

2002-908
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ
Д 01.01.133

На правах рукописи
УДК 532.546

ОРОЗОБЕКОВА АИДА КУБАНЫЧБЕКОВНА

**МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА
ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СЕЛЕВЫХ И
ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ
ЮГА КЫРГЫЗСТАНА**

Специальность: 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

АВТОРЕФЕРАТ
на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук

БИШКЕК 2001

Диссертационная работа выполнена в Институте физики и механики горных пород Национальной Академии наук Кыргызской Республики и в Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры.

Научные руководители: член-корреспондент НАН КР, доктор физико-математических наук, профессор **Бийбосунов И.Б.**

кандидат физико-математических наук, доцент **Токтакунов Т.Т.**

Официальные оппоненты: член-корреспондент НАН КР, доктор физико-математических наук, профессор **Кочергин В.П.**

доктор физико-математических наук, профессор **Мамбеткулов Ж.М.**

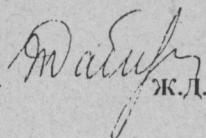
Ведущая организация: Казахский Национальный Университет им.Аль-Фараби

Защита состоится 24 января 2002 года в 15³⁰ часов на заседании Межведомственного диссертационного Совета Д 01.01.133 по защите докторских (кандидатских) диссертаций по адресу: пр.Мира, 66 в Кыргызском техническом университете им.И.Раззакова.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Национальной Академии наук Кыргызской Республики.

Автореферат разослан "22" декабря 2001 года.

Ученый секретарь
Межведомственного диссертационного
Совета, кандидат технических наук, доцент


Ж.Д.Рабидинова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы: В целях интенсивного развития народного хозяйства республики большое значение приобретает проблема рационального использования природных ресурсов и целенаправленной охраны окружающей среды. На первый план выдвигается задача исследования пространственных и временных закономерностей формирования и развития природно-экзогенных процессов в горных регионах Кыргызстана. Это вызвано необходимостью более точного представления данных о природных условиях в осваиваемых районах республики. В этой связи требуется детальное исследование таких свойственных горным территориям явлений, как оползни, сели, снежные лавины, обвалы, которые, обладая большой разрушительной силой, представляют опасность для жизни людей и природной среды горных регионов Кыргызстана.

Экономический ущерб, наносимый этими явлениями природы, достаточно велик и проявляется в самых различных областях народного хозяйства - от горнорудной промышленности до земледелия и животноводства. В результате проблема изучения селевых и оползневых процессов выдвигается в ряд важных народнохозяйственных задач. Кроме того, разработка эффективных методов снижения опасности селевых и оползневых явлений возможна лишь после того, как будут осмыслены и достаточно точно описаны качественные механизмы их возникновения и развития.

Таким образом, разработка механико-математических моделей влияния природных факторов на развитие оползневых и селевых процессов, представляющих собой катастрофические экзогенно-геологические явления, и методов аналитического и численного решения дифференциальных уравнений, описывающих динамику разрушительных и опасных явлений природы, является крайне актуальной проблемой.

Основным объектом исследования диссертационной работы выступают оползни и селевые потоки, происходящие в горных склонах за счет гидродинамических процессов. На основе фундаментальных принципов механики сплошных сред могут быть раскрыты причины возникновения селевых и оползневых процессов и закономерности их формирования и развития. Таким образом, частые возникновения селевых и оползневых процессов на территории южных областей республики наталкивают на мысль о необходимости изучения причин формирования и зарождения этих явлений природы, а также определения основных физико-механических параметров. При этом в качестве инструмента исследования указанных процессов выступают методы моделирования. Как известно, наиболее распространены следующие формы моделирования:

1. Математическое моделирование, применяемое в настоящее время практически во всех отраслях современной науки;
2. Натурное моделирование, которое предусматривает проведение различных экспериментов в природных условиях.
3. Лабораторно-экспериментальное моделирование.

Из этих трех форм моделирования самым удобным является метод математического моделирования, так как он представляет собой универсальный метод научного познания. Необходимость использования методов математического моделирования определяется также тем фактором, что многие процессы, явления, объекты непосредственно исследовать невозможно или же эти исследования требуют больших временных и материальных затрат.

Одной из разновидностей методов математического моделирования являются методы механико-математического моделирования. Изучение селевых и оползневых процессов механико-математическими методами в последние годы находит все более широкое применение при решении прогнозных задач и разработке защитных мероприятий. Современный механико-математический аппарат предоставляет возможность решать задачи долговременного регионального прогноза, а также локальные прогнозные задачи, в которых селевые и оползневые процессы рассматриваются как многофакторные динамические системы.

Кроме того, с помощью механико-математического моделирования решаются такие задачи как исследование устойчивости горных склонов и изучение динамики движения селевых и оползневых процессов.

Цели и задачи исследования. Основной целью диссертационной работы является разработка методики исследования закономерностей возникновения и развития оползневых процессов и селевых потоков на территории горных районов южного Кыргызстана. В рамках поставленной цели решены следующие задачи:

- построены достаточно простые математические модели, описывающие динамику оползневых процессов гидродинамического происхождения и грязеводных селевых потоков;
- определяются основные физико-механические параметры, влияющие на ход протекания таких природно-катастрофических процессов, какими являются оползневые явления и селевые потоки с учетом конкретного региона;
- разработаны аналитические и численные методики решения построенных механико-математических моделей оползневых и селевых процессов.

Характер и методы исследования – теоретические. Для описания динамики движения оползней гидродинамического происхождения и грязеводных селевых потоков используются принципы так называемой «теории мелкой воды». Полученные системы дифференциальных уравнений в частных производных применяются для определения скоростей и глубины селевого потока и оползневого перемещения.

Основные положения, выносимые на защиту.

- Для исследования влияния природных факторов на возникновение и развитие оползневых явлений гидродинамического происхождения и грязеводных селевых потоков предложены методы механико-математического моделирования.

- Для решения построенных моделей разработан приближенно-аналитический метод решения и проведен численный расчет динамики оползневых процессов и селевых потоков.
- Предложены схемы гидродинамических расчетов устойчивости горных склонов на предмет их возможного оползания или возникновения селевого потока.

Научная новизна. Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработаны механико-математические модели основных природных факторов, влияющих на возникновение и развитие оползней гидродинамического происхождения и грязеводного селевого потока. Системы дифференциальных уравнений, описывающих динамику исследуемых экзогенно-геологических процессов, получены согласно принципу «теории мелкой воды».
2. Предложена гидродинамическая методика расчета устойчивости горного склона с учетом давления фильтрационных потоков для таких оползневых склонов, где существенным фактором являются гидрометеорологические процессы.
3. Получены решения уравнения одномерной нестационарной фильтрации подземных вод в горных склонах в автомодельном виде при различных показателях автомодельности для однородно-изотропной среды.
4. Разработана численная процедура на базе конечно-разностной схемы для системы нелинейных дифференциальных уравнений, моделирующих динамику селевого потока и оползневых явлений.
5. Разработан численный расчет решения сформулированной задачи.
6. Разработана новая технология для гидродинамического исследования и прогнозирования оползней гидродинамического происхождения и грязеводных селевых потоков на территории южного Кыргызстана.

Практическая ценность. Проведенные в диссертационной работе исследования обладают практической ценностью. С применением теории и методов механики сплошных сред, математической физики, современных аналитических и численных методов прикладной математики, а также с использованием компьютерной техники были решены новые задачи, связанные с возникновением, формированием и развитием в Кыргызстане оползневых и селевых явлений природы. Значение результатов исследований для социально-экономического развития республики и науки в целом достаточно весомо, так как решение таких проблем позволит существенно снизить социальный и материальный ущерб от катастрофических селевых и оползневых процессов.

В научном аспекте решен ряд новых задач в области теоретической гидродинамики, а также механики грунтов и горных пород, т.е. впервые разработаны механико-математические модели влияния природных факторов на оползневые и селевые процессы, основанные на принципе «теории мелкой воды». В результате численного анализа разработанной модели будут даны научно-

практические рекомендации по снижению опасности селевых и оползневых процессов на территории республики.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы обсуждались на различных научных семинарах, международных и республиканских конференциях:

1. IV научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава и студентов КГУСТА «Современное состояние и перспективы развития строительной науки» (6-8 мая 1999 г., г. Бишкек);
2. III традиционная казахстанско-российская научно-практическая конференция «Математическое моделирование научно-технологических и экологических проблем в нефтегазодобывающей промышленности» (19-20 октября 2000 г., г. Алматы);
3. Научно-практическая конференция, посвященная 5-летию Технологического университета «Дастан» «Современное состояние развития инженерного образования и науки» (14 октября 1999г., г. Бишкек)
4. Международная конференция «Современные проблемы механики», посвященная 75-летию профессора Ш.А. Ершина (5-7 сентября 2001 г., г. Алматы)
5. Международная конференция «Современные концептуальные положения в механике горных пород», посвященная 70-летию академика И.Т. Айтматова (25-26 мая 2001 г., г. Бишкек.).
6. Международная научная конференция «Проблемы математического моделирования и информационных технологий» (2001 г., г. Бишкек)
7. Республиканская научно-практическая конференция «Проблемы строительной отрасли и пути их решения»(4-6 июля 2001 г., г. Бишкек)
8. Научно-техническая конференция молодых ученых, посвященная Международному году гор «Современные методы и средства решения задач геомеханики и рационального освоения месторождений полезных ископаемых» (16 октября 2001 г., г. Бишкек)

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в восьми научных статьях.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 116 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы, включающего 102 наименования.

Иллюстративный материал в диссертации представлен 17 рисунками и графиками, а также 4 таблицами.

Автор выражает глубокую благодарность члену-корреспонденту НАН Кыргызской Республики, доктору физико-математических наук, профессору **Бийбосуну Ильясу Бийбосунувичу**.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, основные цели и задачи, научная новизна полученных результатов, объект и предмет исследования, их практическая ценность и другие классификационные признаки диссертации, приведена структура и содержание диссертационной работы.

Первая глава диссертационной работы состоит из трех параграфов. В ней изложено состояние исследуемой проблемы, дается краткий обзор отечественной и зарубежной литературы по исследуемой тематике, приведены классификация форм проявления экзогенно-геологических процессов, а также существующие классификации основных факторов, формирующих оползневые явления и селевые потоки. Все факторы возникновения, формирования и развития селевых потоков и оползневых процессов делятся на три большие группы: постоянные, медленно изменяющиеся и быстро изменяющиеся.

Постоянными факторами являются геологическое строение и рельеф местности. Они определяют генетические особенности оползневых процессов и селевых потоков, а также интенсивность их проявления. Эти факторы являются необходимым условием формирования экзогенно-геологических процессов и считаются неизменными.

Ко второй группе факторов относятся современные тектонические движения, климатические процессы местности, гидрогеологические условия, растительность.

Факторы третьей группы включают в себя метеорологические, гидрологические, а также сейсмические и техногенные процессы. Данная группа факторов составляет основу временного прогноза изучаемых процессов, а в совокупности с факторами первой и второй группы являются основой пространственного прогноза оползневых явлений и селевых потоков.

В работе используются следующие принятые в научной литературе определения: оползнями называют физико-геологические явления, представляющие собой одну из форм смещения земляных масс, слагающих склоны, причем смещение происходит под воздействием силы тяжести. Оползень - это смещение на более низкий уровень части горных пород при сохранении контакта с подвижным основанием. Сместившиеся земляные массы также называют оползнями.

При изучении оползневых процессов по мере накопления сведений возникает необходимость в их систематизации и классификации. Согласно морфогенетическим признакам применяется следующая классификация оползней: оползни скольжения, оползни выдавливания, сдвига, оползни выплывания, оползни течения, оползни внезапного разжижения и оползни гидродинамического разрушения.

В конце главы приводятся основные уравнения механики природных процессов: уравнение состояния, связывающее давление, плотность, температуру,

уравнение неразрывности и уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости и другие.

В последующих двух главах (во второй и третьей) излагаются разработанные в диссертации методы исследования влияния природных факторов на возникновение и развитие селевых потоков и оползневых явлений в горных районах юга Кыргызстана, а также численные расчеты разработанных моделей и анализ полученных научных результатов.

Как известно, в последние годы на территории Кыргызстана, широкое распространение получили оползневые процессы, причем, часто наблюдаются такие формы оползневых явлений, как оползни течения, оползни гидродинамического разрушения и оползни внезапного разжижения. Анализ показывает, что для формирования этих трех типов оползневых явлений первостепенное значение имеют такие факторы, как гидрогеологические и метеорологические процессы. Их можно объединить и назвать гидрометеорологическими условиями. А вышеуказанные три формы оползневых процессов, которые произошли под действием гидрометеорологических условий, будем называть «оползнями гидродинамического происхождения».

Таким образом, оползни гидродинамического происхождения формируются на основании геологических условий и рельефа местности, активируются и смещаются под действием гидрогеологических и метеорологических условий. Здесь, согласно фильтрационным процессам, подземные воды поднимаются вплоть до плоскости скольжения. В результате инфильтрационных процессов поверхностные воды, спускаясь до плоскости скольжения, встречаются с частицами подземных вод и образуется линия скольжения, где происходит максимальное увлажнение слабо уплотненных пород вдоль основного деформируемого горизонта, т.е. на плоскости скольжения слабо уплотненные горные породы (как правило, песчано-глинистые массы) разжижаются и под действием силы тяжести вдоль критической линии скольжения происходит оползание определенной части основного деформируемого массива. Из-за большой крутизны горного склона скорость движения оползающего массива быстро растет, и слабо уплотненные породы в виде водно-глинистой массы очень быстро смещаются вниз по рельефу на большие расстояния. Здесь процесс оползания доходит до несколько сот метров, ширина изменяется десятками метров, глубина иной раз доходит до 4-5 и более метров. Поэтому такие формы перемещения оползней гидродинамического происхождения можно моделировать как движение грязевого потока в поле силы тяжести со свободной поверхностью, где глубина слоя потока достаточно мала по сравнению с размерами ширины и длины, причем, перемещения происходят в каналах бесконечной ширины. Сечение канала имеет произвольную форму и может меняться вдоль его длины. Поэтому такие формы перемещения оползней гидродинамического происхождения можно моделировать как одномерное течение гипотетической жидкости в канале с неограниченной длиной. Чтобы оползневый поток можно было рассматри-

вать как течение эффективной жидкости, будем считать выполненными следующие допущения:

1. Грязеводный поток гипотетической жидкости считается односкоростной сплошной средой;
2. Поперечная компонента скорости жидкости очень мала по сравнению с продольной, и ею можно пренебречь, а продольную скорость следует считать постоянной вдоль толщины слоя и уровень жидкости в поперечном сечении - горизонтален.

На основании таких допущений одномерные перемещения гипотетической жидкости описываются гидродинамическими уравнениями, которые решаются современными численными методами.

Мы исходим из принципа так называемой «теории мелкой воды» и считаем, что искомыми величинами являются глубина грязевого потока h и продольная скорость потока u . Тогда для одномерного течения жидкости в канале, зависящего только от одной координаты x и времени t имеют место следующие дифференциальные уравнения в частных производных:

$$\begin{cases} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(Uh)}{\partial x} = 0 & (1) \\ \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = (A_1 F_1 + A_2 F_2 + A_3 F_3 + A_4 F_4) = \\ (A_1(G_1 + G_2) \sin \alpha - A_2 R_0 U^n - A_3(G_1 + G_2) \cos \alpha \cdot tg \varphi + \\ + A_4 H_0 \frac{\partial H}{\partial x} \sin \alpha) & (2) \end{cases}$$

Рассмотрим основные силы, действующие на оползневый поток.

$F_1 = (G_1 + G_2) \cdot \sin \alpha$ (3) - это сила сдвига, возникающая за счет силы тяжести, где G_1 - вес верхней сухой части слоя толщиной D_1 и выражается формулой:

$$G_1 = \gamma_c \cdot W_c \cdot D_1 \cdot l; \quad (4)$$

G_2 - вес нижней насыщенной части слоя толщиной равной D_2 и выражается соотношением:

$$G_2 = \gamma_n \cdot W_n \cdot D_2 \cdot l; \quad (5)$$

Следующая сила:

$$F_2 = (-R_0 U^n) \quad (6) \quad - \text{сила сопротивления сдвига, здесь}$$

при $n = 1$ слабое сопротивление, при $n = 2$ - сильное сопротивление.

Сила внутреннего трения имеет вид:

$$F_3 = -N \operatorname{tg} \varphi \quad (7)$$

здесь $N = (G_1 + G_2) \cos \alpha$ представляет собой нормальную составляющую силы тяжести.

$$F_4 = H_0 \frac{\partial H}{\partial x} \sin \alpha \quad (8) - \text{это сила, связанная с фильтрационным давлением.}$$

Здесь, следует отметить, что влажность грунта (при естественном состоянии и при полном насыщении водой) определяется в результате решения уравнения влагопереноса:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[D(x) \frac{\partial W}{\partial x} \right] + \frac{\partial K(W)}{\partial x} \quad (9)$$

Для определения фильтрационного давления используется уравнение нестационарной фильтрации:

$$\frac{\partial H}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x} \left[K(x) \frac{\partial H(x)}{\partial x} \right] = 0 \quad (10)$$

Когда среда однородно-изотропная, тогда коэффициент фильтрации постоянная величина и в этом случае уравнение (12) примет вид:

$$\frac{\partial H}{\partial t} - K \frac{\partial H(x,t)}{\partial x} = 0 \quad (11)$$

На территории Кыргызстана, в том числе южных районах республики, очаги зарождения **селевых потоков** выступают в трех формах:

1. Селевые потоки, связанные с выпадением большого количества водных осадков или интенсивным снеготаянием. Очаги этой группы имеют широкое распространение в нашей республике. Например, селевой поток на территории Алайского района.

2. Селевые потоки, связанные с подпруживанием горных рек. Они происходят в результате прорыва современных завалов на реках, а также вызванные обвалами и оползнями, временно перекрывающими речные потоки. К этой категории очагов можно отнести наводнение на территории Сузака. Следует отметить, что прорыв завалов, дамбы или перелив воды через завалы и плотины вызывают катастрофические паводки и селевые наводнения.

3. Селевые потоки, связанные с таянием ледников. Очаги этой группы являются также причиной катастрофических селевых потоков, однако, они происходят очень редко на территории Кыргызстана, хотя часто встречаются в различных регионах бывшего Союза.

К наиболее распространенным типам селевых потоков можно отнести: наносоводные (это почти паводки), грязеводные и каменно-грязеводные.

Для вывода основных уравнений движения селевого потока мы исходим из грязеводной формы селевого процесса. Данный вид селевого потока представляет собой двухфазное течение, где несущая фаза – это вода, а дисперсные составляющие представляют собой твердые частицы, размеры которых незначительны.

Здесь остановимся на следующем двухфазном течении селевого потока. Скорость обеих фаз одинакова, т.е. грязеводный селевой поток в данном случае – гетерогенная сплошная среда специальной формы, так как обе фазы имеют одинаковые скорости, и перемещаются вниз как сжимаемая вязкая жидкость с большой скоростью. Такого вида течения можно моделировать как движение грязеводного массива в поле силы тяжести со свободной поверхностью, где глубина слоя достаточно мала по сравнению с шириной и длиной, тогда поток считается одномерным течением в канале с неограниченной длиной. Сечение канала имеет произвольную форму и может меняться вдоль его длины. Чтобы грязеводный селевой поток рассматривать в виде модели одномерного течения, будем считать выполненными следующие допущения:

1. Грязеводный селевой поток считается как односкоростная сплошная среда и представляет собой гипотетическую, эффективную жидкость, которая быстро перемещается вниз по рельефу на большие расстояния.
2. Поперечной компонентой скорости жидкости можно пренебречь по сравнению с продольной составляющей скорости, а последнюю можно считать постоянной вдоль толщины слоя и уровень жидкости в поперечном сечении горизонтален.

Для составления уравнений движения будем исходить из принципа «теории мелкой воды». Считаем, что гипотетическая жидкость рассматривается как «двумерная» среда, обладающая в каждой точке определенной скоростью u и, кроме того, в каждой точке течение характеризуется значением величины h – толщины слоя. Тогда для одномерного движения жидкости в канале, зависящего только от одной координаты x и времени t , имеют место следующие основные уравнения

$$\begin{cases} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial (Uh)}{\partial x} = q & (1a) \\ \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = (A_1 F_1 + A_2 F_2 + A_3 F_3) = \\ (A_1 G \sin \alpha - A_2 R_0 U^n - A_3 G \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi) & (2a) \end{cases}$$

и действующие силы:

$$F_1 = G \sin(\alpha) \quad (12) - \text{это сила сдвига, возникающая за}$$

счет силы тяжести; α – угол наклона канала по длине;

Следующая сила:

$$F_2 = -R_0 U^n \quad (13) - \text{сила сопротивления, причем, при сильном}$$

сопротивлении $n = 2$, а при слабом сопротивлении $n = 1$;

Сила внутреннего трения имеет вид:

$$F_3 = -N \operatorname{tg} \varphi \quad (14)$$

где φ – угол внутреннего трения, а вертикальная составляющая силы

$$\text{тяжести запишется в виде: } N = G \cos(\alpha) \quad (15)$$

Для численного решения уравнений (1а)-(2а) применяем конечно-разностную схему, где при этом исходная система дифференциальных уравнений заменяется системой алгебраических уравнений.

Здесь, независимые переменные приводятся к безразмерной форме и их можно назвать приведенным расстоянием, считая, что самое максимальное расстояние, вдоль которого движется оползень или селевой поток. Тогда приведенное расстояние или безразмерная независимая переменная есть

$$\bar{x} = \frac{x}{L} \text{ измеряется от } 0 \text{ до } 1; \quad \bar{t} = \frac{t}{T}, \text{ где } T - \text{ макс. время}$$

$$\bar{u} = \frac{u}{u_{\max}}, \bar{h} = \frac{h}{h_{\max}} \quad (16)$$

В этом случае полученная конечно-разностная система уравнений решается в области изменения переменных $[0 \leq x \leq 1] \times [0 \leq t \leq 1]$.

Для решения системы нелинейных уравнений (1а) и (2а) выдвигаются следующие начальные и граничные условия:

а) начальные условия:

$$U(x, t_0) = U_0(x) \quad (17)$$

$$h(x, t_0) = h(x) \quad \text{при } t = t_0$$

б) граничные условия:

$$U(x_0, t) = U_0(t) \quad (18)$$

$$h(x_0, t) = q_0(t) \quad \text{при } x = x_0,$$

$$h(x_k, t) = 0; \quad U(x_{i,k}, t) = 0.$$

Для системы уравнений (1) введем разностную сетку:

$$x_k = x_0 + k \Delta x, \quad t_i = t_0 + i \Delta t,$$

где $\Delta x, \Delta t$ - пространственные и временные шаги ($i=1,2,\dots,M; k=1,2,\dots,N$). Искомыми переменными являются: скорость (продольная составляющая) u и глубина h . Уравнение (1а) представляет собой уравнение параболического типа, для решения которого используется явная конечно-разностная схема. Преимуществом данной схемы является ее абсолютная устойчивость, что дает возможность вести расчеты с большим шагом по времени и обеспечивается второй порядок точности по времени и по пространственной переменной.

Значение функции в узлах сетки будем обозначать $U_{i,k} = U(t_i, x_k)$. Тогда дифференциальные уравнения (1а) и (2а) приближенно заменяются разностной схемой:

$$\frac{h_{i+1,k} - h_{i,k}}{\Delta t} + U_{i,k} \frac{h_{i,k+1} - h_{i,k}}{\Delta x} + h_{i,k} \frac{U_{i,k+1} - U_{i,k}}{\Delta x} = q_{i,k}$$

$$\frac{U_{i+1,k} - U_{i,k}}{\Delta t} + U_{i,k} \frac{U_{i,k+1}}{\Delta x} + g \frac{h_{i,k+1} - h_{i,k}}{\Delta x} = f_{i,k} \quad (19)$$

Система алгебраических уравнений (19) решается последовательно от слоя к слою. Результаты предыдущих слоев используются при нахождении числовых значений переменных следующего слоя. Распределения u, h рассчитываются в следующей последовательности: с учетом граничных и начальных условий используются $u_{i,k}, h_{i,k}$ и рассчитываются $u_{i+1,k}, h_{i+1,k}$ на одном слое, далее происходит переход к последующему слою.

Расчеты ведутся для различных значений показателя сопротивления n , коэффициент вязкости для различного потока, угол наклона склона при различных углах α .

С целью проверки эффективности разработанных моделей движения селевых потоков, и определения констант модели, была проведена серия численных расчетов по реальным селевым потокам. Функциональные зависимости для кривых получены при различных формах задания закона захвата русловой породы для гляциальных селей.

Константы модели по признаку влияют на количественные характеристики расчетного потока, в основном максимальный расход и скорость. Несмотря на указанные ограничения, экспериментальные ограничения и полученные расчетные данные глубины по x качественно согласуются (рис.1). Наибольшее влияние на расчетные характеристики потока оказывает коэффициент A , так как он определяет интенсивность поступления дополнительных масс горной породы в движение по превышении расхода потока q .

На рис.2 приведены графики изменения скорости по x в определенных отрезках для показателя сопротивления $n=1, \alpha=15^\circ$, где расход $q=0,2$. На рис.3 показано изменение скорости по $t=3, n=1, \alpha=25^\circ$.

По результатам проведенных численных расчетов можно заключить, что показана адекватность модели на основании достаточной близости расчетных характеристик модели с имеющимися наблюдаемыми и измеренными характеристиками прошедших селевых потоков, а также экспериментальных селевых потоков.

Численное решение уравнения оползневоего потока произведено такой же разностной схемой (19) с соответствующими начально-граничными условиями при $q=0$.

а) начальные условия:

$$U(x, t_0) = U_0(x); \quad h(x, t_0) = h(x) \quad \text{при } t = t_0 \quad (20)$$

б) граничные условия:

$$U(x_0, t) = U_0(t); \quad h(x_0, t) = q = 0 \quad \text{при } x = x_0; \quad h(x_k, t) = 0; \quad U(x_{i,k}, t) = 0. \quad (21)$$

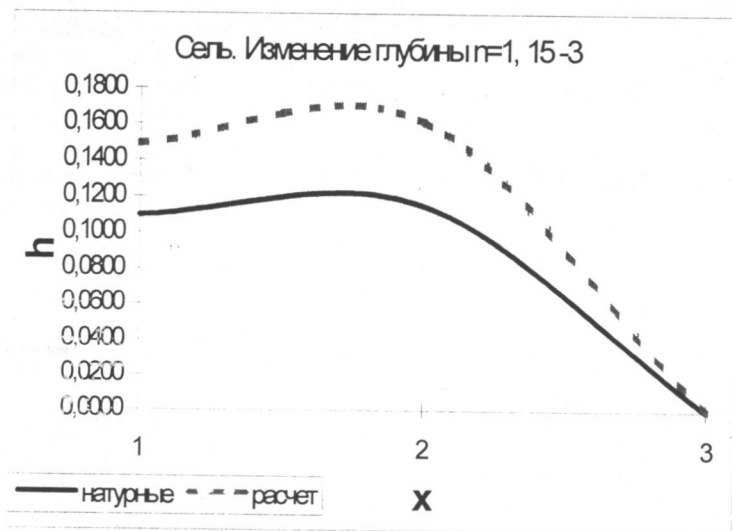


Рис. 1

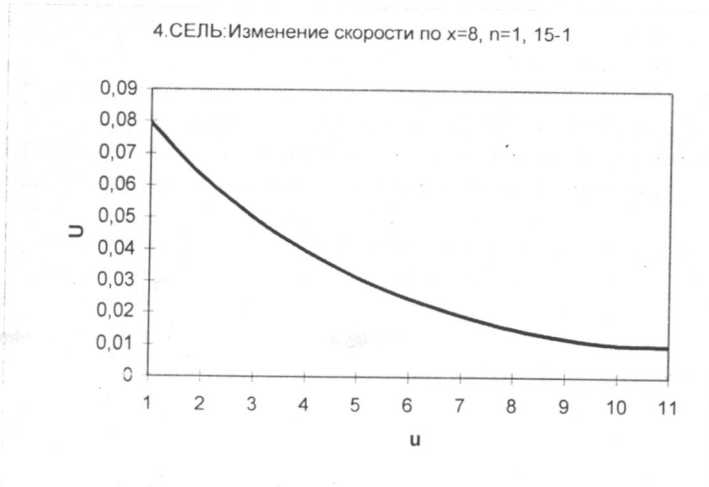


Рис. 2

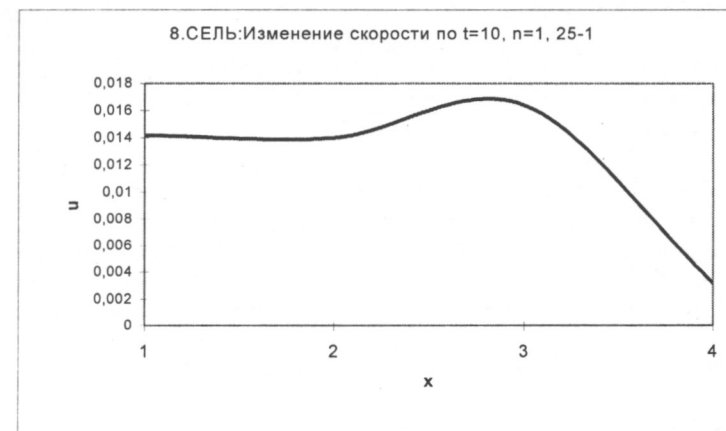


Рис. 3.

Для расчета использованы экспериментальные данные Кыргызской комплексной гидрогеологической экспедиции КР для горных и предгорных массивов юга Кыргызстана. С целью проверки эффективности модели и определения констант модели, была проведена серия численных расчетов по моделированию реальных оползней. На рис.6 показано изменение скорости по x при 15° и 25° и на рис.4 показано изменение глубины по x при $\alpha=25^\circ$. На рис.5 отражаются изменения глубины по t .

Результаты численных расчетов показывают адекватность построенной модели с данными реальных оползневых потоков.

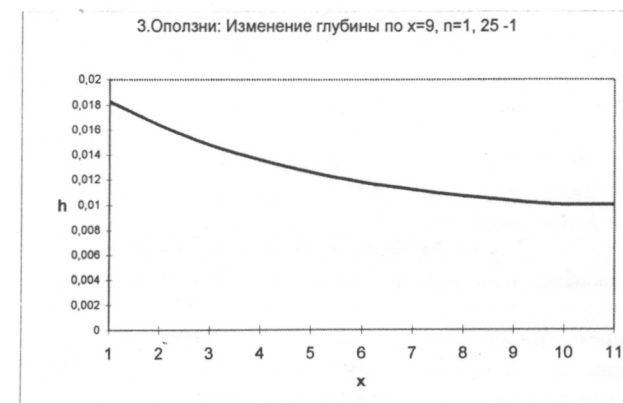


Рис.4.

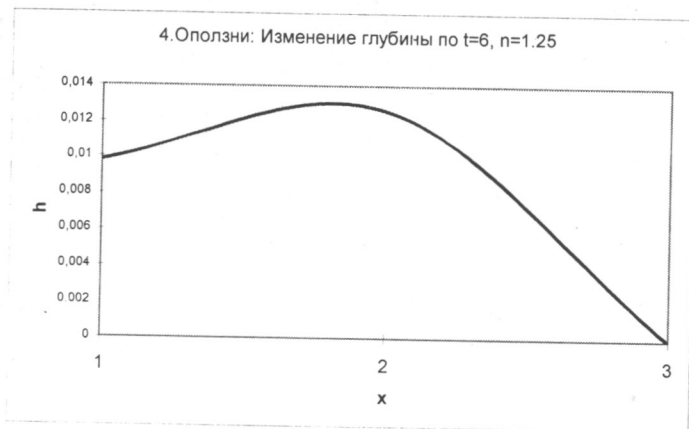


Рис. 5

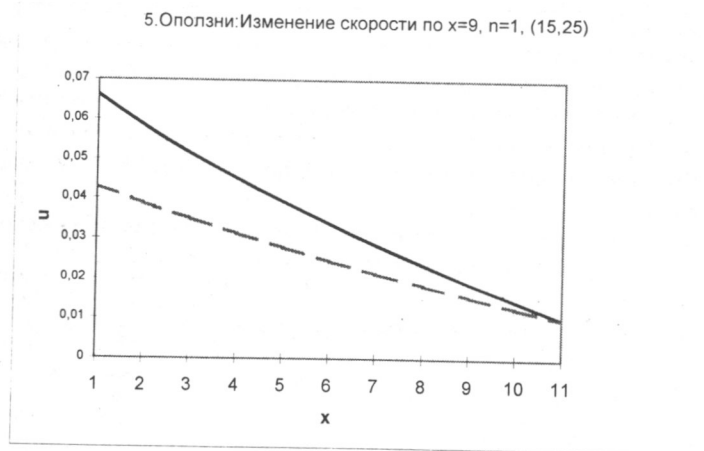


Рис. 6

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Изучены особенности основных факторов формирования и развития оползневых явлений и селевых потоков, возникающих на территории горных районов юга Кыргызстана.
2. Предложено новое название групп оползней «гидродинамического происхождения», для которых гидрометеорологические факторы являются наиболее существенными.

3. Разработаны расчетные схемы для оценки устойчивости оползневых горных склонов, где учитываются давления грунтовых и подземных вод.

4. Сформулирована и решена краевая задача одномерной нестационарной фильтрации в однородно-изотропных средах на основе автомодельных методов решения дифференциальных уравнений, в результате чего определяются функции напора, давление фильтрации и другие физико-механические параметры.

5. Разработана механико-математическая модель селевых потоков грязеводного типа, которые довольно часто распространены на территории юга Кыргызстана. Полученная система нелинейных дифференциальных уравнений решается численным методом, методом конечно-разностных схем.

6. Предложена математическая модель оползней гидродинамического происхождения основанная на принципах «теории мелкой воды», где искомыми величинами являются глубина потока и его продольная скорость. При их нахождении исходная система нелинейных дифференциальных уравнений аппроксимируется конечно-разностной схемой и приводится к системе алгебраических уравнений.

СПИСОК, ОПУБЛИКОВАННЫХ СТАТЕЙ

1. Бийбосунов И., Бийбосунов А.И., Орозобекова А.К. Селевые потоки на территории юга Кыргызстана и оценка их опасности. //Вестник ТУ «Дастан», 1999 г., №2. стр. 28-36.
2. Бийбосунов И., Бийбосунов А.И., Орозобекова А.К. Разработка механико-математических моделей для катастрофических процессов Кыргызстана (оползни и сели). // Доклады III-й традиционной Казахстанско-Российской научно-практической конференции. 2000г. стр. 39-42.
3. Бийбосунов И., Исманбаев А.И., Бийбосунов А.И., Орозобекова А.К. Динамика оползневых процессов. //Материалы международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития строительной науки» - Бишкек, часть 1, 2000 г., стр.159-163.
4. Бийбосунов А.И., Орозобекова А.К. Разработка методов численного решения динамики оползневых процессов. //Труды Международной конференции «Современные проблемы механики», часть 2, «Общая и прикладная механика» 2001 г. - 66-68с.
5. Бийбосунов И., Бийбосунов А.И., Орозобекова А.К. Оценка устойчивости горных склонов и динамика смещения оползневых процессов. //Современные проблемы механики сплошных сред. Выпуск первый «Гидроаэромеханика и газовая динамика», 2001г. стр.11-20.
6. Бийбосунов И., Орозобекова А.К. Двухфазные модели оползневых процессов гидродинамического происхождения. //Доклады международной конференции «Проблемы математического моделирования и информационных технологий» - Бишкек, 2001. 47-53 с.

7. Орозобекова А.К. Оползневые процессы на территории юга Кыргызстана и их классификации. //Материалы Республиканской научно-практической конференции «Проблемы строительной отрасли и пути их решения», Бишкек, 2001 г.

8. Орозобекова А.К., Шакирова Ж.А. Природно-экзогенные процессы на территории Кыргызстана и их активизация. //Современные проблемы механики сплошных сред. Выпуск 1 «Гидроаэромеханика и газовая динамика», 2001г., стр. 96-103.

ТҮШҮНДҮРМӨ

Диссертациялык иште Кыргызстандын түштүк тоолу райондорунда пайда болгон сел жана жер көчкү процесстеринин пайда болуу жана өнүгүшүнө таасир эткен негизги факторлорунун өзгөчөлүктөрү каралып чыккан.

Кыргызстандагы тоолу түштүк райондорундагы чополуу ылай суу түрүндөгү сел жана гидродинамикалык негизде пайда болгон жер көчкүлөрдүн пайда болушуна жана өнүгүшүнө таасир эткен жаратылыш факторлорунун механико-математикалык модели түзүлүп чыккан.

Чополуу ылай суу селдердин жана гидродинамикалык негизинде пайда болгон жер көчкүлөрдүн кыймылынын динамикасынын негизги параметрлерин аныктоого жана моделдөөгө жардам берген эсептөө чыгарылышы иштетилип чыккан.

АННОТАЦИЯ

В диссертационной работе рассматриваются особенности основных факторов формирования и развития оползневых явлений и селевых потоков, возникающих на территории горных и предгорных районов юга Кыргызстана.

Разработаны механико-математические модели влияния природных факторов на возникновение и развитие оползней гидродинамического происхождения и грязевого селевого потока в горных районах юга Кыргызстана. Проведен численный расчет, позволяющий определить основные параметры динамики движения оползней гидродинамического происхождения и грязевого селевого потока.

THE SUMMARY

In the dissertation work the features of major factors of shaping and development landslides of the natural and lodge of streams originating on territory of mountain regions of the south Kyrgyzstan are considered and the new classification of landslides is offered, as the landslides " of a hydrodynamic origin " for which hydrometer orological factors are essential.

The mechanical-mathematical models of influence of the natural factors on origin and development of landslides of a hydrodynamic origin and of a stream in mountain regions of the south of Kyrgyzstan are developed. The numerical solution and account permitting to simulate and to define main parameters of their dynamics of movement of landslides of a hydrodynamic origin and dirty watered lodge of a stream is developed.

ОРОЗОБЕКОВА АИДА КУБАНЫЧБЕКОВНА

МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА
ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СЕЛЕВЫХ И
ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ
ЮГА КЫРГЫЗСТАНА

Тех.редактор *Б.К.Курманалиев*

Подписано в печать 14.12.2001 г. Формат бумаги 60x84¹/₁₆.
Бумага офс. Печать офс. Объем 1,25 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 384.

720044, Бишкек ул. Сухомлинова, 20
ИЦ "Текник", т.: 42-14-55