Западного Тянь-Шаня, базируется на комплексном подходе выявления инженерно-геологических и геомеханических закономерностей формирования и развития оползневых процессов в покровных образованиях на горных склонах.

2. Геомеханическое состояние покровных образований, формирующееся под воздействием гравитационных, тектонических сил, сейсмических ускорений, поднятия уровня грунтовых вод, атмосферных осадков, антропогенной деятельности, является определяющим фактором возникновения, развития и активизации оползневых процессов в горно-складчатых областях.

3. Активизация оползней в подвижных горно-складчатых областях носит периодический характер и соответствует периодичности проявления землетрясений, максимального количества атмосферных осадков и поднятия уровня грунтовых вод. Оползневые процессы активизируются с периодичностью в 4-, 6-, 9-, 12- лет, наибольшее количество оползней образуется и активизируется в 9-летний период.

4. Особенностью напряженного состояния покровных отложений на оползнеопасных горных склонах является установленная в верхней части склона область концентрации горизонтальных напряжений, линейные размеры которой служат показателем устойчивости покровных образований на горном склоне до формирования оползневых тел. Покровные

обеспечивает оценку геомеханического состояния покровных отложений

образования на склоне устойчивы, если линейные размеры этой зоны меньше 1/3 длины склона по падению.

В сформировавшемся теле оползня в покровных образованиях на склоне оползневая опасность оценивается по соотношению значений горизонтальных напряжений, действующих на разных гипсометрических уровнях склона. Если горизонтальные напряжения, действующие в основании оползневого тела на склоне, превышают в 4 и более раз значения напряжений в средней его части, то оползень находится в стадии подготовки к основному смещению. Если горизонтальные напряжения в центральной части оползневого тела в 1,5-2,0 раза больше напряжений в его нижней части, то оползень находится в стадии подготовки к активизации.

5. Действие сейсмических ускорений, гидростатических сил и поднятие уровня грунтовых вод приводят к снижению устойчивости покровных образований на склоне к увеличению сдвигающих сил действующих по поверхности скольжения оползня по склону. В целях повышения надежности оценки устойчивости оползнеопасных склонов в расчетах коэффициент запаса следует принимать $K_y > 1,3$.

6. Оползневая опасность склонов с покровными образованиями по комплексу выявленных в диссертации соответствующих признаков и условий подразделяются на четыре категории: 1 - склоны повышенной оползневой опасности; 2 - склон оползнеопасный; 3 - склон потенциально оползнеопасный; 4 - склон не оползнеопасный.

Научная новизна работы

1. Выявлена периодичность проявлений оползневых процессов и их связь с активизацией землетрясений, с изменением уровня грунтовых вод и количеством осадков и установлено, что максимальное количество оползней активизируется с периодичностью 9 лет.

2. Установлено, что грунт переходит в состояние текучести при влажности более 28% , при этом прочностные свойства грунта (сцепление) снижаются до 5 раз, угол внутреннего трения на $1-2^{\circ}$, а модуль деформации в 1,2-1,4 раза.

3. Установлены закономерности распределения горизонтальных напряжений в покровных образованиях на горных склонах и установлены значения соотношений горизонтальных напряжений действующих по падению и простиранию и на разных гипсометрических уровнях склона, при которых возрастает вероятность активизации оползневого процесса.

4. Выявлены основные признаки оползневой опасности в сейсмоактивных горно-складчатых областях Юго-Западного Тянь-Шаня.

5. Разработан метод комплексной оценки геомеханического состояния и устойчивости оползнеопасных склонов, с учетом литологии покровных образований сейсмичности региона положения уровня грунтовых вод

относительно поверхности скольжения, установленного напряженного состояния и оценки геомеханической устойчивости покровных образований на горных склонах. Обоснованы категории оползневой опасности горных склонов с покровными образованиями.

6. На основании установленных закономерностей распределения горизонтальных напряжений в покровных образованиях разработана методика оперативной оценки оползневой опасности, позволяющая оценить геомеханическое состояние покровных образований и установить категорию оползневой опасности склонов.

7. В зависимости от установленной категории оползневой опасности, обоснован выбор превентивных мероприятий по снижению ущерба от оползней.

Достоверность научных положений подтверждается представительностью объема экспериментальных данных по 38-ми оползневым участкам. Качественной сходимостью результатов лабораторных и натурных экспериментов по оценке напряженного состояния покровных образований на горных склонах. Положительными результатами внедрения разработанной методики оперативной оценки оползневой опасности, рекомендаций и технических решений по снижению ущерба от оползней.

Личный вклад автора заключается в следующем:

1. Обоснованы границы применения методов теории упругости для решения задач механики грунтов.

2. Оценено влияние влажности грунтов покровных образований на их прочностные и деформационные характеристики.

3. Выполнена оценка напряженного состояния покровных образований на горных склонах в лабораторных и натуральных условиях.

4. Обоснованы категории оползневой опасности горных склонов с покровными образованиями.

5. Разработана методика оперативной оценки оползневой опасности.

6. Предложен метод комплексной оценки степени оползневой опасности горных склонов с покровными образованиями.

7. Разработаны рекомендации по выбору превентивных мероприятий по снижению ущерба от оползней.

Практическая ценность работы заключается в следующем.

Выявленная периодичность активизации оползневых процессов позволяет заблаговременно разработать и принять соответствующие меры по снижению ущерба от оползней.

На основании установленных закономерностей распределения горизонтальных напряжений в покровных образованиях осуществляется оценка их состояния и степень оползневой опасности при отсутствии признаков тела оползня.

Разработанная методика оперативной оценки оползневой опасности обеспечивает оценку геомеханического состояния покровных отложений и

тела оползня на склоне на текущий момент времени и при этом снизить затраты на проведение полевых работ.

Разработанные категории степени оползневой опасности горных склонов служат обоснованием для выбора эффективных превентивных мероприятий по снижению ущерба от оползней.

Реализация работы. Методика оперативной оценки состояния оползневых склонов, внедренная Ошским филиалом АО КыргызГИИЗ, позволяет обеспечить надежность оценки состояния склонов с покровными образованиями и снизить затраты на проведение полевых работ. Экономический эффект от внедрения составил 91,77 тыс. сомов. Методика оценки состояния и устойчивости оползнеопасных склонов использована при обследовании и разработке превентивных мероприятий на оползневых участках автомобильной дороги Бишкек-Ош, в поселках Сузакского, Узгенского, Аксыйского районов, в г. Сулюкта и в районе водозабора на р. Кара-Дарья в г. Узген, Ошской области всего на 38 оползнеопасных участках и отдельных склонах. В результате внедрения этих работ обеспечена безопасность населения в этих районах, а также безопасность эксплуатации инженерных сооружений.

Результаты по оценке устойчивости склонов, полученные автором, используются при чтении курсов "Геомеханика", "Открытые горные работы" и "Сдвижение горных пород", в Кыргызском горно-металлургическом институте.

Апробация работы. Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на VIII Всесоюзной конференции "Механика горных пород", Тбилиси, 1985 г.; II Всесоюзной школе-семинаре "Физические основы горных пород", Фрунзе 1985 г.; IX Всесоюзной конференции "Проблемы механики горных пород", Фрунзе 1989 г.; III Всесоюзном семинаре "Проблемы разработки полезных ископаемых в условиях высокогорья", Бишкек, 1991 г.; Научно-практической конференции "Природные, природно-техногенные катастрофы и современные технологические процессы в горных районах, прогноз и защита", Бишкек, 1994 г.; Международной конференции "Высокогорные исследования: изменения и перспективы в XXI веке", Бишкек 1996 г.; 30-ом Всемирном геологическом конгрессе, Пекин, 1996 г.; Научно-практической конференции "Проблемы горных дорог", Бишкек, 1997 г.; Международной научной конференции "Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог", Алма-Ата, 1998 г.; Международной конференции IUFRO, Киото, Япония, 1998 г.; Международном семинаре Кумтор Оперейтинг Компани "Автоматизированная подготовка производства на карьерах", Бишкек, 1999 г.; Региональной научно-практической конференции "Наука - высокогорью", Бишкек, 1999 г. на Ученом совете Института физики и механики горных пород НАН КР в 1984-1999 гг.

и выносятся на рассмотрение и утверждение ученого совета

Публикации. По теме диссертации опубликовано 47 работ. При этом основные положения диссертации отражены в 28 работах, в том числе в двух монографиях.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, изложена на 319 страницах, включая 67 рисунков, 20 таблиц, список использованной литературы из 165 наименований и приложения (документы о внедрении).

Содержание работы

Во введении сформулированы актуальность проблемы, цель, основная идея и задачи исследований, приведены защищаемые научные положения, их достоверность и новизна, показана личный вклад автора, показана практическая ценность и результаты реализации и апробации работы, структура и объем диссертации.

1. Состояние проблемы оценки напряженного состояния и устойчивости оползнеопасных склонов. Методология исследований.

Юго-Западный Тянь-Шань относится к горно-складчатым системам, в которых продолжается процесс орогенеза. Основные особенности современного геологического строения и структуры обусловлены развитием региона в палеозое на геосинклинальном этапе. Движения земной коры носят незатухающий характер, и если в олигоцен-миоцене скорости поднятия составляли 0,05-0,10 мм/год, то в четвертичный период они достигли 10 мм/год и более. Современные тектонические движения сопровождаются землетрясениями различной силы. Для территории Кыргызстана характерно совпадение очагов сильных и слабых землетрясений. Очаги сильных землетрясений (9 баллов и более) связаны с местами повышенной концентрации слабых землетрясений и находятся в пределах крупных геологических структур и тектонических нарушений.

На основании анализа результатов исследований, проведенных К.А. Гулакином, Е.П. Емельяновой, Г.С. Золотаревым, И.П. Зелинским, В.В. Кюнтцеллем, К.Кризеком, В.В. Лимом, Н.Н. Масловым, Р.А. Ниязовым, В.И. Преснухиным, Е.М. Сергеевым, Г.И. Тер-Степаняном, К. Терцаги, В.С. Федоренко, А.И. Шеко, К.М. Шадунцем, Р. Шустером, Э.Б. Эккелем и др. выявлено: формирование и развитие оползней в платформенных и горно-складчатых областях имеют ряд существенных различий. В платформенных областях оползни развиваются преимущественно в коренных породах, а в горно-складчатых областях в покровных образованиях на породах коренной основы горных склонов. Формирование покровных образований происходило в четвертичный период, что предопределило разброс физико-механических свойств грунтов в пределах одного склона, не говоря уже о

регионе. Степень пораженности территории оползнями в горно-складчатых областях составляет 30-50%, а в платформенных не превышает 1%. В горно-складчатых областях оползни образуются в пределах надпойменных террас и в зонах разломов. Активизация и объемы оползней непосредственно связаны с классом землетрясений.

Покровные образования представляют собой кору выветривания, и в составе грунта присутствуют те минеральные частицы, из которых состоят скальные породы коренной основы горных склонов. В покровных образованиях на горных склонах под воздействием геологического строения, тектонических движений, сейсмичности и свойств грунтов формируется естественное поле напряжений, отличающееся от напряженного состояния массива пород коренной основы.

Изучению напряженного состояния породного массива, посвящены труды И.Т. Айтматова, Ш.М. Айтиалиева, Н.П. Влоха, Э.М. Галустяна, А. М. Демина, Б. Жумабаева, Ч. Джегерра, Ж.С.Ержанова, К.К. Казакбаева, К.Ч. Кожогулова, А.А. Козырева, М.В.Курлени, О. В. Рогожникова, В.Н. Свиденко, В.Я. Степанова, З.Г.Гер-Мартirosяна, К.Т. Тажибаева, Б.Б.Тельтаева, Н.Г. Ялымова. В работах этих исследователей дано теоретическое обоснование и экспериментально подтверждена необходимость учета геомеханических параметров при промышленном освоении породного массива. Выделены основные факторы, приводящие к изменению напряженно-деформированного состояния и устойчивости склонов, открытых и подземных выработок. Установлены основные закономерности формирования естественного поля напряжений, и его изменение под воздействием природных и техногенных факторов. Н.И.Горяиновым., Т.А.Грязновым, Б.Жумабаевым, И.Т.Зелинским, Г.С.Золотаревым, А.В.Кругловым, С.И.Максимовым, Т.П.Постовым, А.Г.Скворцовым, В.Я.Степановым, А.Шарием и др. установлены характерные особенности напряженного состояния горных склонов преимущественно однородного строения.

Однако в них не рассматривались вопросы оценки напряженного состояния покровных образований на горных склонах. Основной характеристикой напряженного состояния покровных образований на горных склонах являются гравитационные силы, которые определяются мощностью покровных образований, их физико-механическими свойствами и крутизной склона. При изучении напряженного состояния горных склонов используют лабораторные методы - метод фотоупругости и метод эквивалентных материалов, натурные - метод частичной разгрузки, измерения нормальных напряжений посредством месдоз и геофизические методы - сейсмоакустический и сейсмического зондирования.

Важной проблемой при оценке геомеханического состояния покровных образований на склоне и сформировавшихся оползней является расчет

устойчивости, включающий определение напряженного состояния и свойств грунтов. Устойчивость оползней на горных склонах оценивают по расчетному коэффициенту, значения которого определяются по соотношению удерживающих и сдвигающих сил или по соотношению предельно допустимых и действующих в массиве касательных напряжений. Расчет устойчивости для глубоких оползней проводят по кругло цилиндрической поверхности скольжения, а для поверхностных оползней - по фиксированной. В первом случае поверхность скольжения определяется расчетными методами, а во втором - натурными.

На напряженное состояние и устойчивость покровных образований на склонах и оползней существенное влияние оказывают уровень подземных вод относительно поверхности скольжения, землетрясения различной силы, количество и продолжительность атмосферных осадков. Следует особо отметить, что оценка напряженного состояния и геомеханической устойчивости покровных образований на горных склонах для решения проблемы установления оползневой опасности требуется определенная методология познания изучаемого объекта. Выбранные методы исследований должны однозначно отражать сущность явления и быть направлены на установление основных закономерностей развития изучаемого объекта, а также причинно-следственных связей между отдельными оползнеобразующими факторами.

Главными объектами исследований являются покровные образования на горных склонах. До настоящего времени исследовалось сформировавшееся тело оползня, определялись его параметры, смещения, т.е. изучалось явление или следствие и практически не рассматривались основные причины или сущность самого оползня.

Методология исследований в диссертации базируется на выявлении причин, сущности формирования и развития оползневого процесса. Методы инженерной геологии не всегда позволяют однозначно установить причины возникновения оползня. В отличие от инженерно-геологических подходов к оценке оползневой опасности склонов без явных признаков развития оползневого процесса геомеханический подход базируется на определении напряженного состояния и свойств грунтов покровных образований и установлении связи с инженерно-геологическими параметрами.

Методология исследований включает следующее построение познания объекта:

- ♦ ретроспективный анализ формирования конкретного склона, включающий его геологическое строение и региона в целом, геодинамику и тектонику позволяющий составить логическую модель развития оползневого процесса на протяжении его исторического развития;

- ♦ исследование свойств пород, слагающих склон (грунтов покровных образований и пород коренной основы);

♦ определение напряженного состояния покровных образований на горных склонах которое является отражением геологии, тектоники, свойств грунтов покровных образований ;

♦ оценка состояния покровных образований на горных склонах выполняется как по напряженному состоянию, так и расчетными методами, но и в том и в другом случаях с учетом основных причин или факторов, присущих данному региону и конкретному склону;

♦ обоснование выбора инженерных мероприятий по снижению ущерба от оползней в зависимости от степени оползневой опасности. Эта ступень познания необходима, так как любой научный результат должен найти отражение на практике.

Этапы познания объекта должны быть направлены на выявление особенностей исследования оползневых процессов, установление качественных и количественных взаимосвязей между оползнеобразующими факторами: инженерно-геологическими и геомеханическими. Последнее является наиболее важным звеном в построении исследований, так как инженерно-геологические параметры (строение склонов, генетические свойства пород, гидрогеология) формируют геомеханические параметры (физико-механические свойства пород, напряженное состояние). Геомеханическое состояние, изменяющееся под действием внешних и внутренних сил, приводит к изменению инженерно-геологических параметров. На склонах это проявляется в естественном процессе смещения элювиальных и делювиальных отложений в виде обвалов и оползней и формированию нового рельефа склона.

2. Выявление и анализ условий формирования оползней в горно-складчатых сейсмоактивных областях.

Формирование и активизация оползневых процессов в горно-складчатых сейсмоактивных областях происходит под действием природных и техногенных факторов. Природные факторы - это геологическое строение, геоморфология и гидрогеология, от которых зависит пораженность территории оползнями. Общую тенденцию развития оползней в регионе определяют современные тектонические движения, напряженное состояние породного массива, климат и прочностные и деформационные свойства грунтов и пород коренной основы. Периодичность активизации оползневых процессов зависит от метеорологических и гидрологических факторов и от сейсмичности.

В Кыргызстане оползни развиты наиболее интенсивно в средне- и высокогорных областях. Наиболее крупные - в предгорной зоне на площади распространения мезо-кайнозойских отложений. Массовые проявления оползней зарегистрированы в многоводные годы и при максимальном поднятии уровня грунтовых вод. Всего насчитывается более 2500 оползней, из них 92% приурочено к первичным оползневым склонам. При этом 59%

развито на склонах северной, северо-восточной и северо-западной экспозиций. Из всех обследованных оползней 52% - это поверхностные оползни, в том числе 24% - оползни течения, 5% - оползни скольжения и 21% - сложного движения. 56% оползней имеют мощность от 1,5 до 10 м. 20% оползней образовалось в результате воздействия подземных вод. Оползневые участки расположены вдоль русел рек и имеют, как правило, линейное распространение. Развитие современных оползней происходит как на теле древних, так и на склонах, не затронутых оползневыми процессам, причем новые оползни образуются чаще, чем активизируются старые.

Многолетние наблюдения за процессами оползнеобразования в бассейнах рек Кугарт и Яссы в пределах 41-42° северной широты и 72-70° восточной долготы и смещениями оползневых масс позволили выявить определенную закономерность их активизации. Этот регион приведен в качестве примера в связи с тем, что именно здесь зарегистрированы наиболее крупные оползни, которые формируются и активизируются с определенной периодичностью. Наибольшее количество оползней за период 1969-1999 гг. было зарегистрировано в 1969-1977, 1979-1981, в 1988 и в 1993-1995 годах. Причем максимальная их активизация отмечена в 1969, 1980, 1988 и 1994 годах, т.е. прослеживается периодичность этого процесса. Установлено, что проявление оползней непосредственно связано с количества выпадаемых атмосферных осадков, поднятием уровня грунтовых вод и сейсмичностью. На основе корреляционного анализа изменения количества оползней по годам и выделенной сейсмической энергии, количества осадков и уровня грунтовых вод установлена связь активизации оползневых процессов с суммарной годовой сейсмической энергией, осадками и уровнем грунтовых вод. Этот коэффициент корреляции составил соответственно 0,61; 0,77 и 0,52.

Анализ изменения суммарной сейсмической энергии и количества оползней по годам позволят предположить, что землетрясения до 12 класса способствуют смещению уже сформировавшихся оползневых тел, находящихся в состоянии неустойчивого равновесия, а при землетрясениях выше 12 класса покровные образования, находившиеся в устойчивом состоянии, переходят в предельное, а затем в неустойчивое состояние. Этим объясняется интенсивная активизация оползней через 1-2 года после сильных землетрясений.

Обработка экспериментальных данных наблюдений количества опасных природных явлений (атмосферные осадки, оползни, землетрясения, уровень грунтовых вод) позволила выделить периоды с максимальным проявлением изучаемых процессов (рис. 1), установить определенную закономерность их активизации. Этот регион приведен в качестве примера, где зарегистрировано формирование и активизация наиболее крупных оползней

с определенной периодичностью. Максимальное проявление оползней в этом регионе было зарегистрировано в 1969, 1977, 1980, 1988 и 1994 годах. Установлено, что проявление оползней связано с количеством выпадаемых атмосферных осадков, поднятием, и сейсмичностью. На основе корреляционного анализа изменения количества оползней по годам и выделенной сейсмической энергией, выпадаемых атмосферных осадков и уровнем грунтовых вод установлена связь между этими явлениями. Коэффициент корреляции по отдельным бассейнам рек (Кугарт, Яссы, Карадарья) составил соответственно 0,61; 0,75; 0,53.

Активизация оползневых процессов проявляется с периодичностью 4, 6-, 9-, 12- лет, при этом максимальная амплитуда соответствует 9-летней составляющей (см. рис. 1,а). Наиболее сильные землетрясения проявляются с периодичностью в 4-, 5-, 8-, 12- и 13-летние периоды, максимальной обладает 8-летняя амплитуда (± 1 год) (см. рис. 1б). Наибольшее количество осадков выпадает через 4, 7, 9, 10, 13, 14 и 21 год, при повторяемости каждые 4, 7 и 9 лет, характеризующиеся наибольшей амплитудой (см. рис. 1,в). Отмечены максимальные амплитуды поднятия уровня грунтовых вод через 10, 16 и 29 лет (см. рис. 1,г).

На основе анализа полученных данных обработки проявления вышеуказанных природных явлений установлена периодичность этих процессов. Для всех этих явлений характерен 9-летний (± 1 год) период их максимальных значений. Установленная корреляционная связь и периодичность проявления максимального количества оползней, осадков, землетрясений и уровня грунтовых вод позволяет перейти к долгосрочному прогнозу этих процессов во взаимосвязи.

3. Исследование свойств грунтов покровных образований и влияние на них влажности.

Покровные образования на горных склонах в Юго-Западном Тянь-Шане представлены четвертичными суглинками и современными образованиями, для которых в пределах горных и предгорных территорий характерно многообразие генетических типов, их морфологических особенностей, изменчивость свойств как в пределах региона, так и отдельного склона. Грунты обладают пористостью (40-50%), широким диапазоном изменения сцепления и угла внутреннего трения, которые изменяются при возрастании влажности. Наиболее характерные свойства грунтов покровных образований на оползнеопасных склонах приведены в табл. 1.

Грунт – это многофазная среда состоящая из минеральных частиц, воды и воздуха. Для покровных суглинков характерны одновременно упругость, пластичность, упрочнение и разупрочнение. Особо важной задачей является определение условий, при которых грунт из нелинейно-упругого переходит в пластическое состояние.

Таблица 1.
Свойства грунтов покровных образований на оползнеопасных склонах

Покровные образования	Глубина отбора монолита, м	Модуль деформации E, МПа	Плотность ρ , г/см ³	Естественная влажность W, %	Сцепление $C \cdot 10^{-2}$, МПа	Угол внутр. Трения ϕ , град.	Пористость P, %
Участок «Жалзыз-Жангак», «Михайловка», «Оторвановка»							
Суглинки	2	1,134	1,55	24,2	1,50	16	54,1
лессовидные,	4	1,148	1,65	20,5	1,65	16	52,3
палевые	6	1,242	1,85	21,0	2,00	24	43,8
	8	1,251	1,81	21,3	1,92	24	42,3
Лесс	10	1,304	1,91	19,8	2,10	25	40,1
Участок "Бедресай" (р. Майлуу-Суу)							
Суглинки	1	1,132	1,27	23,4	3,60	19	52,8
лессовидные	3	1,208	1,29	21,2	3,00	20	48,3
	5	1,212	1,60	21,5	3,30	22	45,7
	7	1,234	1,84	20,1	3,40	22	43,8
	9	1,251	1,87	20,0	4,50	23	42,5
Участок "Тектоник" (р. Майлуу-Суу)							
Суглинки, супеси	2	1,132	1,48	19,6	3,2	19	42,1
Суглинки с включение щебня	4	1,051	1,55	18,0	3,2	19	51,9
Оползневые участки на автомобильной дороге Бишкек-Ош							
Суглинки, супеси с включение щебня	3	1,054	1,96	10	1,5	33	53,6

Экспериментально установлено, что покровные суглинки оползневых склонов на его вершине, в средней части и в основании имеют различные водно-физические и механические свойства. Естественная влажность возрастает от вершины к подошве склона на 2-4%, а плотность и сцепления

грунтов – на 10-15%. В результате инфильтрации воды в толщу грунта происходит вытеснение воздуха из пор, увеличение процентного содержания воды, которая, в свою очередь, приводит к снижению связей минеральных частиц, и как следствие, к изменению прочностных характеристик.

В целях установления влияния влажности на модуль деформации, сцепление, угол внутреннего трения грунтов оползнеопасных склонов были отобраны монолиты грунтов покровных образований на оползнеопасных участках «Жалгыз-Жангак», (р. Кугарт), «Саламалик» (р. Яссы), «Спутник» (р. Майлуу-Суу), «Школа» (р. Патчата Олон-Булак), автодорога Бишкек-Ош. Грунты оползнеопасного участка "Жалгыз-Жангак" отличаются высокой пористостью и просадочностью, содержание глинистой фракции в них достигает 50-55%. Такое же содержание глинистой фракции характерно и для участка Олон-Булак. Для оползневых участков автомобильной дороги Бишкек-Ош и «Спутник» характерно высокое, до 70%, содержание песчаной фракции.

В результате экспериментальных исследований установлено, что при увеличении влажности от 2 до 25% упругая составляющая модуля деформации грунтов покровных образований уменьшается на 70%, модуль общей деформации – на 43% (рис.2,) сцепление грунтов уменьшается в 5-6 раз, а угол внутреннего трения – на 1-2° (рис. 3)

4. Установление закономерностей формирования напряженного состояния покровных образований на горных склонах.

Напряженное состояние в покровных образованиях на склоне формируется в условиях сложного геологического строения, современных движений земной коры, высокой сейсмичности и близкого залегания к дневной поверхности подземных вод. С целью оценки напряженного состояния покровных образований были проведены эксперименты на физической модели, представляющей собой модель склона, в которой покровные образования моделированы из фотоупругого материала игдантина, а породы коренной основы – недеформируемым основанием. При этом были соблюдены следующие условия в модели и в натуральных условиях: равенство крутизны склона, коэффициента Пуассона и относительных деформаций. Геометрическое подобие принято 100:1, расчетный коэффициент подобия равен 133. Основной действующей силой в модели покровных образований, как и в натуральных условиях, является сила тяжести. В модели также учтено изменение свойств грунтов с глубиной.

В результате проведенных лабораторных экспериментов установлено, что в покровных образованиях на горных склонах независимо от его крутизны и мощности отложений в верхней - водораздельной части склона возникает область концентрации напряжений и изотропная область. Линейные размеры этих областей зависят от крутизны склона, мощности покровных образований и условий на контакте покровных образований с коренными породами. Максимальные размеры области концентрации

напряжений на склонах крутизной 35° составляет 2/3 длины склона, а на склонах в 15° и меньше - 1/8 длины склона и 1/5 его длины соответственно (рис. 4).

Установленное в лабораторных условиях на моделях распределение напряжений в покровных образованиях качественно подтверждено данными натуральных экспериментов, основанных на определении горизонтальных напряжений на склоне на различных гипсометрических уровнях от его вершины до подошвы методом частичной разгрузки. Обоснованием применения этого метода служит тот факт, что при влажности до 15% грунты проявляют упругие, а при влажности до 25% - нелинейно-упругие свойства. Измерение напряжений на склоне проводили при естественной влажности грунтов 17-22%. Оценка горизонтальных напряжений в покровных образованиях была проведена на 34 оползневых участках, причем эксперименты проводили как на склонах с явными признаками оползневой процесса (просадки и закольные трещины в верхней части склона, сформировавшиеся оползневые тела), так и при их отсутствии. Замеры горизонтальных напряжений проводили на площадках выполненных в верхней, средней и нижней части склона. Всего на склоне пройдено 9 площадок, по три на каждом уровне.

В результате проведенных экспериментов установлено, что на склонах крутизной 30-35° максимальные значения горизонтальных напряжений зарегистрированы на склоне без признаков развития оползневой процесса от водораздельной части до 2/3 длины склона, и в зависимости от гранулометрического состава и естественной влажности эти значения составляют: $\sigma_{1r} = (31,5 - 10,5) \cdot 10^{-2}$ МПа и $\sigma_{2r} = (18 - 6,8) \cdot 10^{-2}$ МПа по длине и простирацию соответственно. В основании таких склонов горизонтальные напряжения в зависимости от состава грунта составили: $\sigma_{1r} = (10,5 - 7,3) \cdot 10^{-2}$ МПа и $\sigma_{2r} = (4,5 - 3,7) \cdot 10^{-2}$ МПа.

На склонах крутизной 20-25° максимальные значения горизонтальных напряжений зарегистрированы на вершине склона $\sigma_{1r} = (28,4 - 8,6) \cdot 10^{-2}$ МПа, $\sigma_{2r} = (14,3 - 5,4) \cdot 10^{-2}$ МПа и на расстоянии 1/2 длины склона от его вершины, а на склонах крутизной 15° концентрация напряжений зарегистрирована только на вершине склона горизонтальные напряжения на таких склонах по падению и простирацию соответственно составили: $\sigma_{1r} = (18,7 - 4,2) \cdot 10^{-2}$ МПа и $\sigma_{2r} = (8,7 - 2,6) \cdot 10^{-2}$ МПа.

Распределение горизонтальных напряжений в теле оползня отличается от напряженного состояния в покровных образованиях. Вокруг скважин на верхних площадках, размещенных в голове оползня, горизонтальные напряжения составляют $(10,2 - 4,3) \cdot 10^{-2}$ МПа, а в средней части и на нижних площадках они в 2-4 раза больше, чем в голове оползня. В результате комплексных исследований напряженного состояния покровных образований на горных склонах выявлено, что оно характеризуется наличием области

концентрации напряжений в водораздельной части склона и изотропной области, являющейся его нижней границей. Линейные размеры области концентрации напряжений являются показателем степени оползневой опасности. При распространении этой области до 1/3 склона покровные образования на склоне – устойчивы. Если же линейные размеры этой области больше 1/2 длины склона, покровные образования находятся в состоянии предельного равновесия.

Установлено, что показателем оползневой опасности являются не абсолютные значения горизонтальных напряжений, а отношение этих величин, ориентированных по длине и простиранию склона. Если величины горизонтальных напряжений, действующих в направлении от вершины к подошве (σ_{1r}) больше в 1,2-1,5 раза напряжений, действующих по простиранию (σ_{2r}), то в покровных образованиях развивается оползневый процесс. Если величины горизонтальных напряжений, зарегистрированные на площадках в основании оползневого тела, превышают значения напряжений на верхних и средних площадках более чем в 4 раза, то это свидетельствует о подготовке оползня к основному смещению.

5. Установление геомеханической устойчивости покровных образований на горных склонах.

Нарушения геомеханической устойчивости покровных образований на горных склонах – процесс длительный и зависит от геологических условий региона, литологии, генезиса и свойств грунтов и пород коренной основы, а также от гидрогеологического режима и сейсмичности.

В пределах литологического разреза покровные образования представлены современными и четвертичными отложениями: меловыми породами коренной основы, суглинками, супесями, гравием и галечником, прослеживаются глинистые прослой. Оценку устойчивости покровных образований следует проводить для каждой разновидности грунта, определяя границы литологических разностей пород. Теоретически принято считать, что устойчивость обеспечивается при значениях коэффициента $K_y = 1$. Однако оползни нередко активизируются и при значениях $K_y > 1$. Это объясняется тем, что расчет устойчивости производят по всей мощности, выбирая в качестве поверхности скольжения контакт с коренными породами склона. Установлено, что при расчете устойчивости оползнеопасного склона следует ввести в значения коэффициента погрешность вычисления входящих в расчет прочностных характеристик не менее 30%, ($K_y > 1,3$), а для наиболее ответственных объектов (населенный пункт у подножия оползневого склона крупный геотехнический объект) до 50%, т.е. принять значения $K_y > 1,5$.

Оценка геомеханической устойчивости покровных отложений с учетом геологического строения позволяет установить, на каком горизонте наиболее вероятно первоначальное смещение и какой объем грунта перейдет в неустойчивое состояние, произойдет ли смещение оползневых масс с захватом нижележащих грунтов. Для оценки геомеханической устойчивости

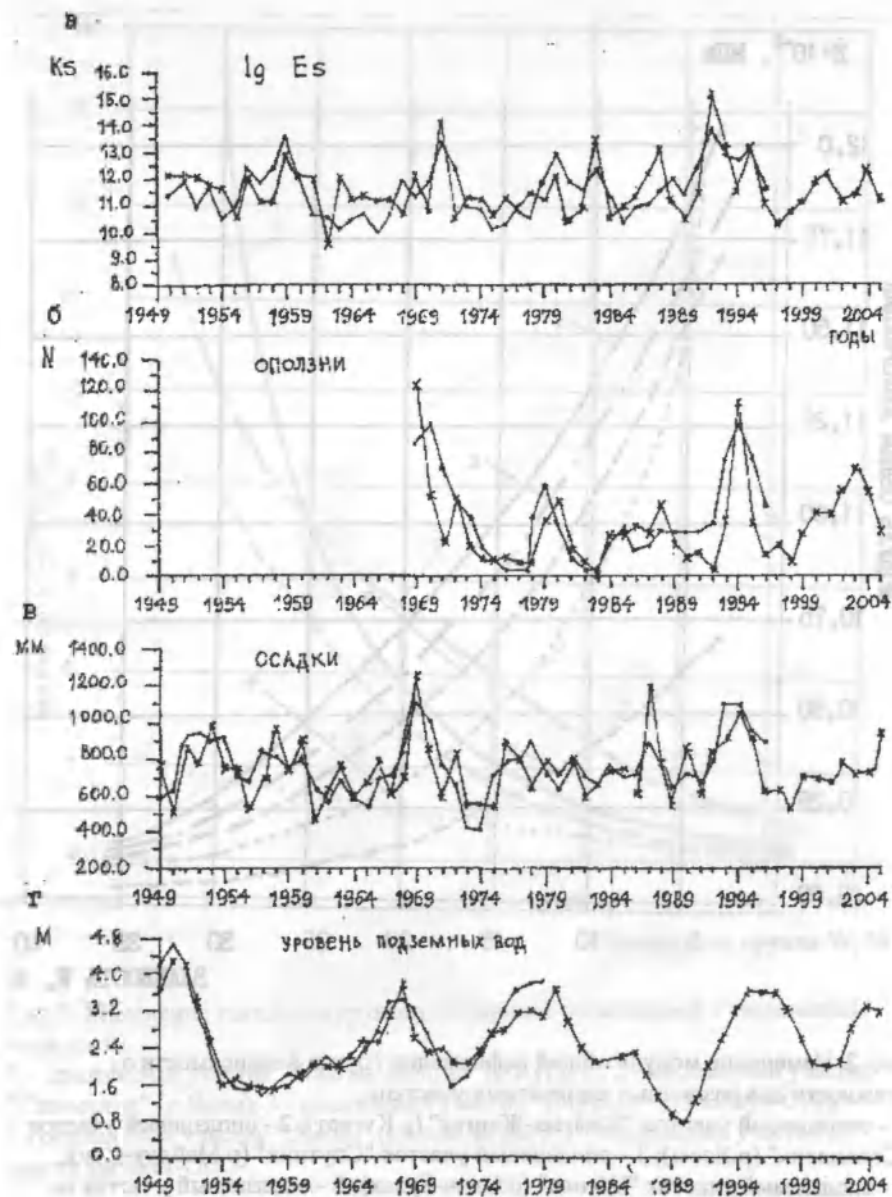


Рис.1. Экспериментальные и расчетные величины логарифма годовой сейсмической энергии (а), количества оползней (б), количества осадков и уровня подземных вод (г).

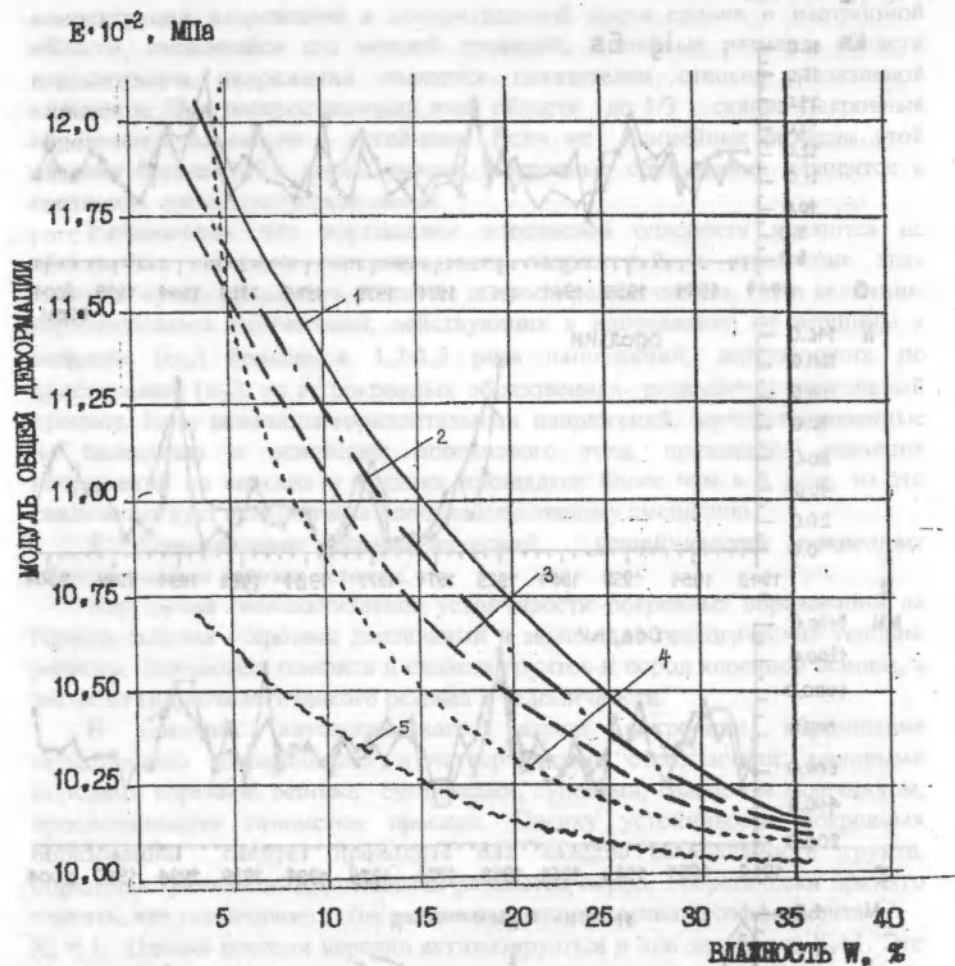


Рис. 2. Изменение модуля общей деформации грунта в зависимости от влажности для различных оползневых участков.
 1 – оползневый участок "Жалгыз-Жангак" (р.Кугарт); 2 – оползневый участок "Саламалик" (р.Ясы); 3 – оползневый участок "Спутник" (р.Майлуу-Суу); 4 – оползневый участок "Школа" (с.Олон-Булак); 5 – оползневый участок по дороге Бишкек-Ош.

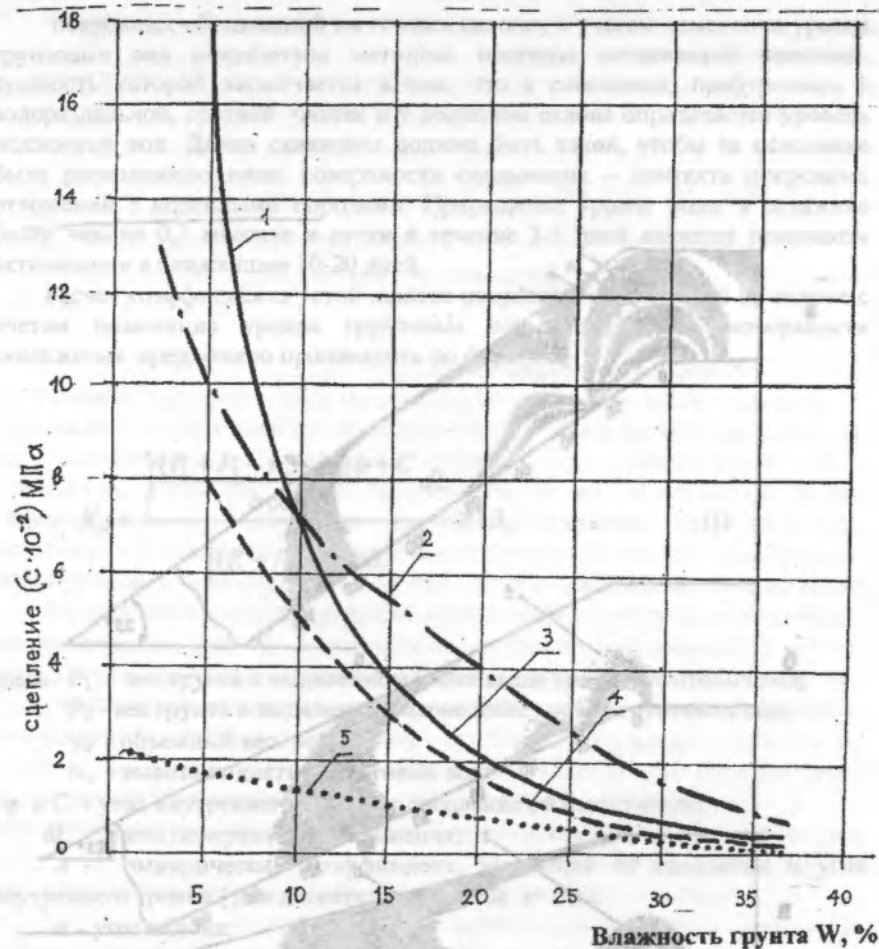


Рис. 3. Изменение сцепления грунтов покровных образований с увеличением влажности.

1 – оползневый участок "Жалгыз-Жангак" (р.Кугарт); 2 – оползневый участок "Саламалик" (р.Ясы); 3 – оползневый участок "Спутник" (р.Майлуу-Суу); 4 – оползневый участок "Школа" (с.Олон-Булак); 5 – оползневый участок по дороге Бишкек-Ош.

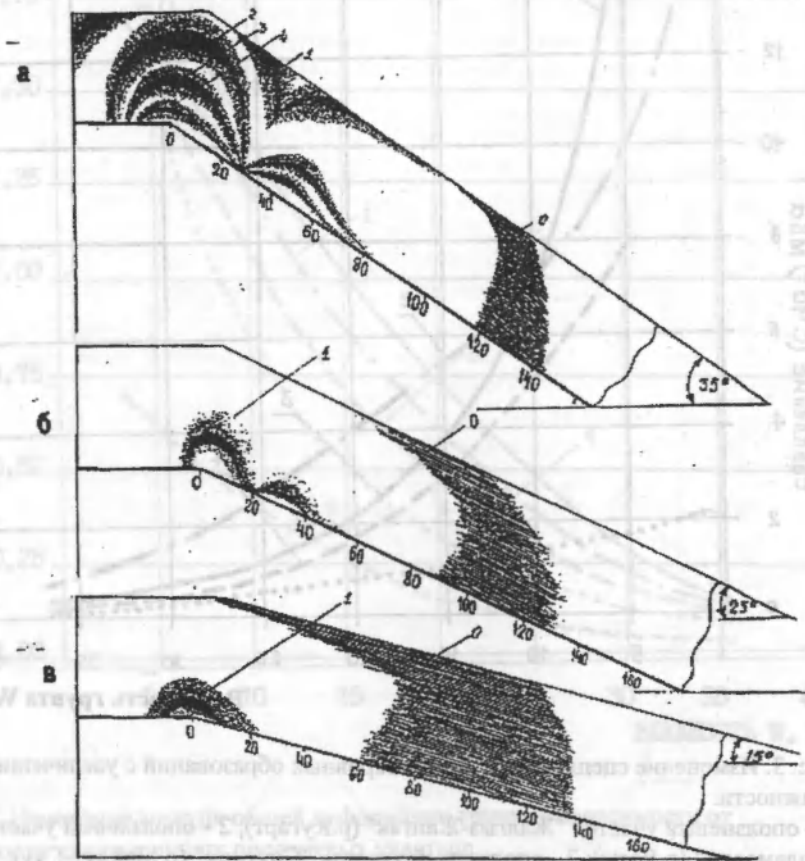


Рис.4. Картина напряженного состояния покровных образований на горных склонах: а – крутизна склона 35°; б – крутизна склона 25°; в – крутизна 15°; 1,2,3,4 – порядок полос "п"; 0 – изотропная область.

покровных образований на горных склонах с учетом изменения уровня грунтовых вод разработана методика прогноза активизации оползней, сущность которой заключается в том, что в скважинах, пробуренных в водораздельной, средней частях и у подножия склона определяется уровень подземных вод. Длина скважины должна быть такой, чтобы ее основание было расположено ниже поверхности скольжения – контакта покровных отложений с коренными породами. Приращение уровня воды в скважине более чем на 0,3 массиве в сутки в течение 3-5 дней является признаком активизации в ближайшие 10-20 дней.

Расчет коэффициента устойчивости покровных образований на склоне с учетом положения уровня грунтовых вод относительно поверхности скольжения предложено производить по формуле

$$K_y = \frac{\int_1^n (P_1 + P_2 - \gamma_w h_w) \operatorname{tg} \varphi + C \, dL}{\int_1^n (P_1 + P_2) \sin \alpha \, dL} \geq 1,3, \quad (1)$$

здесь P_1 - вес грунта в выделенном блоке выше уровня грунтовых вод;

P_2 - вес грунта в выделенном блоке ниже уровня грунтовых вод;

γ_w - объемный вес воды;

h_w - высота поднятия грунтовых вод;

φ и C - угол внутреннего трения и сцепление соответственно;

dL - длина поверхности скольжения;

a - эмпирический коэффициент, зависящий от сцепления и угла внутреннего трения (для дисперсных грунтов $a=0,5$);

α - угол склона;

n - количество расчетных блоков.

Разработанная методика оценки геомеханической устойчивости покровных образований для регионов с резким повышением уровня грунтовых вод позволяет в сочетании с установленной периодической активизацией оползней заблаговременно составить прогноз их развития.

Юго-Западный Тянь-Шань является регионом высокой сейсмичности. Землетрясения различной балльности приводят к изменению напряженного состояния покровных образований на горных склонах, а следовательно, и к изменению соотношения между удерживающими и сдвигающими силами в сформировавшихся оползневых телах, при этом расчетная сейсмическая нагрузка определяется свойствами грунтов покровных образований, их

мощностью и площадью в пределах исследуемой территории и коэффициентом сейсмичности.

Расчет устойчивости покровных образований на горных склонах с учетом коэффициента сейсмичности предлагается производить по формуле

$$K_y = \frac{\int_1^n [P(\cos \alpha - K_s \sin \alpha) \operatorname{tg} \varphi + C] dL}{\int_1^n [P(\sin \alpha + K_s \cos \alpha)] dL} > 1,3, \quad (2)$$

Здесь K_s - коэффициент сейсмичности.

Оценка геомеханической устойчивости оползнеопасных склонов по напряженному состоянию с учетом сейсмичности повышает ее надежность. Если зарегистрированная область концентрации напряжений до землетрясения превышала 1/3 его длины, то при землетрясениях до 7 баллов этот склон может перейти в неустойчивое состояние, а при землетрясениях силой более 7 баллов на таких склонах образуются оползни. По результатам исследований разработан метод региональной оценки геомеханической устойчивости покровных образований на горных склонах, включающий:

- ♦ инженерно-геологическое обследование региона и определение геомеханических параметров грунтов покровных образований всех литотипов, представленных в разрезе с выделением границ между ними;
- ♦ определение сейсмичности региона и расчет коэффициента устойчивости;
- ♦ определение уровня грунтовых вод, его изменение на изучаемой территории и расчет устойчивости с учетом его положения относительно поверхности скольжения;
- ♦ построение карты устойчивости с выделением участков со значениями коэффициента устойчивости $K_y \geq 1,3$.

Геомеханическая оценка устойчивости отдельно взятого склона (локальная) базируется на региональной и производится с учетом напряженного состояния и действия напорных грунтовых вод. Оценку оползневой опасности предлагается проводить по разработанной методике оперативной оценки геомеханического состояния по напряженному состоянию, сущность которой заключается в определении значений горизонтальных напряжений по разгрузочным скважинам на склоне и сравнении их на разных гипсометрических уровнях на склоне. При этом:

- ♦ равенство горизонтальных напряжений на всех гипсометрических уровнях соответствует устойчивому состоянию оползнеопасного склона;
- ♦ концентрация горизонтальных напряжений в средней части склона показывает, что оползень находится в стадии подготовки к активизации;

♦ зарегистрированные на нижней площадке горизонтальные напряжения, имеющие значения больше чем в 4 раза по сравнению со значениями напряжений в средней части оползня, позволяют сделать заключение, что оползень находится в стадии подготовки к основному смещению.

Наличие водоносных горизонтов в толще пород приводит к снижению их прочности. В зонах водоносных тектонических разломов грунтовые воды, как правило, напорные, что приводит к развитию гидростатического давления в покровных образованиях. Для расчета коэффициента устойчивости покровных образований на склонах с учетом действия гидростатических сил предлагается зависимость

$$K_y = \frac{\int_{i=1}^n \{P_i - [\gamma_n(H_i - h_i)] \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi + C\} dL}{\int_{i=1}^n \{P_i + [\gamma_n(H_i - h_i)]\} \sin \alpha dL} \geq 1,3, \quad (4)$$

где γ_n - объемный вес водонасыщенного грунта;

$H_i - h_i$ - пьезометрическая высота, учрежденная по длине расчетного блока.

Разработанный метод установления геомеханической устойчивости покровных образований на горных склонах применен для оценки состояния оползнеопасных склонов "Жалгыз-Жантак", "Михайловка", в с. Олон-Булак, Кандава, автомобильной дороги Бишкек-Ош и др., всего на 38 участках, и установлено, что эти склоны находятся в состоянии предельного равновесия и при землетрясениях, обильных атмосферных осадках на них могут образоваться новые и активизироваться существующие оползни.

6. Разработка методических основ комплексной, оценки оползневой опасности горных склонов с покровными образованиями в сейсмоактивных горно-складчатых областях Юго-Западного Тянь-Шаня.

По результатам многолетних наблюдений за проявлением и активизацией оползней выявлены региональные и локальные признаки оползневой опасности горных склонов с покровными образованиями и определена нижняя граница их значений, при которых склон становится оползнеопасным. Установленные признаки оползневой опасности горных склонов с покровными образованиями, характерные для сейсмоактивных горно-складчатых областей исследуемого региона приведены в табл.2.

Для определения стадии развития оползневого процесса введено понятие "степень оползневой опасности" и "категория оползневой опасности", согласно которым склоны по степени оползневой опасности разделены на склоны повышенной оползневой опасности, оползнеопасные, потенциально оползнеопасные и неоползнеопасные. Категории степени оползневой опасности горных склонов приведены в табл.3.

Таблица 3

Категории степени оползневой опасности горных склонов

Категория оползневой опасности	Степень опасности	Признаки
Первая	Склоны повышенной оползневой опасности	На поверхности склона зарегистрированы закольные трещины, имеющие вертикальную и горизонтальную составляющие. Горизонтальные напряжения по створу превышают соответствующие напряжения вкрест створа, а максимальные их значения приурочены к нижней части склона и превышают в 4-4,5 раза напряжения в верхней и средней частях
Вторая	Склон оползнеопасный	На поверхности склона выявлены закольные трещины с горизонтальным раскрытием. Максимальные значения горизонтальных напряжений зарегистрированы в средней части склона, а горизонтальные напряжения вкрест склона меньше напряжений по его падению
Третья	Склон потенциально опасный	На поверхности склона отсутствуют закольные трещины. Область концентрации напряжений составляет более половины длины склона
Четвертая	Склон неоползнеопасный	На поверхности склона отсутствуют закольные трещины. Линейные размеры зоны концентрации напряжений не превышают 1/3 длины склона.

На основании анализа результатов комплексных исследований по оценке геомеханической устойчивости оползнеопасных склонов, выявленных региональных и локальных признаков оползневой опасности обоснован и разработан методические основы комплексной оценки степени оползневой опасности горных склонов с покровными образованиями. Разработанные методические основы состоят из четырех блоков исследований.

1. Устанавливается интенсивность проявления оползней в текущем году согласно установленной периодичности активизации оползней, землетрясений, подъема уровня грунтовых вод и количества атмосферных осадков.

ПРИЗНАКИ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ ГОРНЫХ СКЛОНОВ С ПОКРОВНЫМИ ОБРАЗОВАНИЯМИ РЕГИОНАЛЬНЫЕ

Геологическое строение	Геоморфология	Тектоника	Современные тектонические движения	Климат	Сейсмичность
Распространение мезокайнозойских пород. Коренные породы преимущественно мелового возраста, перекрытые чехлом покровных четвертичного возраста	Оползни распространены в низких предгорьях 1000-2500 м. массиве над уровнем моря. Экспозиция склона северо-северо-восток, северо-запад. Крутизна склона 15-35°. Мощности покровных образований больше 5 м	Краевой разлом, горет, крылья складок, брахио-волнообразный разлом	Горизонтальные смещения земной поверхности более 15 мм в год	Количество осадков более 500 мм в год. Резкие сезонные и суточные колебания температуры	Землетрясения силой более 7 баллов или более 3 повторяющихся в течение месяца 5-6 раз

ЛОКАЛЬНЫЕ

Наличие склонов палеооползней	Метеорологические	Гидрогеология	Свойства покровных образований	Напряженное состояние покровных образований на склонах	Антропогенное воздействие
До 70% оползней образуются на теле дренаго	Продолжительность выпадения осадков более 10 дней, влажность осадков, выпадающих за этот период более 500 мм. Меленное снеготаяние	Высокое стояние грунтовых вод. Подпитие грунтовых вод 30-40 см в сутки в течение 6-7 дней	Наличие в составе грунта глинистой фракции 30-50%. Влажность грунта более 25%	Горизонтальные напряжения по длине склона больше, чем по его простиранию, в 1,5-2 раза. Горизонтальные напряжения в основании склона превышают напряжения в его средней и верхней части более чем в 4 раза	Линейные и иррегулярные сооружения, и хвостохранилища на склонах. Подземные и открытые горные выработки

2. Выявляются региональные и локальные признаки оползневой опасности, на основе инженерно-геологического обследования оползневого участка.

3. Устанавливаются геомеханические параметры склона, включающие определение водно-физических и механических свойств грунтов покровных образований, величин и направлений действия горизонтальных напряжений.

4. Оценивается геомеханическая устойчивость склонов на основе установленных особенностей геологического строения, напряженного состояния, сейсмичности, уровня поднятия грунтовых вод, соотношения величины горизонтальных напряжений на различных гипсометрических уровнях склона, действия напорных вод.

Методические основы комплексной оценки степени оползневой опасности покровных образований на горных склонах показана на рис. 5.

7. Обоснование и разработка противооползневых мероприятий по снижению ущерба от оползней.

Противооползневые мероприятия направлены на снижение ущерба от схода оползневых масс и подразделены на активные и пассивные. При выборе этих мероприятий рекомендуется руководствоваться категорией степени оползневой опасности изучаемого склона и важностью охраняемого объекта. Если осваиваемый склон относится к первой категории по степени оползневой опасности, то целесообразно применить пассивные мероприятия, т.е. отселить людей, перенести объект или обойти опасный участок склона. Активные мероприятия, направленные на снижение или активизацию сдвигающих усилий следует проводить на склонах, отнесенных ко второй категории по степени оползневой опасности. Одним из наиболее эффективных мероприятий по снижению или увеличению сдвигающих усилий является удаление неустойчивых объемов грунта со склона, т.е. разгрузка оползневого тела. Объем неустойчивых масс грунта определяется по составленной карте устойчивости склона. В зависимости от типа механизма смещения оползня (течение, блоковый, выплывания) удаляется либо объем грунта в верхней части склона, уменьшая тем самым сдвигающие силы, либо в нижней его части, т.е. убирая призму упора и способствуя увеличению сдвигающих сил.

Разгрузка склонов в с. Олон-Булак, отнесенных по степени оползневой опасности ко второй категории была произведена в верхней части склона удален расчетный объем грунта, при привело к снижению сдвигающих сил, действующих по поверхности скольжения ириска повышенной оползневой опасности. После проведенных работ коэффициент устойчивости покровных образований на склоне составил 1,4. В г. Сулюкта над выработанным пространством образовался оползень, угрожающий школе-лицею. По типу смещения оползень относится к оползнию выплывания, а по степени оползневой опасности – ко второй категории. Для снижения оползневой опасности рекомендовано в основании склона выполнить нишу-ловушку для

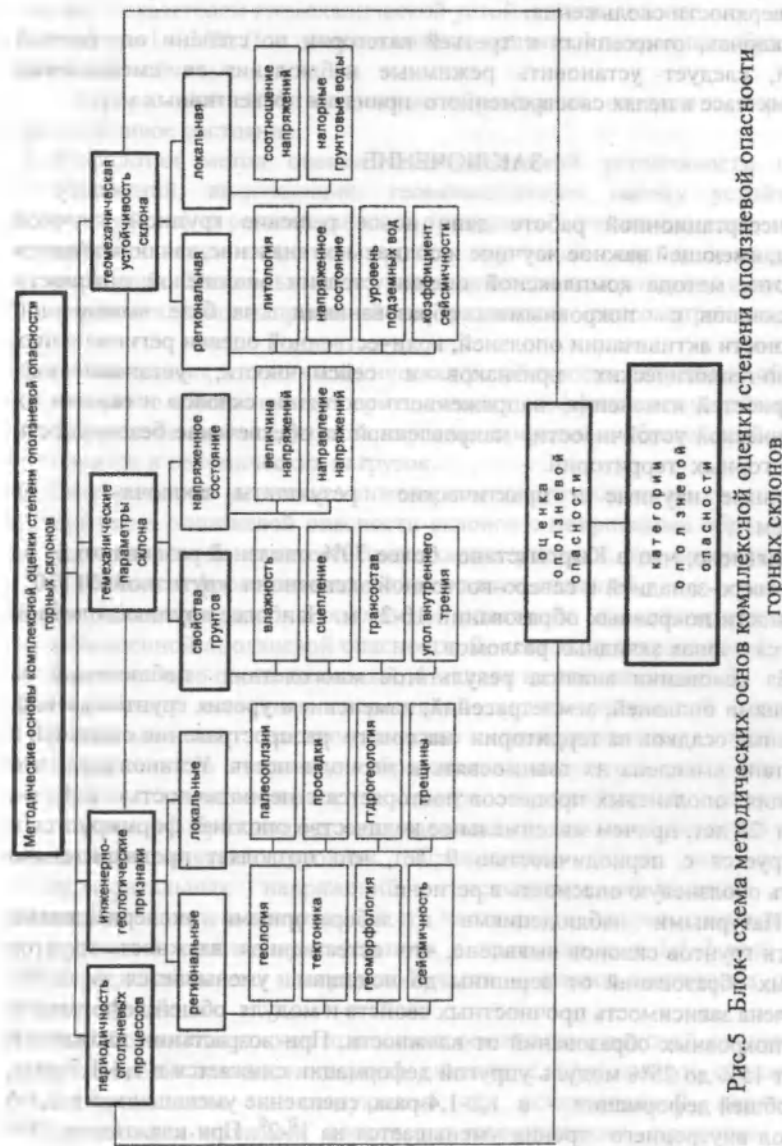


Рис.5 Блок-схема методических основ комплексной оценки степени оползневой опасности горных склонов

накопления оползневых масс с последующим их удалением. В этом случае разгрузка была направлена на управляемое увеличение сдвигающих сил по поверхности скольжения.

На склонах, отнесенных к третьей категории по степени оползневой опасности, следует установить режимные наблюдения за смещениями оползневых масс в целях своевременного принятия превентивных мер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе дано новое решение крупной научной проблемы, имеющей важное научное и социальное значение, заключающееся в разработке метода комплексной оценки степени оползневой опасности горных склонов с покровными образованиями на базе выявленной периодичности активизации оползней, количественной оценки региональных инженерно-геологических признаков и сейсмичности, установленных закономерностей изменения напряженного состояния склонов и оценки их геомеханической устойчивости, направленной на обеспечение безопасности освоения горных территорий.

Основные научные и практические результаты заключаются в следующем.

1. Выявлено, что в Кыргызстане более 70% оползней развиваются на склонах северо-западной и северо-восточной экспозиции крутизной 20° - 30° , при мощности покровных образований 10-25 м. Наиболее крупные оползни образуются в зонах активных разломов.

2. На основании анализа результатов многолетних наблюдений за проявлениями оползней, землетрясений, изменением уровня грунтовых вод, атмосферных осадков на территории массового распространения оползней в Кыргызстане выявлена их взаимосвязь и периодичность. Установлено, что активизация оползневых процессов повторяется с периодичностью в 4-, 6-, 9-, 12- и 28 лет, причем максимальное количество оползней формируется и активизируется с периодичностью 9 лет, что позволяет предварительно оценивать оползневую опасность в регионе.

3. Натурными наблюдениями и лабораторными экспериментами влажности грунтов склонов выявлено, что естественная влажность грунтов покровных образований от вершины до подошвы уменьшается на 2-4%. Установлена зависимость прочностных свойств и модуля общей деформации грунтов покровных образований от влажности. При возрастании влажности грунта от 15% до 25% модуль упругой деформации снижается в 1,2-1,7 раза, модуль общей деформации - в 1,2-1,4 раза, сцепление уменьшается в 5,5-6 раз и угол внутреннего трения уменьшается на 1° - 2° . При влажности 28% грунты покровных образований переходят в состояние текучести.

4. На основании лабораторных и натуральных исследований напряженного состояния покровных образований на горных склонах установлено, что в

верхней части склона независимо от его крутизны, формируется область концентрации напряжений. Линейные размеры этой области изменяются и служат показателем геомеханической устойчивости склона:

а) при $l < 1/3L$ (L - длина склона по падению) покровные образования на склоне устойчивы;

б) при $l > 1/3L$ покровные образования на склоне переходят в неустойчивое состояние.

5. Разработан метод оценки геомеханической устойчивости покровных отложений, включающий: геомеханическую оценку устойчивости с учетом а) региональных признаков: геологического строения, сейсмичности, поднятия уровня грунтовых вод и напряженного состояния; б) локальных - с учетом действия напорных вод и соотношения горизонтальных напряжений на различных гипсометрических уровнях склона.

6. Установлено, что геомеханическая устойчивость покровных образований на склоне обеспечивается при значениях коэффициента устойчивости $K_y > 1,3$, рассчитанном с учетом строения покровных образований, влажности грунтов и сейсмических нагрузок.

7. Выявлены и оценены инженерно-геологические и геомеханические признаки оползневой опасности склонов с покровными образованиями и установлены их количественные характеристики, при которых возрастает вероятность формирования и активизации оползней.

8. Разработаны критерии оползневой опасности по категориям: 1 - склон повышенной оползневой опасности, 2 - склон оползнеопасный, 3 - склон потенциально оползнеопасный, 4 - склон не оползнеопасный.

9. Разработана методика оперативной оценки оползневой опасности по установленным закономерностям распределения горизонтальных напряжений в покровных образованиях на разных высотных отметках склона, заключающаяся в замере горизонтальных напряжений в покровных образованиях и определении соотношений значений на разных гипсометрических уровнях. Превышение более чем в 4 раза горизонтальных напряжений основании оползневого тела на напряжениях в центральной его части соответствует стадии подготовке оползня к основному смещению, а превышение в 1,5-2 раза значений напряжений в его центральной части - стадии подготовки оползня к активизации.

10. Разработаны научно-методические основы комплексной оценки степени оползневой опасности горных склонов с покровными образованиями, заключающиеся в следующем: по установленной периодичности активизации оползней, инженерно-геологическим признакам региона, геомеханическим параметрам покровных образований и по оценке геомеханической устойчивости склонов устанавливается степень оползневой опасности.

11. Предложен обоснованный выбор превентивных мероприятий по стабилизации покровных образований на склоне в соответствии с установленной категорией степени их оползневой опасности.

12. По результатам исследований разработаны и внедрены:

- Методика оперативного прогноза оползневой опасности внедрена Ошским филиалом АО КыргызГИИЗ, экономический эффект от внедрения составил 91,77 тыс. сом.
- Методика оценки устойчивости покровных образований на горных склонах, внедрена комплексной гидрогеологической экспедицией Госагентства по геологии и минеральным ресурсам, экономический эффект от внедрения составил 42,5 тыс. руб.
- Инженерно-геологическая и геомеханическая оценка состояния оползня «Школа» и разработка технического решения по обеспечению устойчивости склона в с. Олон-Булак Аксыйского района Жалал-Абадской области внедрены Дирекцией по строительству защитных сооружений и восстановительных работ при МЧСиГО Кыргызской республики.
- Оценка геомеханического состояния оползнеопасных участков в г. Малуу-Суу, с. Саламалик и Кандава Узгенского района внедрена Управлением по обеспечению уменьшения опасности природных процессов и явлений МЧСиГО Кыргызской республики.
- Анализ инженерно-геологического и геомеханического состояния оползневых склонов, селевой и лавинной опасности на трассе проектируемой железной дороги Иркештам - Сары-Таш - Ош, Жалал-Абад - Торугарт. Внедрено АО «Казжелдордотстрой» Республики Казахстан.
- Геомеханическая оценка оползнеопасных участков автомобильной дороги Бишкек-Ош и технические решения по снижению оползневой опасности внедрены Управлением автомобильной дороги Бишкек-Ош Министерства транспорта и коммуникаций КР.
- Оценка напряженного состояния и расчет устойчивости склонов и откосов. использована при чтении курса лекций и проведении практических занятий в Кыргызском горно-металлургическом институте им. У.А. Асаналиева.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Исследование напряженно-деформированного состояния откосов дорожных выемок на горном склоне. // Устойчивость горных склонов и откосов. – Фрунзе: ИЛИМ, 1982. – С.68-77 (совместно с Т.Д. Джороевым).
2. Методика моделирования напряженно-деформированного состояния слабого слоя (четвертичных отложений) на склоне. // Устойчивость горных склонов и откосов. – Фрунзе: ИЛИМ, 1982. – С.78-82.
3. Смещение покровных масс на склонах. // Устойчивость горных склонов и откосов. – Фрунзе: ИЛИМ, 1982. – С.83-88.

4. Изучение напряженного состояния откосов горных дорог методом фотомеханики. // Устойчивость горных склонов и подземных сооружений. – Фрунзе: ИЛИМ, 1983. – С.32-34.

5. Укрепление склонов и откосов горных автомобильных дорог. – Фрунзе: КиргизИНТИ, 1984. – 48 с. (совместно с Т.Д. Джороевым).

6. Инженерно-геологическое прогнозирование склонов и откосов // Научно-технический прогресс в дорожном строительстве. – Фрунзе: ИЛИМ, 1984. – С.31-36. (совместно с Т.Д. Джороевым, А. Иманалиевым).

7. Устойчивость лессовых откосов в Средней Азии // Научно-технический прогресс в дорожном строительстве. – Фрунзе: ИЛИМ, 1984. – С.47-53. (совместно с Т.Д. Джороевым, П.К. Ишматовым А. Иманалиевым).

8. Оценка устойчивости склонов и откосов при проектировании дорог в горной местности. // Научно-технический прогресс в дорожном строительстве. – Фрунзе: ИЛИМ, 1984. – С.42-48.

9. Прогнозирование устойчивости откосов горных дорог. – Фрунзе: ИЛИМ, 1985. – 138 с. (совместно с Т.Д. Джороевым).

10. Изучение на моделях характера смещения и разрушения покровных отложений на горных склонах. // Напряженно-деформированное состояние массива пород в горных районах. – Фрунзе: ИЛИМ, 1985. – С.44-50.

11. Оценка устойчивости откосов горных дорог. – Фрунзе: ИЛИМ, 1985. – С.50-58. (совместно с Т.Д. Джороевым).

12. Оценка устойчивости покровных отложений на горных склонах /Матер. IX Всесоюзной конференции по механике горных пород, Фрунзе, 3-5 октября 1989. Бишкек: ИЛИМ, 1989. – С.185-193.

13. Оползни Юга Кыргызстана Бишкек: Кыргыз ИНТИ, 1993. – 46 с.

14. Прогнозирование устойчивости горных склонов с покровными отложениями. – Бишкек: Кыргыз НИИТИ. – № 16 (7023), 1994, 0,24 п.л. (совместно с К.Ч. Кожогуловым).

15. Периодичность активизации оползневых процессов на Юге Кыргызстана Бишкек: Кыргыз НИИТИ. – № 24 (7031), 1994, 0,24 п.л. (совместно с К.Ч. Кожогуловым, Х.В. Ибатулиным).

16. Геомеханическое обоснование прогноза оползней в покровных отложениях горно-складчатых областей // Вопросы геомеханики и разработки месторождений полезных ископаемых / (ИФимГП №1). – Бишкек: ИЛИМ, 1997. – С. 9-20, (совместно с И.Т. Айтматовым и К.Ч. Кожогуловым).

17. Основные признаки оползневой опасности в горно-складчатых областях // Вопросы геомеханики и разработки месторождений полезных ископаемых / (Тр. ИФимГП, №1). – Бишкек: ИЛИМ, 1997 стр. 60-66 (совместно с К.Ч. Кожогуловым).

18. Корреляционно-регрессионный анализ активизации оползней в зависимости от осадков // Вопросы геомеханики и разработки месторождений

полезных ископаемых/Тр. ИФимГП №1. - Бишкек: ИЛИМ, 1997 - С 66-75 (совместно с Б.И. Бийбосуновым и Н.Ж. Мукамбаевым).

19. Особенности формирования и активизации оползневых процессов в бассейне р.Майлуу-Суу//Вопросы геомеханики и разработки месторождений полезных ископаемых/(Тр. ИФимГП №1. - Бишкек: ИЛИМ, 1997. - С.292-301, (совместно с К.Ч.Кожогуловым и А.В. Мелешко).

20. Численное моделирование напряженного состояния породного массива для оценки устойчивости оползнеопасных склонов - // Проблемы горных дорог. Бишкек: Технология, 1998г. стр. 10-16. (совместно с К.Ч.Кожогуловым, К.Ж.Усеновым, С.А.Шерматовым).

21. Геомеханические особенности оползневых участков автомобильной дороги Бишкек-Ош//Проблемы горных дорог. - Бишкек: Технология, 1998. - С. 17-21 (совместно с К.Ч.Кожогуловым, С.А.Шерматовым).

22. Учет влияния сейсмичности при оценке напряженного состояния и устойчивости оползнеопасных склонов//Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог//Материалы Международной научно-технической конференции Алматы: Каз АТК, 1998. - С. 63-67, (совместно с К.Ч. Кожогуловым и Э.М. Мамыровым).

23. Оценка влияния подземных вод и атмосферных осадков на устойчивость откосов дорог на горных склонах//Математические методы и моделирование при проектировании горных дорог /Тр. КГУСТА №7, Бишкек, 1998.- С. 54-58.

24. Особенности формирования оползней над выработанным пространством при подземной разработке месторождений//Перспективные технологии добычи минеральных ресурсов в высокогорных условиях/Материалы Международной конференции по проблеме "Геология и горнотехнические процессы", посвящен. 5-летию КГ-МИ им. акад. У.А. Асаналиева, 22-26 сентября 1998г. - Бишкек: Технология, 1999. - С.121-130 (совместно с К.Ч.Кожогуловым и Т.С.Умаровым).

25. Геомеханика оползнеопасных склонов. - Бишкек: ИЛИМ, 1999г. - 209 с. (совместно с И.Т.Айтматовым и К.Ч.Кожогуловым).

26. Stress-strain state and of open pits edges in structurally heterogeneous massifs in mountainous fouled regions. Proceedings of the third International symposium on mine planning's and equipment selection Istanbul. Turkey, 18-20 October. 1994. Balkema, Rotterdam, 1994, p. 883-885.

27. Complex evaluation of the landslide gangerous sloupes steadiness in Kyrgyzstan // 30th International Geological Congress. Beijing, China 1996, p. 44. (совместно с И.Т.Айтматовым и К.Ч.Кожогуловым)

28. landslides in Kyrgyzstan forecast and prevention. IUFRO, 8 Confernce Forest Environment Kyoto University 1998, Kyoto, Japan, p.157-158 (совместно с И.Т.Айтматовым и К.Ч.Кожогуловым).

Асаналиева

АННОТАЦИЯ

Оценка геомеханической устойчивости оползнеопасных склонов горно-складчатых областей Юго-Западного Тянь-Шаня. Никольская Ольга Викторовна.

Диссертационная работа посвящена новому решению научной проблемы, заключающейся в разработке научно методических основ комплексной оценки оползневой опасности горных склонов с покровными образованиями на основе выявленной периодичности активизации оползневых процессов, количественное оценки региональных инженерно-геологических признаков и установленных закономерностей изменения геомеханических параметров склона и расчета устойчивости с учетом сейсмичности региона, литологии покровных образований на склоне и уровня грунтовых вод относительно поверхности скольжения. Разработаны категории оползневой опасности горных склонов, позволяющие определить степень оползневой опасности и обосновать выбор превентивных мероприятий по снижению ущерба от оползней.

Асаналиева

АННОТАЦИЯСЫ

Сейсмоактивтуу тоолуу аймактарындагы, жер кочкууго коркунучту жандоолордун геомеханикалык туруктуусун баалоо. Никольская Ольга Викторовна.

Диссертациялык иштин максаты илимий проблемаларды жаныча чечууну камтыган илимий - методикалык иштеринин негизинде тоолуу жаш доолорду кочку коркунучунан ар тарабынан баалоо, негизгилери; кочкунун мезгилдуу кайталанышы, аймактардагы инженердуу - геологиялык белгилеринин жана сейсмикасынын сандуу баалоосу жана жандоолордун геомеханикалык параметрлеринин закончолорунун озгорушу. Иштелип чыккан жер кочку коркунучунун категорияларына кочку коркунуч даражасын аныктайт жана жер кочкулордон келе турган чыгымды азайтуу учун алдына ала жургузуло турган иш чараларын негиздейт.

Асаналиева

THE SUMMARY

Estimation of geomechanical stability landslide dangerous of declines mountain fold of areas Southwest Tjan-Shan. Nikolskaya O.V.

The dissertation is devoted to a new solution of a scientific problem encompassing by mining of scientifically methodical bases of an all-up estimation of sliding hazard of mining declines with covering by formations on the basis of detected periodicity of activating of sliding processes, quantitative estimations of regional engineering-geologic indications and established regularities of variation of geomechanical arguments of a decline and calculation of stability with allowance for of seismicity of region, lithology cover of formations aslope and ground water table concerning a slipping surface. The categories of sliding hazard of mining declines permitting are designed to determine an extent of sliding hazard and to justify a choice preventive of measures on a decrease of injury from landslides.

Асаналиева