



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова
Кыргызский государственный университет строительства,
транспорта и архитектуры им. Н. Исанова

Диссертационный совет Д.01.12.005

На правах рукописи

УДК 532.546

БЕКСУЛТАНОВ ЖЕНИШ ТУНКАТАРОВИЧ

МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ
АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА ОПОЛЗНЕЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО
ТИПА НА ТЕРРИТОРИИ КР

Специальность 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Бишкек – 2013



Работа выполнена в Институте новых информационных технологий Кыргызского государственного университета им. И. Арабаева.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук,
профессор Бийбосунов Б. И.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
профессор Исманбаев А. И.

кандидат физико-математических наук,
доцент Арынов Т. А.

Ведущая организация: Институт геомеханики и освоения недр
НАН КР

Защита состоится 15 ноября 2013 года в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д.01.12.005 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора (кандидата) наук при КГТУ им. И. Раззакова и КГУСТА им. Н. Исанова по адресу: 720044, г. Бишкек, пр. Манаса, 66, центральный корпус КГТУ им. Раззакова, ауд. 1/259.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова и Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова.

Автореферат разослан «12» октября 2013 г.

Ученый секретарь
Диссертационного Совета Д. 01.12.005
к. ф.-м. н., доцент

Ж. Ж. Доталиева



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Территория Кыргызстана, как известно, подвержена экзогенным геологическим процессам (ЭГП). Оползни относятся к ЭГП и представляют собой один самых распространенных видов природных катастрофических явлений, которые вызывают колоссальные разрушения на больших территориях, приводят к огромным человеческим жертвам, причиняют большой ущерб экономике и природной среде. Оползни имеют широкое распространение на всей территории Кыргызстана, и особенно в Ошской и Джалал-Абадской областях. Практически ежегодно из-за активизации оползней Кыргызстан несет большие материальные потери. В этой связи правительством республики была разработана комплексная программа по исследованию и прогнозированию оползневых процессов и по борьбе с ними.

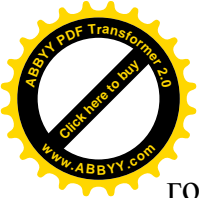
Как показывают данные многолетних наблюдений и исследования специалистов-гидрогеологов, активизация оползней в Кыргызстане вызывается главным образом гидрогеологическими (колебания уровней грунтовых вод) и метеорологическими (атмосферные осадки, интенсивное снеготаяние в весенний период) факторами, которые, в свою очередь взаимосвязаны с динамикой жидкости в оползневых склонах. Таким образом, исследование фильтрационных и инфильтрационных потоков грунтовых вод, возникающих под действием основных оползнеобразующих факторов, вопросы устойчивости оползневых горных склонов, применение методов математического моделирования, разработка новых компьютерных технологий для изучения и прогнозирования оползней являются актуальными и важными для Кыргызстана научно-практическими задачами.

Связь темы диссертации с крупными научными программами.

Тема диссертационной работы напрямую связана с государственной научно-исследовательской программой «Математическое моделирование геомеханических процессов в горных районах Кыргызстана (оползневые процессы и селевые потоки)», выполненной лабораторией «Математическое моделирование геомеханических процессов» Института геомеханики и освоения недр НАН КР в 2006-2008 гг.

Кроме того, тематика диссертации связана также с выполнением научно-исследовательской работы на тему «Исследование устойчивости горных склонов, динамики оползневых и селевых процессов и их прогнозирование», по заказу Министерства образования и науки КР (2008 - 2009 гг.).

Объект и предмет исследования. Основным объектом исследования диссертационной работы выступают гидродинамические явления и процессы, происходящие в оползневых горных склонах. Исследуются основные факторы формирования, развития и активизации оползней с точки зрения теории гидродинамики. В связи с этим рассматриваются основные классы фильтрационных и инфильтрационных потоков грунтовых вод в оползневых склонах и их воздействие на устойчивость горных склонов против оползания. На основе теории подземной гидродинамики применяются методы математическо-



го моделирования различных типов течений грунтовых вод в оползневых горных склонах, которые обусловлены гидрогеологическими факторами, метеорологическими условиями, процессами снеготаяния, стока поверхностных вод и другими факторами. Всесторонний анализ основных оползнеобразующих факторов приводит к гидродинамической классификации возникающих течений грунтовых вод, предлагаются механико-математические модели, которые достаточно адекватно описывают динамику жидкости в оползневых горных склонах и исследуются вопросы устойчивости склонов против оползания.

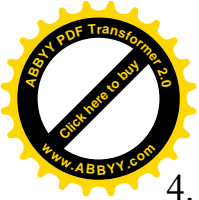
Цели и задачи исследования. Основной целью диссертационной работы является исследование основных оползнеобразующих факторов, построение и решение математических моделей фильтрации и инфильтрации жидкости в оползневых склонах, разработка методик расчета устойчивости оползневых горных склонов против оползания.

В рамках поставленной цели решены следующие конкретные задачи:

1. Рассмотрены математические модели стационарной фильтрации жидкости в оползневых склонах в двухмерной и трехмерной постановке, которые определяются, в первую очередь, гидрогеологическими факторами. При этом грунтовая масса в оползневых склонах принимается как однородная, неоднородная и анизотропная среды.
2. Приближенно-аналитическими методами исследуются плоские и пространственные начально-краевые задачи нестационарной фильтрации при различном строении среды.
3. Исследуются одномерные и плоские начально-краевые задачи инфильтрации жидкости в оползневых склонах.
4. Исследуется устойчивость оползневых горных склонов с точки зрения теории гидродинамики. Формулируется краевая задача на основе схемы приложенных основных физических сил, учитывающей фильтрационное давление.
5. Разработаны вероятностные модели для оползневых процессов и алгоритмы для проведения корреляционно-регрессионного и факторного анализа основных факторов, определяющих развитие и активизацию оползней.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Решены в автомодельной форме двумерные и трехмерные краевые задачи стационарной фильтрации для различных видов строения среды: однородная, кусочно-однородная, неоднородная среда.
2. Предложены приближенно-аналитические методы и получены общие и частные решения начально-краевых задач неустановившейся фильтрации подземных вод в плоской и пространственной постановке.
3. Найдены автомодельные решения для одномерных и двумерных задач инфильтрации грунтовых вод в ненасыщенных средах. Приведены общее и частные решения уравнения инфильтрации при различных показателях автомодельности.



4. Предложена методика расчета устойчивости оползневых склонов с учетом фильтрационного давления, которое определяется в процессе постановки и решения краевых задач фильтрации жидкости.
5. Разработаны численные алгоритмы для проведения корреляционного, регрессионного и факторного анализа основных факторов проявления оползней на территории Кыргызстана.
6. Создана информационная система для исследования и прогнозирования оползней на территории Кыргызстана.

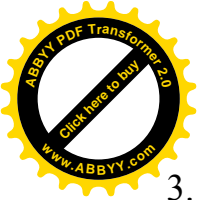
Практическая ценность. Практическая ценность проведенных в диссертационной работе исследований выражается в следующем. Показаны роль и значение фильтрации и инфильтрации жидкости в процессах возникновения, развития и активизации оползней. Предлагается методика определения устойчивости оползневых склонов. Результаты диссертационного исследования дают возможность разработать конкретные меры снижения опасности оползневых процессов на территории страны.

Современными методами исследовано влияние метеорологических и других факторов на активизацию оползней и предложены вычислительные процедуры для проведения корреляционно-регрессионного и факторного анализа. Созданная информационная система является готовым программным продуктом, имеющим удобный и дружелюбный интерфейс, и предназначена для практического применения при исследовании и прогнозировании оползней на территории Кыргызстана.

Экономическая значимость полученных результатов. Результаты диссертации, несомненно, обладают экономической значимостью. Проблема изучения и прогнозирования оползневых процессов напрямую связана с вопросами безопасности населения, важных народно-хозяйственных объектов, населенных пунктов и инженерно-технических коммуникаций, а, следовательно, и снижением наносимого ущерба. Любые положительные результаты в этой области, которые позволяют минимизировать ущерб и последствия катастрофических ЭПП, имеют экономическую значимость.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Предлагается гидродинамический анализ основных факторов, определяющих формирование, развитие и активизацию оползней, а также основных типов оползней, распространенных на территории Кыргызстана. На основе этого выделяются основные гидродинамические процессы в оползневых горных склонах, которые обусловлены постоянными, медленно изменяющимися и быстро изменяющимися природными факторами и условиями. В результате предложена гидродинамическая схема исследования оползневых процессов.
2. Анализ природных факторов позволил выделить основные классы гидродинамических задач невязкой жидкости в различных по своему строению грунтовых горных массах. Формулируются и решаются краевые и начально-краевые задачи фильтрации и инфильтрации жидкости в оползневых горных склонах с учетом сложного строения среды.



3. Разработан приближенно-аналитический метод решения гидродинамических задач, который основан на автотомельном подходе и методе малого параметра с разложением в ряд. В результате решаются гидродинамические задачи в плоской и пространственной постановке при условии однородности и неоднородности, изотропности и анизотропности среды.

4. Рассмотрены вопросы устойчивости горных склонов против оползания. На основе имеющихся в научной литературе методик расчета предложена схема расчета коэффициента устойчивости, которая позволяет учитывать гидродинамические процессы в оползневых склонах и их влияние на возможное оползание склонов.

5. Рассмотрены вопросы прогнозирования оползней и разработаны прогнозные модели, как линейные, так и нелинейные, основанные на теории регрессионного и факторного анализа и на сглаживании динамических рядов.

6. Применяются новые информационные технологии и разработана информационная система, которая предназначена для анализа и прогноза оползней, распространенных вблизи населенных пунктов и народнохозяйственных объектов республики. Информационная система содержит обширную базу данных с подробным геологическим и гидрогеологическим описанием оползней.

Личный вклад соискателя. Основные результаты диссертационной работы получены лично соискателем. Соискатель самостоятельно разрабатывал основные аналитические методы решения поставленных задач. Им лично получены основные теоретические и практические результаты по математическому моделированию фильтрации и инфильтрации жидкости в оползневых горных склонах. Кроме того, соискатель принимал самое непосредственное участие в создании и разработке информационной системы и вычислительных алгоритмов регрессионного и факторного анализа.

Апробация работы. Основные результаты и положения диссертационной работы были доложены и обсуждены на следующих научных конференциях, семинарах и совещаниях:

1. Международная конференция «Проблемы геомеханики и освоения недр» посвященной 50-летию Института геомеханики и освоения недр и 80-летию академика НАН КР И.Т. Айтматова (г. Бишкек, 15-17 июня, 2011г.).

2. Республиканская научная конференция, посвященной памяти профессора Р. Усубакунова (г. Бишкек, 15-16 мая, 2012г.).

3. Международная конференция «Актуальные проблемы механики сплошных сред» посвященной со дня рождения 80-летию профессора И.Б. Бийбосунова (г. Бишкек, 26-28 июня, 2012г.).

Полнота отражения результатов диссертации. Основные результаты, полученные в диссертационной работе, были опубликованы в 11 научных работах, которые приведены в конце автореферата.



Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы, содержащего 115 наименований. Диссертация изложена на 141 страницах машинописного текста, содержит 6 таблиц, 13 рисунков, а также Приложение на 31 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

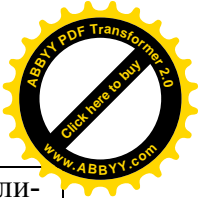
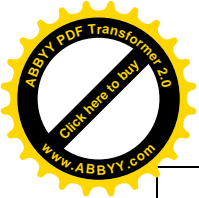
Во введении дается всесторонний анализ современного состояния исследуемой проблемы, показаны актуальность и необходимость выбранного направления научных исследований, изложены цель и основная идея работы, методика исследования, научная новизна и основные положения, выносимые на защиту, достоверность научных положений и выводов, апробация работы, полнота публикаций, структура и объем работы.

Первая глава диссертации посвящена оползневым процессам и методам их моделирования. В первом параграфе главы изложены основные факторы, которые обуславливают формирование и развитие оползней. В соответствии с принятой в геологической науке методологией, основные факторы разделены на постоянные, медленно изменяющиеся и быстро изменяющиеся факторы. Особо отмечается, что при исследовании конкретных оползневых объектов, могут возникать различные комбинации основных факторов. В результате некоторые факторы, которые относятся к разряду второстепенных, могут выступить в качестве основных первостепенных факторов. Кроме того, активизацию оползней может вызвать не один важнейший фактор, а совокупность факторов, которые рассматривались как второстепенные или несущественные. Приведены известные классификации основных факторов.

Во втором параграфе главы приведены основные типы оползней и их распространенные научные классификации. Рассмотрены типы оползней, которые имеют распространение на территории Кыргызстана. Применяется гидродинамический подход и в качестве объектов исследования выступают такие типы оползней, для которых важнейшими факторами являются гидродинамические процессы в оползневых горных склонах. На основе анализа имеющихся геологических материалов, результатов исследований и наблюдений, основные факторы формирования, развития и активизации для оползней на территории Кыргызстана представлены в виде таблицы 1.

Таблица 1 - Основные факторы формирования, развития и активизации оползней на территории Кыргызстана

Факторы	Тип	Описание факторов
1. Геологические условия	постоянный	Состав, свойства, структура горных пород, условия их залегания. Определяют генетические особенности проявления оползней и их интенсивность.
2. Рельеф	постоянный	Определяет как интенсивность проявления оползневых процессов, так и их генетические особенности. Необходимым и обязательным условием для развития оползневых процессов является перепад высот рельефа, энергия рельефа.
3. Климатические условия	медленно изменяющийся	Режим тепла и влаги, при котором происходит развитие и активизация оползневых процессов, изменяю-

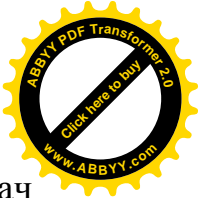


		щихся как в пространстве (в зависимости от типа климата и региональных особенностей территории), так и во времени.
4. Гидрогеологические условия	медленно изменяющийся	Особенности режима подземных вод - изменение уровней, расходов, динамика подземных вод и т.д.
5. Метеорологические условия	быстро изменяющийся	Количество, интенсивность, особенности различных атмосферных осадков.
6. Поверхностный сток	быстро изменяющийся	Особенности имеющегося в оползневых горных склонах поверхностного стока.
7. Влажность, льдистость, оттаивание	быстро изменяющийся	Особенности влажности, льдистости и оттаивания горных пород.
8. Сейсмические условия	быстро изменяющийся	Описывают состояние и особенности сейсмичности исследуемой территории распространения оползней.
9. Техногенные факторы	быстро изменяющийся	Факторы, обусловленные человеческой деятельностью на территории распространения оползней.

В третьем параграфе главы рассмотрены вопросы построения классификации основных факторов на основе гидродинамического подхода. Далее представлены основные уравнения гидродинамики и анализ основных типов течений жидкости в нескальных горных склонах. Построена общая схема исследования оползневых процессов (см. рис. 1).



Рис. 1. Общая схема гидродинамического исследования оползней



Вторая глава связана с аналитическими решениями краевых задач фильтрации и инфильтрации жидкости в оползневых склонах. В первом параграфе рассмотрена краевая задача стационарной фильтрации жидкости в различных грунтовых средах в двухмерной постановке. Предложены аналитические методы решения и найдены частные решения задач фильтрации жидкости.

Далее формулируется краевая задача стационарной фильтрации в пространственной постановке для различных по строению горных склонов. Найдены аналитические решения фильтрационных задач и определены основные характеристики фильтрационных течений в нескальных оползневых склонах.

Рассматривается уравнения стационарной фильтрации жидкости в трехмерном виде:

$$K_1 \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + K_2 \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + K_3 \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

при следующих граничных условиях

$$\begin{aligned} H(x, y, z)|_{x=N_1} &= H_{011}(y, z) & H(x, y, z)|_{x=N_2} &= H_{111}(y, z) \\ H(x, y, z)|_{y=N'_1} &= H_{101}(x, z) & H(x, y, z)|_{y=N'_2} &= H_{111}(x, z) \\ H(x, y, z)|_{z=N''_1} &= H_{110}(x, y) & H(x, y, z)|_{z=N''_2} &= H_{111}(x, y) \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь $H(x, y, z)$ - искомая напорная функция, коэффициенты фильтрации являются известными постоянными $K_1 \neq K_2 \neq K_3$.

Решение задачи (1)–(2) ищем в автомодельной форме в виде:

$$H(x, y, z) = (ax + by + cz)^m \cdot f(t), \quad \text{где } t = \frac{1}{(ax + by + cz)^n} \quad (3)$$

Здесь m – показатель автомодельности.

Подставляя частные производные в уравнение (1) после сокращения на $(ax + by + cz)^{m-2}$ и на $n^2(K_1 a^2 + K_2 b^2 + K_3 c^2)$, а затем умножая на $(ax + by + cz)^{2n}$, после преобразований получим уравнение следующего вида:

$$f''(z) + \frac{n-2m+1}{n} \cdot t \cdot f'(t) + \frac{m(m-1)}{n^2} \cdot t^2 \cdot f(t) = 0 \quad (4)$$

решение, которого имеет вид:

$$f(t) = e^{-\frac{n-2m+1}{4n} t^2} \left(C_1 \cdot \text{Ch}t \sqrt{\frac{n-2m+1}{2n}} + C_2 \cdot \text{Sh}t \sqrt{\frac{n-2m+1}{2n}} \right) \quad (5)$$

при $\frac{n-2m+1}{2n} > 0$,

$$f(t) = e^{-\frac{n-2m+1}{4n} t^2} \left(C_1 \cdot \text{Cos}t \sqrt{-\frac{n-2m+1}{2n}} + C_2 \cdot \text{Sint} \sqrt{-\frac{n-2m+1}{2n}} \right) \quad (6)$$

при $\frac{n-2m+1}{2n} < 0$, где C_1 и C_2 - произвольные постоянные.

Подставляя функции (5) и (6) в формулу (3) получим



$$H(x, y, z) = (ax + by + cz)^m \cdot e^{-\frac{n-2m+1}{4n} \frac{1}{(ax+by+cz)^{2n}}} \left[C_1 \cdot Ch \frac{1}{(ax + by + cz)^n} \cdot \sqrt{\frac{n-2m+1}{2n}} + C_2 \cdot Sh \frac{1}{(ax + by + cz)^n} \cdot \sqrt{\frac{n-2m+1}{2n}} \right] \quad (7)$$

при $\frac{n-2m+1}{2n} > 0$,

$$H(x, y, z) = (ax + by + cz)^m \cdot e^{-\frac{n-2m+1}{4n} \frac{1}{(ax+by+cz)^{2n}}} \left[C_1 \cdot Cos \frac{1}{(ax + by + cz)^n} \cdot \sqrt{-\frac{n-2m+1}{2n}} + C_2 Sin \cdot \frac{1}{(ax + by + cz)^n} \cdot \sqrt{-\frac{n-2m+1}{2n}} \right] \quad (8)$$

при $\frac{n-2m+1}{2n} < 0$

где C_1 и C_2 - произвольные постоянные определяемые согласно граничных условий (2). Таким образом, функции (7) и (8) определяет решение стационарной трехмерной фильтрации жидкости моделируемой уравнением (1) по автомодельной форме (3).

Следующий рассматриваемый класс – нестационарные течения жидкости при различном строении грунта. На основе разработанного приближенно-аналитического метода сначала решаются нестационарные начально-краевые задачи фильтрации жидкости в плоской постановке. Далее решаются начально-краевые задачи нестационарной фильтрации жидкости в различных средах в трехмерной постановке. С помощью приближенно-аналитического подхода найдены аналитические решения сформулированных задач.

Приведем краевую задачу нестационарной пространственной фильтрации в однородно-анизотропном грунте:

$$\frac{\partial}{\partial x} [k_1 \frac{\partial H}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [k_2 \frac{\partial H}{\partial y}] + \frac{\partial}{\partial z} [k_3 \frac{\partial H}{\partial z}] = \frac{\partial H}{\partial t} \quad (9)$$

при следующих начально-краевых условиях:

$$\begin{aligned} H(x, y, z, t)|_{t=0} &= H_0(x, y, z) & 0 \leq t \leq T \\ H(x, y, z, t)|_{x=N_0} &= H_{01}(t, y, z) & H(x, y, z, t)|_{x=N_1} &= H_{11}(t, y, z) \\ H(x, y, z, t)|_{y=N'_0} &= H_{02}(x, t, z) & H(x, y, z, t)|_{y=N'_1} &= H_{12}(x, t, z) \\ H(x, y, z, t)|_{z=N''_0} &= H_{03}(x, y, t) & H(x, y, z, t)|_{z=N''_1} &= H_{13}(x, y, t) \end{aligned} \quad (10)$$

$$N_0 \leq x \leq N_1 \quad N'_0 \leq y \leq N'_1 \quad N''_0 \leq z \leq N''_1$$

где $H(x, y, z, t)$ – искомая функция напора, K_1, K_2, K_3 - коэффициенты фильтрации, грунт считается однородно-анизотропным ($K_1 \neq K_2 \neq K_3 = const$).

Рассмотрим исходную задачу (9)-(10). Для решения применим следующий подход и ищем функцию напора жидкости в виде:

$$H(x, y, z, t) = \tau^m \cdot f(\tau), \quad \tau = \frac{t}{(x + y + z)^2} \quad (11)$$

здесь m - показатель автомодельности.

В итоге для искомой функции напора окончательно получим:



$$H(x, y, z, t) = \left[\frac{(x + y + z)^2}{t} \right]^{\frac{m(m+\frac{1}{2})}{k}} \cdot A \cdot \sum_{i=0}^{\infty} a'_i \left[\frac{t}{(x + y + z)^2} \right]^i \quad (12)$$

Последнее выражение (17) представляет собой решение нашего уравнения нестационарной трехмерной фильтрации (9). Здесь a'_i – определяется из рекуррентной формулы, m -показатель автомодельности, A – произвольная постоянная, которая определяется согласно граничных условий (10). Итак, получены приближенно-аналитические решения нестационарной трехмерной начально-краевой задачи фильтрации жидкости (9)-(10).

В последней части главы исследуются инфильтрационные процессы в оползневых горных склонах, которые могут вызываться такими факторами, как метеорологические условия, снеготаяние и т.д. Формулируются одномерные и двумерные начально-краевые задачи при различных физико-механических допущениях. В результате аналитического подхода найдены частные решения инфильтрационных задач относительно искомой функции влажности. Приведем, для краткости, решение задачи инфильтрации жидкости в ненасыщенных средах относительно функции влажности для плоского случая:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[D(W) \frac{\partial W}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[D(W) \frac{\partial W}{\partial y} \right] + \frac{\partial K(W)}{\partial y} \quad (13)$$

начально – краевые условия, налагаемые на искомую функцию влажности $W(x, y, t)$ имеют вид:

$$\begin{aligned} W(x, y, t)|_{t=0} &= W_0(x, y) & 0 \leq t \leq T \\ W(x, y, t)|_{x=0} &= f_0(y, t) & 0 \leq x \leq H \\ W(x, y, t)|_{x=h} &= f_h(y, t) \\ W(x, y, t)|_{y=0} &= g_0(x, t) & 0 \leq y \leq H' \\ W(x, y, t)|_{y=h'} &= g_{h'}(x, t) \end{aligned} \quad (14)$$

Здесь $W(x, y, t)$ – искомая функция влажности, $D(W)$ – коэффициент диффузивности и диффузии, $K(W)$ – коэффициент влагопроводности.

Учитывая, что функции $W(x, y, t)$, $D(W)$, $K(W)$ являются аналитическими, их можно представить в виде ряда, в окрестности точки, где $W(x, y, t)$ обращается в нуль. Тогда имеем

$$D(W) = D_0 + D_1 W + D_2 W^2 + D_3 W^3 + D_4 W^4 + \dots = \sum_{i=0}^{\infty} D_i \cdot W^i \quad (15)$$

Далее функции $W(x, y, t)$ и $K(W)$ разлагаем в ряд по малому параметру ε в виде

$$W(x, y, t) = W_0(x, y, t) \cdot \varepsilon + W_1(x, y, t) \cdot \varepsilon^2 + W_2(x, y, t) \cdot \varepsilon^3 + W_3(x, y, t) \cdot \varepsilon^4 + \dots = \sum_{i=0}^{\infty} W_i(x, y, t) \cdot \varepsilon^{i+1} \quad (16)$$

$$K(W) = K_0 W_0 \cdot \varepsilon + K_1 W_1 \cdot \varepsilon^2 + K_2 W_2 \cdot \varepsilon^3 + K_3 W_3 \cdot \varepsilon^4 + \dots = \sum_{i=0}^{\infty} K_i W_i \cdot \varepsilon^{i+1} \quad (17)$$



Подставляя функции (15), (16) и (17) в уравнение (15), и приравнявая коэффициенты при одинаковых степенях ε^i , получаем системы уравнений. Рассмотрим первое уравнение системы, так называемое уравнение нулевого приближения:

$$\frac{\partial W_0}{\partial t} - D_0 \left(\frac{\partial^2 W_0}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W_0}{\partial y^2} \right) + K_0 \frac{\partial W_0}{\partial y} = 0 \quad (18)$$

при начально – краевых условиях

$$\begin{aligned} W_0(x, y, t) \Big|_{t=0} &= W_{00}(x, y) & 0 \leq t \leq T \\ W_0(x, y, t) \Big|_{x=0} &= f_{00}(y, t) \\ W_0(x, y, t) \Big|_{x=h} &= f_{0h}(y, t) & 0 \leq x \leq H \\ W_0(x, y, t) \Big|_{y=0} &= g_{00}(x, t) \\ W_0(x, y, t) \Big|_{y=h'} &= g_{0h'}(x, t) & 0 \leq y \leq H' \end{aligned} \quad (19)$$

Решение задачи (18) – (19) ищем в автомодельной форме в виде функции

$$W(x, y, t) = (x + y + t)^m \cdot f(z) \text{ где } z = \frac{1}{(x + y + t)^n} \quad (20)$$

Здесь m – показатель автомодельности. Находим частные производные $\frac{\partial W_0}{\partial t}$, $\frac{\partial^2 W_0}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 W_0}{\partial y^2}$ и подставляя их в уравнение (18), после ряда несложных преобразований получим уравнение в следующего вида:

$$f''(z) + \left[\frac{n - 2m + 1}{n} - \frac{K_0 - 1}{2D_0 n} \cdot z^{-\frac{1}{n}} \right] \cdot z^{-n} \cdot f'(z) + \left[\frac{m(m - 1)}{n^2} - \frac{m(K_0 - 1)}{2D_0 n^2} \cdot z^{-\frac{1}{n}} \right] \cdot \frac{1}{z^{2n}} f(z) = 0 \quad (21)$$

Полагая в уравнении (21) $n=1$ и после нескольких преобразований в результате получим решение, которое запишется в виде

$$f(z) = e^{-\frac{1}{z}} \cdot z^{-v-m} A_1 \cdot \Phi(1 - m; 2; z^{-1}) \quad (22)$$

где A_1 – произвольная постоянная.

Подставляя функцию (22) в соотношение (20) получим решение уравнение (18), окончательно в виде функции

$$W_0(x, y, t) = A e^{-(x+y+t)} \cdot (x + y + t)^{1+m} \cdot \Phi(1 + m; 2; (x + y + t)) \quad (23)$$

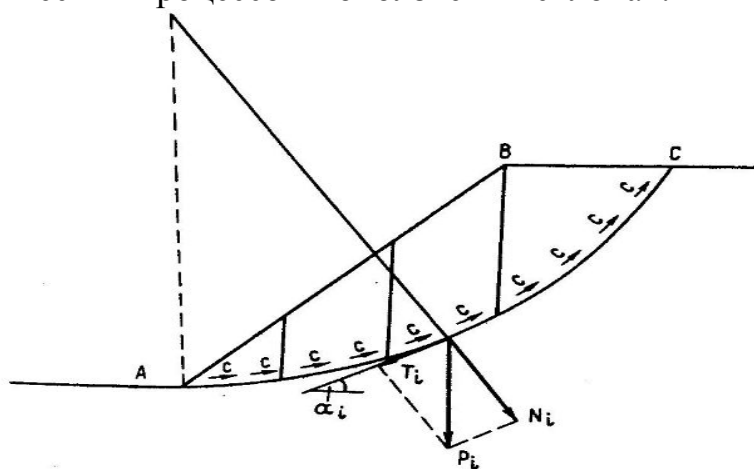
где A – произвольная постоянная, определяемая согласно начально – краевых условий (14), Φ - вырожденная гипергеометрическая функция.

Таким образом, на основе гидродинамического анализа основных факторов развития и активизации оползней исследованы основные классы фильтрационных и инфильтрационных течений жидкости в оползневых склонах. Проведены аналитические расчеты краевых и начально-краевых задач подземной гидродинамики в различных по своему строению грунтах.

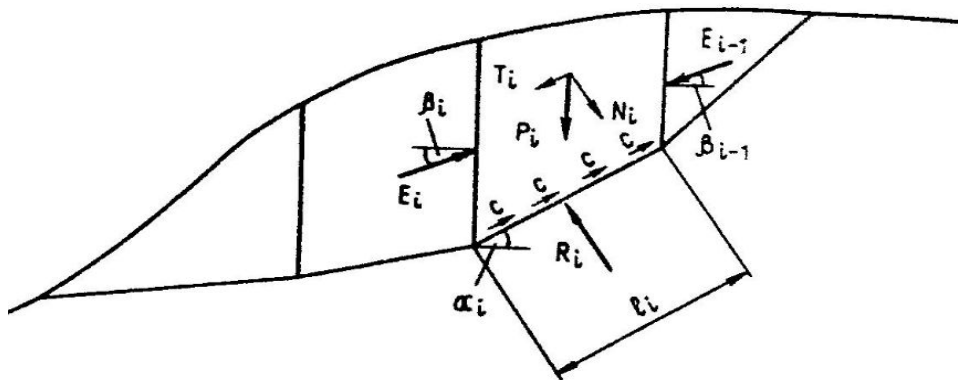
Третья глава диссертационной работы посвящена вопросам устойчивости оползневых склонов и прогнозирования оползней в Кыргызстане и состоит из четырех параграфов.

В первой части главы обсуждаются вопросы устойчивости горных склонов против оползания. С практической точки зрения, по сути это основной вопрос, который интересует специалистов-практиков. Рассмотрены основные методики и схемы расчета устойчивости склонов (см. рис. 2). Далее, на осно-

ве гидродинамического подхода, который применяется в данной диссертации, предложена методика расчета устойчивости склонов против оползания с учетом гидродинамических процессов в оползневых склонах.



а) Метод кругло цилиндрических поверхностей смещения



б) Метод прислоненного откоса

Рис. 2. Схемы расчета устойчивости оползневого склона

Во втором параграфе главы формулируется и решается задача расчета устойчивости горных склонов против оползания с учетом гидродинамических течений и процессов. На основе решения начально-краевой гидродинамической задачи предлагаются методики расчета устойчивости горных склонов.

Разберем действие фильтрационного давления для случая наклонного пласта грунта, залегающего на водоупоре, параллельном поверхности (рис. 3). Этот случай благодаря своей простоте позволяет отчетливо представить сущность рассматриваемого вопроса. Кроме того, он имеет и практическое значение, так как весьма часто встречается в задачах об устойчивости оползневых склонов и, в виде одного из допущений, может быть использован в большинстве действительных случаев.

Пусть поры грунта полностью насыщены водой и линии тока воды параллельны поверхности откоса. Соответствующая длина линии тока будет равна:

$$\Delta l = \frac{\Delta h}{\sin \alpha} = \frac{z_a - z_e}{\sin \alpha} \quad (24)$$

Таким образом, градиент окажется равным:

$$i = \frac{\Delta h}{\Delta l} = \frac{(z_a - z_e) \sin \alpha}{z_a - z_e} = \sin \alpha . \quad (25)$$

Но поскольку принято, $\alpha = \beta_\phi$, то $i = \sin \beta_\phi$.

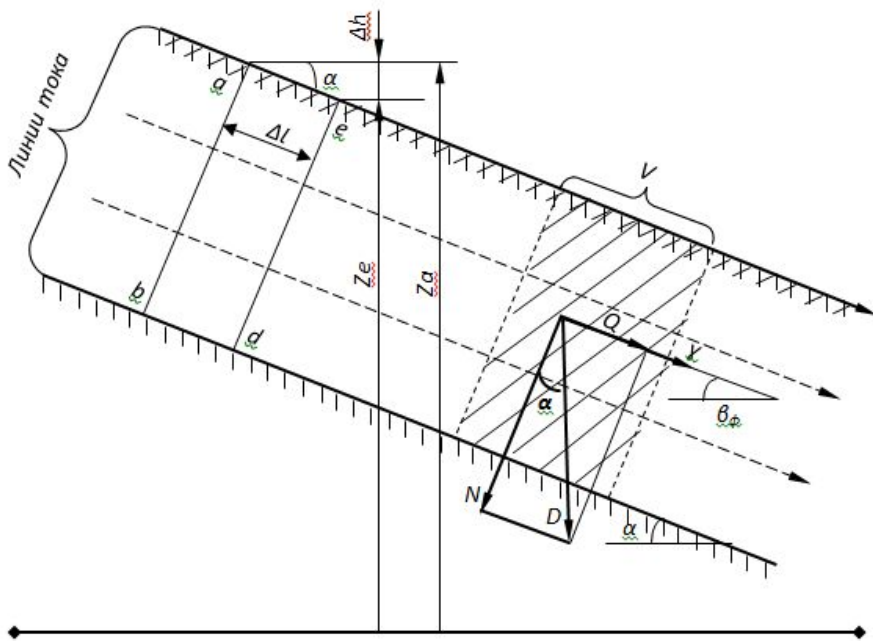


Рисунок 3. Наклонный пласт водонасыщенного грунта

Гидродинамическое (фильтрационное) давление на единицу объема грунта равно градиенту (разности напоров на единицу длины, т.е. объему столба воды), умноженному на удельный вес воды:

$$j_{\text{един.}} = i \gamma_w = \gamma_w \sin \beta_\phi \quad (26)$$

Общее давление на некоторый слой грунта объемом V будет равно:

$$j = V j_{\text{един.}} = V \gamma_w \sin \beta_\phi = V \gamma_w \sin \alpha \quad (27)$$

Это давление направлено вдоль линий тока, параллельно поверхности откоса, и является сдвигающей силой.

Пусть поверхностью скольжения является кровля водоупора. Собственный вес грунта в объеме V с учетом взвешивания будет равен: $P_c = (\gamma - \gamma_w)V$. Сдвигающая составляющая этого веса Q также направлена вдоль откоса книзу и равна: $Q = P_c \sin \alpha$, а нормальная к поверхности скольжения составляющая $N = P_c \cos \alpha$. Таким образом:

$$Q = (\gamma - \gamma_w)V \sin \alpha; N = (\gamma - \gamma_w)V \cos \alpha . \quad (28)$$

Общая сдвигающая сила равна $Q + j$, а удерживающая сила трения $T = N \tan \phi$ (если в грунте отсутствует сцепление, в противном случае следует добавить силу cL). Коэффициент устойчивости склона для слоя объемом V будет равен:



$$K_{\text{myp}} = \frac{Q + j}{N \operatorname{tg} \phi} = \frac{(\gamma - \gamma_{\omega})V \sin \alpha + V\gamma_{\omega} \cdot \sin \alpha}{(\gamma - \gamma_{\omega})V \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \phi} =$$

$$= \frac{\gamma \sin \alpha}{(\gamma - \gamma_{\omega})V \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \phi} = \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_{\omega}} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \phi} \quad (29)$$

При отсутствии фильтрационного и взвешивающего давлений этот коэффициент, был бы равен:

$$K_{\text{myp}} = \frac{Q}{N \operatorname{tg} \phi} = \frac{\gamma V \sin \alpha}{\gamma \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \phi} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \phi} \quad (30)$$

Следовательно, при насыщении откоса водой коэффициент устойчивости снижается в $\frac{\gamma}{\gamma - \gamma_{\omega}}$ раз, то есть во столько раз, во сколько вес скелета грунта в воздухе больше веса скелета с учетом взвешивания в воде.

Для возможности оперирования имеющимися в каждом конкретном случае физико-механическими характеристиками грунтов вспомним различные способы определения объемного веса грунта при его водонасыщении или увлажнении. Объемный вес γ грунта в естественном состоянии с влажностью W равен:

$$\gamma = \gamma_r (1 + 0,01W) / (1 + e)$$

Объемный вес $\gamma_{\text{оп}}$ грунта, полностью насыщенного водой (вес. грунта брутто), определяется по формуле

$$\gamma_{\text{оп}} = (\gamma_r + \gamma_{\omega e}) / (1 + e) = \gamma_c + \gamma_{\omega} = \gamma_{\text{СК}} + n\gamma_{\omega};$$

Объемный вес γ_c грунта, взвешенного в воде (взвешенный объемный вес грунта), определяется по следующим формулам:

для водопроницаемых грунтов (пески, гравий, щебень, трещиноватые полускальные породы и т.д.)

$$\gamma_B = (\gamma_r - \gamma_{\omega}) / (1 + e);$$

для непроницаемых и слабопроницаемых грунтов (глинистых, монолитных скалистых, супесей, плотных песков и т.д.)

$$\gamma_B = \gamma - \gamma_{\omega} = \gamma_{\text{СК}} - (1 - n)\gamma_{\omega}.$$

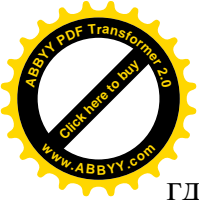
Приведенные здесь способы учета действия грунтовых вод являются далеко не единственными. Также, устойчивость оползневого склона в механике грунтов характеризуется коэффициентом устойчивости K_y :

$$K_y = \frac{\sum F_{\text{сд.}}}{\sum F_{\text{уд.}}}, \quad (31)$$

где $F_{\text{сд.}}$ - сдвигающие силы, а $F_{\text{уд.}}$ - удерживающие. Будем полагать, что при $K_y > 1$ склон неустойчив, а при $K_y < 1$ - устойчив.

Отметим, что гидродинамическое давление в теле оползня можно определить из уравнения нестационарной фильтрации:

$$\frac{\partial H}{\partial t} - K \cdot \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} = 0, \quad (32)$$



где H - функция фильтрационного напора; K - коэффициент фильтрации, причем среда здесь принимается однородно-изотропной.

Собственный вес оползневого склона можно определить, решая уравнение влагопереноса:

$$\frac{\partial W}{\partial t} - D_0 \cdot \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + K_0 \frac{\partial W}{\partial x} = 0, \quad (33)$$

где W - влажность грунта, состоящая из суммы двух видов влажностей - при естественном состоянии и при полном насыщении водой, т.е. $W = W_{ест.} + W_n$; D_0 и K_0 - коэффициенты диффузии и влагопроводности соответственно, которые в целом можно назвать коэффициентами влагопереноса при однородно-изотропной среде.

Найдены решения для уравнений влагопереноса(33) и нестационарной фильтрации (32):

$$a) W(x, t) = C_1 \cdot \exp\left[\frac{(kx - \lambda t) \cdot (k \cdot k_0 - \lambda)}{D_0 \cdot k^2}\right] + C_2; \quad (34)$$

$$b) W(x, t) = \frac{D_0 \cdot \lambda}{k_0} \cdot x - \lambda \cdot t + \frac{D_0}{k_0} \cdot C_2 \cdot \exp\left[\frac{k_0 \cdot x}{D_0}\right] + C_1; \quad (35)$$

$$c) H(x, t) = C_1 + C_2 \cdot \exp\left[-\frac{\lambda}{k \cdot s^2} \cdot (s \cdot x - \lambda \cdot t)\right]; \quad (36)$$

$$d) H(x, t) = \lambda \cdot t + \frac{\lambda}{k} \cdot \frac{x^2}{2} + C_2 \cdot x + C_1, \quad (37)$$

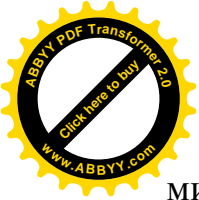
где k, λ, s, C_1, C_2 - постоянные.

В третьем параграфе на основе предложенной общей схемы исследования оползней, рассмотрены задачи прогнозирования активизации оползневых объектов на территории Кыргызстана.

Формирование и активизация оползневых процессов в Кыргызстане определяются сложным геологическим строением склонов, тектоникой, сейсмичностью региона, гидрогеологическими и климатическими условиями, метеорологическими факторами. Активизация оползневых процессов (до 70%) происходит весной во время затяжных дождей, после обильного снеготаяния и при этом эмпирически была отмечена определенная периодичность количества выпадения осадков и активизации оползней.

В качестве практических примеров выбраны оползневые участки в бассейнах рек Яссы, Кугарт, Кара-Дарья, где образуются крупные оползни, причем их активизация характеризуется цикличностью проявления, и для которых имеются достоверные данные многолетних наблюдений.

При изучении влияния общих признаков явлений на другие из цепи признаков, характеризующих данное явление, выбираются два признака: факториальный и результативный. В нашем случае мы располагаем многолетними данными наблюдений за количеством годовых осадков и количеством происшедших оползней за тот же временной интервал. Следовательно, факториальным признаком мы выбираем количество годовых осадков, а в качестве результирующего фактора - количество оползней. Очевидно, что между эти-



ми двумя признаками существует корреляционная зависимость. Данный подход обоснован тем, что атмосферные осадки являются одним из основных факторов возникновения и развития оползней на территории Кыргызстана.

Бассейн р. Кугарт. Для зависимости количества оползней Y от суммарных осадков X предлагается линейная модель:

$$Y(x) = A + b \cdot X \quad (38)$$

где A и b - коэффициенты регрессии, X - независимая случайная величина.

Коэффициенты A и b в общей теории статистики определяются, как известно, методом наименьших квадратов, исходя из условия:

$$Q = \sum_{i=0}^n (Y - A - b \cdot X)^2 = Q_{\min} \quad (39)$$

По результатам расчетов, выполненных для оползней в бассейне р. Кугарт, получены следующие значения коэффициента корреляции:

$$R_{x,y} = \text{cov}[X, Y] / \delta_x \cdot \delta_y = 0,7316 \quad (40)$$

где $-1 \leq R \leq 1$

$$\text{Cov}[X, Y] = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=0}^n (X_i - X) \cdot (Y_i - Y) \quad (41)$$

X , Y - средние значения для X , Y ; n - количество наблюдений, σ_x и σ_y - дисперсия. Тогда уравнение регрессии будет иметь следующий вид:

$$Y = A + b \cdot X = -25,96 + 0,053 \cdot X \quad (42)$$

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы: количество оползней участка р. Кугарт имеет тесную корреляционную связь с количеством суммарных годовых осадков. Атмосферные осадки являются основным фактором активизации оползней для данного оползнеопасного участка.

Бассейн р. Кара-Дарья. По данному оползневому участку серия проведенных численных расчетов показала, что коэффициент корреляции имеет значение:

$$R_{x,y} = \text{cov}[X, Y] / \delta_x \cdot \delta_y = 0,638 \quad (43)$$

Уравнение регрессии в данном случае принимает следующий вид:

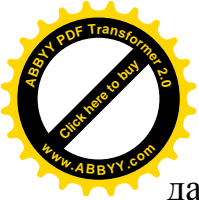
$$Y = A + b \cdot X = -31,46 + 0,054 \cdot X \quad (44)$$

Можно сделать следующие заключения: активизация оползней в бассейне реки Кара-Дарья тесно связана с количеством выпавших годовых осадков и последние выступают как основной фактор активизации оползней на данном оползневом участке.

Бассейн р. Яссы. Проведенный корреляционно-регрессионный анализ показал следующие результаты. Коэффициент корреляции оказался равным:

$$R_{x,y} = \text{cov}[X, Y] / \delta_x \cdot \delta_y = 0,4749 \quad (45)$$

В силу того, что значение коэффициента корреляции оказалось малым и тем самым теснота корреляционной связи - незначительной, то построение уравнения регрессии лишено смысла. Следовательно, для активизации оползней в бассейне р. Яссы атмосферные осадки не играют большой роли и для



данного оползневого участка основную роль в активизации оползней могут играть другие факторы, скорее всего динамика грунтовых вод.

В четвертом параграфе рассмотрены вопросы применения информационных технологий для исследования и прогнозирования оползневых процессов, распространенных в Кыргызстане. Предложенная ИС имеет также практическое значение, позволяет строить прогнозы активизации оползней на основе вышеприведенных методов регрессионного и факторного анализа. ИС содержит обширную базу данных по конкретным оползням, распространенных вблизи населенных пунктов и важных народнохозяйственных объектов и коммуникаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты диссертации сводятся к следующему:

1. Изложены основные факторы, которые обуславливают формирование и развитие оползней в Кыргызстане. Приведены основные типы оползней и их научные классификации. Для оползней, которые имеют распространение на территории Кыргызстана и определяющими факторами которых выступает динамика жидкости, фильтрационные и инфильтрационные процессы, предложен гидродинамический подход к их исследованию и анализу.

2. Рассмотрены основные типы фильтрационных и инфильтрационных течений невязкой жидкости в различных по своему строению средах. Построена общая схема исследования оползневых процессов на основе гидродинамического подхода.

3. Решены краевые задачи стационарной фильтрации жидкости в различных грунтовых средах в двухмерной и трехмерной постановке. Предложены приближенно-аналитические методы решения в автоматической форме, методы малого параметра и разложения в ряд. Найдены решения поставленных задач как для однородных, изотропных, так и для неоднородных и анизотропных сред, и определены основные характеристики фильтрационных течений.

4. Рассмотрены нестационарные течения жидкости при различном строении грунта в оползневых склонах. На основе разработанного приближенно-аналитического метода сначала решаются нестационарные начально-краевые задачи фильтрации жидкости в плоской постановке, далее исследованы начально-краевые задачи нестационарной фильтрации жидкости в пространственной постановке, найдены аналитические решения сформулированных задач.

5. Исследованы инфильтрационные процессы жидкости в оползневых горных склонах, которые могут вызываться такими факторами, как метеорологические условия, снеготаяние и т.д. При гидродинамическом анализе оползневых склонов формулируются начально-краевые задачи одномерной и двухмерной инфильтрации жидкости при различных физико-механических допущениях. В результате аналитического подхода найдены частные решения инфильтрационных задач относительно искомой функции влажности.



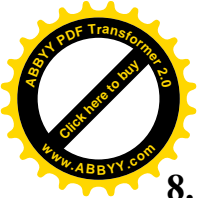
6. Рассмотрены вопросы устойчивости горных склонов против оползания, приведены методики расчета и их схемы. В диссертации предложена методика расчета устойчивости склонов против оползания с учетом гидродинамических процессов в оползневых склонах.

7. Формулируются и решаются задачи прогнозирования активизации оползней, распространенных на территории Кыргызстана. Для постановки и решения прогнозных задач применяется теория корреляционно-регрессионного анализа и временных рядов. Предложены линейные и нелинейные модели, а также вычислительные алгоритмы для прогноза активизации оползней.

8. Для исследования и прогнозирования оползней, распространенных в Кыргызстане, разработана и создана информационная система, которая содержит базы данных по оползням, данные геологических наблюдений, математические и прогнозные модели, вычислительные алгоритмы и процедуры.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Бексултанов Ж.Т. Көчкү беттериндеги стационардык эмес фильтрациянын баштапкы - четки маселелерин жакындаштырылган - аналитикалык эсептөө [текст] /Ж.Т. Бексултанов, Б.И. Бийбосунов, М.У.Уметалиев.// Журнал «Наука и новые технологии». - № 9. – Бишкек.- 2011. – С.3-7.
2. Бексултанов Ж.Т. Тоо беттериндеги суюктуктун стационардык фильтрациясынын четки маселелеринин чыгарылышы [текст] / Ж.Т.Бексултанов, Б.И. Бийбосунов.//Журнал «Наука и новые технологии».- № 9.–Бишкек. -2011. – С.11-14.
3. Бексултанов Ж.Т. Көчкү жүрүүгө каршы жантайма беттин туруктуулугун эсептөө маселеси [текст] / Ж.Т. Бексултанов, Б.И.Бийбосунов, А.Б. Чечебаев.// Журнал «Известия ВУЗов». - № 5.– Бишкек.- 2012. – С. 10-13.
4. Бексултанов Ж.Т. Фильтрациондук жана инфильтрациондук процесстердин негизги теңдемелери жана алардын чыгарылыштары [текст] / Ж.Т. Бексултанов.// И.Арабаев атындагы КМУ жарчысы. -№1. – Бишкек. -2012. – С.76-79.
5. Бексултанов Ж.Т. Кыргызстандын түштүк аймагында таралган көчкүлөрдү прогноздоо үчүн корреляциялык-регрессиялык анализдин методдору [текст] / Ж.Т. Бексултанов // Журнал «Наука и новые технологии». - №1. - Бишкек. – 2013. – С.10-14.
6. Бексултанов Ж.Т. Жер көчкү беттериндеги суюктуктун бир өлчөмдүү инфильтрациясын эсептөө [текст] / Ж.Т. Бексултанов, Б.И.Бийбосунов, М.У. Уметалиев. // Сб.: Современные проблемы механики сплошных сред. Вып. 17.– Бишкек.-2013. – С. 19-26.
7. Бексултанов Ж.Т. Бир тектүү – анизотропттуу чөйрөдөгү стационардык эмес үч өлчөмдүү фильтрациянын маселелерин катарлардын жардамы менен чыгаруу [текст] /Ж.Т. Бексултанов, Б.И. Бийбосунов, М.У.Уметалиев.// Сб.: Современные проблемы механики сплошных сред. Вып.17. - Бишкек. - 2013. - С. 76-81.



8. Бексултанов Ж.Т. Информационная система «Оползни Кыргызстана» [текст] / Ж.Т. Бексултанов, Б. И. Бийбосунов, К.С. Ачекеев. // Патент на базу данных. - Бишкек. - 2013. №20130002.7
9. Бексултанов Ж.Т. Кыргызстандагы көчкүлөрдү анализдөө жана прогноздоо үчүн маалыматтык технологияларды колдонуу [текст] / Ж.Т. Бексултанов, Б.И. Бийбосунов. // Интернет журнал ВАК КР. - Бишкек. -2013.
10. Бексултанов Ж.Т. Кыргызстандын аймагындагы көчкү процесстеринин фильтрациялык жана инфильтрациялык факторлору [текст] /Ж.Т. Бексултанов, М. У. Уметалиев.// Вестник КГУ им И. Арабаева. -Бишкек.- 2013. - С.265-268.
11. Бексултанов Ж.Т. Решение уравнения фильтрации жидкости в неоднородной среде с помощью ряда [текст] / Ж.Т. Бексултанов // Журнал «Поиск – Изденіс». Серия естественно-технических наук. - №2. - Алма-Ата. -2013. – С.140-145.

РЕЗЮМЕ

диссертационного исследования Бексултанова Жениша Тункатаровича на тему **«Методы математического моделирования для анализа и прогноза оползней гидродинамического типа на территории КР»** на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Ключевые слова: оползень, оползневые склоны, жидкость, фильтрация, инфильтрация, стационарное и нестационарное уравнение, однородная и неоднородная среда, изотропная и анизотропная среда, устойчивость горных склонов, корреляционный, регрессионный и факторный анализ.

Объект и предмет исследования: гидродинамические явления и процессы, происходящие в оползневых горных склонах. Исследуются основные факторы формирования, развития и активизации оползней с точки зрения теории гидродинамики. В связи с этим рассматриваются основные классы фильтрационных и инфильтрационных потоков грунтовых вод в оползневых склонах и их воздействие на устойчивость горных склонов против оползания.

Основные цели: исследование основных оползнеобразующих факторов, построение и решение математических моделей фильтрации и инфильтрации грунтовых вод в оползневых склонах, разработка методик расчета устойчивости оползневых горных склонов против оползания.

Основные результаты работы были опубликованы в научных работах, которые приведены в конце автореферата.

Использование результатов исследований. Показаны роль и значение фильтрации и инфильтрации жидкости в процессах возникновения, развития и активизации оползней. Предлагается методика определения устойчивости оползневых склонов. Результаты диссертационного исследования дают возможность разработать конкретные меры снижения опасности оползневых процессов на территории страны.



Область применения. Результаты исследования могут быть использованы для мониторинга оползней, в геологии, в сферах, связанных с вопросами безопасности населения, важных народно-хозяйственных объектов, населенных пунктов и т.д.

Бексултанов Жениш Тункатаровичтин 01.02.05 – суюктуктардын, газдардын жана плазмалардын механикасы адистиги боюнча физика – математика илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган «**КРнын аймагындагы гидродинамикалык тибиндеги жер көчкүлөрдү анализдөө жана прогноздоо үчүн математикалык моделдөө методдору**» аттуу диссертациялык изилдөөсүнүн

КЫСКАЧА МАЗМУНУ

Негизги сөздөр: көчкү, көчкү бети, суюктук, фильтрация, инфильтрация, стационардык жана стационардык эмес теңдеме, бир тектүү чөйрө, бир тектүү эмес чөйрө, изотропттуу жана анизотропттуу чөйрө, тоо беттеринин туруктуулугу, корреляциялык, регрессиялык жана фактордук анализ.

Изилдөө объектилери: көчкү жүрүүчү тоо беттериндеги, гидродинамикалык кубулуштар жана процесстер эсептелет. Гидродинамика теориясынын көз карашы боюнча көчкүлөрдүн калыптануу, өнүгүү жана активтенүү негизги факторлору изилденет. Ушуга байланыштуу, көчкү беттериндеги жер алдындагы суулардын фильтрациондук жана инфильтрациондук агымдарынын негизги класстары жана алардын көчкү жүрүүгө каршы тоо беттеринин туруктуулугуна тийгизген таасири каралган.

Изилдөөнүн негизги максаттары: көчкү жаратуучу негизги факторлорду изилдөө, көчкү беттериндеги тектердеги суулардын фильтрациясынын жана инфильтрациясынын математикалык моделдерин түзүү жана чыгаруу, көчкүлүү тоо беттеринин көчкү жүрүүгө каршы туруктуулугун эсептөө методикасын иштеп чыгуу эсептелет.

Изилдөөнүн негизги жыйынтыктары: негизги жыйынтыктары илимий иштерде жарыяланган, алардын негизги бөлүгү диссертациянын аягында адабияттардын тизмесинде келтирилген.

Изилдөөнүн жыйынтыктарын колдонуу: көчкүлөрдүн пайда болуу, өнүгүү жана активтенүү процесстериндеги суюктуктун фильтрациясынын жана инфильтрациясынын ролу жана мааниси көргөзүлгөн. Көчкү беттеринин туруктуулугун аныктоо методикасы сунушталган. Диссертациялык изилдөөнүн натыйжалары, өлкөбүздүн аймагындагы көчкү кубулуштарынын коркунучун азайтууга, конкреттүү чараларын иштеп чыгуу мүмкүнчүлүгүн берет.

Колдонуу областы: Изилдөөнүн жыйынтыктары калктын, калк жашаган жерлердин, маанилүү элдик – чарбалык ж.б. объектердин коопсуздугу маселеси менен байланышта болгон чөйрөлөрдөгү, геологиядагы көчкүлөргө байкоо жүргүзүү үчүн колдонууга болот.



RESUME

dissertation research of Beksultanov Jenish Tunkatarovich on the subject
"Methods of mathematical modeling for analysis and forecast of landslides of the hydrodynamic type KR territory)" on competition of a scientific degree of the candidate of physical and mathematical sciences in the specialty 01.02.05 –
Mechanics of liquid, gas and plasma

Key words: landslide, landslide slopes, liquid, filtration, infiltration, stationary equation, non-stationary equation, homogeneous environment, non-uniform environment, isotropic and anisotropic environment.

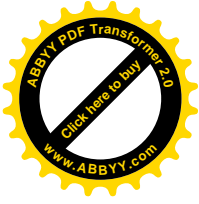
Objects of research: the hydrodynamic phenomena and the processes happening in landslide hillsides. Major factors of formation, development and activation of landslides from the point of view of the hydrodynamics theory are investigated. In this regard the main classes of filtration and infiltration streams of ground waters in landslide slopes and their impact on stability of hillsides against sliding are considered.

The main objectives of the research: research of the main a landslide forming factors, construction and the solution of mathematical models of a filtration and an infiltration of ground waters in landslide slopes, development of method of calculation of stability of landslide hillsides against sliding.

The basic results of work: were published in scientific works which are given in the end of abstract.

Use of results of researches: Shown the role and value of a filtration and liquid infiltration in processes of emergence, development and activation of landslides. Offered the technique of determination stability of landslide slopes. Results of dissertation research give the chance to develop concrete measures of decrease in danger of landslide processes in the territory of the country.

Scope: Results of research can be used for landslides monitoring in geology, in the fields, connected with the security of the population, important agricultural schemes, rural areas and etc.





Компьютерная верстка: Нуржан уулу Айбек
Бумага офсет. Формат 60*84 1/16
Объем 3 п.л. Тираж 105 экз.

Отпечатано в типографии ЧП «Белеков»
г. Бишкек, Семфинопольский 87.
тел.: +996 (772) 12 02 93

