

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ
ԱԿԱԴԵՄԻԱ

ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ ԴՄԻՏՐԻ ԳԵԴԱՄԻ

ԵՌԱԶԱՓ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ ՍՈՂԱՆՔԱՅԻՆ ՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ
ՇՐՋԱՆԱՅՄԱՆ ՄԵԹՈԴ ԸՍՏ ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ԳՈՐԾԱԿՑԻ
(Հաղարծին, Հարությունյան, Ջրվեժ տեղամասեր, ՀՀ)
ՍԵՂՍԱԳԻՐ

Ի.Դ. 01.01-«Ընդհանուր երկրաբանություն» մասնագիտությամբ
երկրաբանական գիտությունների թեկնածուի զիտական աստիճանի
հայրցման ատենախոսության

ԵՐԵՎԱՆ 2014

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

АРАКЕЛЯН ДМИТРИЙ ГЕГАМОВИЧ

МЕТОД РАЙОНИРОВАНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПО
КОЭФФИЦИЕНТУ УСТОЙЧИВОСТИ В ТРЕХМЕРНОЙ СРЕДЕ

(участки Агарцин, Арутюнян, Джрвеж, РА)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации по специальности 24. 01.01. Общая геология
на соискание ученой степени кандидата геологических наук

Ереван 2014

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ

Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում

Գիտական ղեկավար՝ երկրաբ.-հանք. գիտ. թեկնածու Յաղոյան Ռ. Բ.
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ երկրաբ. գ. դոկտոր Հայրոյան Ս. Հ.
Երկրաբ.-հանք. գիտ. թեկնածու Բաղդասարյան Հ. Ռ.
Առաջատար կազմակերպություն՝ ԱԻՆ ՍՊԾ Հյուսիսային
գործակալություն

Պաշտպանությունը կկայանա 2014թ. սեպտեմբերի 18-ին, ժամը 13⁰⁰, ՀՀ
ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում գործող թ. 054
մասնագիտական խորհրդի նիստում:

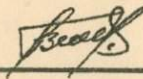
Հասցեն՝ 0019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյան պող., 24ա:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ գրադարանում և
ԵԳԻ կայք-էջում:

Սեղմագիրն առաքված է 2014թ. օգոստոսի 7-ին:

054 Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,
Երկրաբ.-հանք.գիտ. թեկնածու

Շահինյան Հ.Վ.



Тема диссертации утверждена в Институте Геологических Наук НАН РА.

Научный руководитель кандидат геол.-мин. наук Ядоян Р. Б.

Официальные оппоненты доктор геол. наук Айроян С.Г.

кандидат геол.-мин. наук Багдасарян Г.Р.

Ведущая организация Северный департамент ССЗ МЧС

Защита состоится 18 сентября 2014г. в 13⁰⁰, на заседании специализированного
совета 054 при Институте геологических Наук НАН РА.

Адресс: 0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а.

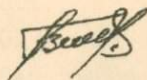
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на веб-странице ИГН.

Автореферат разослан 7-ого августа 2014г.

Ученый секретарь Специализированного совета 054,

кандидат геол.-мин. наук.

Шагинян Г.В.



ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Для горных и предгорных регионов Армении, которые занимают свыше 70% всей территории, характерно проявление опасных экзогенных процессов: оползней, обвалов, камнепадов, селей и др. По данным УЧС РА активизация оползневых процессов на территории страны ежегодно наносит экономический ущерб в размере 10млн. долларов США.

Известны оползни, наносящие вред экономике Республики, такие как: оползень в районе с.Агарцин, нарушивший в 1993г. важнейшие железнодорожные артерии республики; оползень по ул.Арутюнян в г.Капане в 1994г., унесший четыре человеческие жизни, Хосровские оползни в Араратской области РА в 2007г., Агаракадзорский в Вайоц Дзорской области (2007г.), Дпрабакский, Айгутский, Гандзакарский (2008г.) и др..

В качестве тестовых объектов исследования использованы натурные склоны ряда областей РА (Котакской, Сюникской и Тавушской). Рассматриваемые оползни отличаются как по механизму смещения, так и по структурно-литологическому строению.

Цель диссертационной работы

Настоящая работа ставит своей целью разработку методики комплексной качественной и количественной оценки оползнеопасных территорий, на основе районирования коэффициента устойчивости в трехмерном пространстве, оценки структуры, механизма и динамики оползневого процесса.

Задачи исследования

Выявление и реализация следующих основных положений:

- формирование классификационной схемы оползнепроявления по механизму смещения применительно к горно-складчатым условиям;
- разработка метода региональной оценки пораженности территорий, с целью расчета ущерба наносимого оползневыми процессами;
- выявление причин и факторов, способствующих снижению показателей устойчивости грунтового массива.
- разработка и тестирование модели ГИС, расчета трехмерного коэффициента устойчивости грунтовых масс оползневых склонов на основе полевых и лабораторных исследований геотехнических параметров грунтов;
- реализация районирования оползневых территорий по коэффициенту устойчивости и рассмотрение прогнозных вариантов динамики и механизма смещения, с учетом изменения геотехнических условий;



- рекомендации противооползневых мероприятий, с обоснованием расчетных показателей устойчивости.

Объект и предмет исследования

Основными объектами исследований являются оползневые блоки Агарцин, Арутюнян и Джрвеж Тавушской, Сюникской и Котайкской областей РА.

Предметом исследований являются методы расчета трехмерного коэффициента устойчивости на тестовых объектах.

Направление исследований

Усовершенствование методов расчета коэффициента устойчивости оползневых территорий в трехмерном пространстве.

Методы исследований

В процессе исследований были разработаны и усовершенствованы методы: ГИС моделирования, математические, дистанционного зондирования, сравнительные и другие. Расчетно-аналитические исследования осуществлялись путем анализа топографических карт, цифровых моделей рельефа, расчетных схем математических моделей и интерпритации полевых и архивных материалов.

Защищаемые положения

На защиту выносятся следующие положения:

1. Формирование принципов классификации механизмов смещения оползнеопасных склонов горно-складчатых территорий и региональной качественной оценки пораженности территорий методами моделирования в среде ГИС.
2. Математическое обоснование теории расчета коэффициента устойчивости в трехмерной среде, основанное на учете комплекса геотехнических факторов и природных условий, дестабилизирующих склон.
3. Методика качественной и количественной оценки оползневых и оползнеопасных территорий природно-техногенной среды с помощью трехмерной расчетной модели.
4. Обоснование принципа районирования оползневых территорий по коэффициенту устойчивости с целью качественной оценки развития оползневого процесса.

Научная новизна

1. Сформированы требования по оценке механизмов и факторов смещения склоновых накоплений на основе расчетно-аналитических исследований и принципов подобия применительно к горно-складчатым территориям Армении.
2. Предложен метод региональной оценки условного ущерба на основе моделирования пораженности склонов оползневыми процессами в системе ГИС.

3. Разработан ряд моделей, позволяющих рассчитывать устойчивости оползневых склонов в трехмерном пространстве.

4. Выработан подход выявляющий причины возникновения и активизации оползневого процесса.

5. На основе расчета трехмерного коэффициента устойчивости реализовано районирование оползневых склонов по степени устойчивости.

Практическая ценность

1. Разработаны комплексные схемы поэтапной оценки оползнеобразования с целью разработки эффективных мероприятий по инженерной защите геологической среды.

2. Предложена классификация оползней по механизму смещения применительно к горным территориям Республики Армения.

3. Осуществлена региональная качественная и количественная оценки прогнозного условного ущерба от оползнеобразования, методом ГИС моделирования и картирования пораженности территории оползневыми процессами, на примере бассейна р.Агстев РА.

4. Разработан комплексный метод оценки устойчивости оползневых процессов, основанный на математическом моделировании и 3D графо-аналитическом построении геометрии склона.

5. Разработан метод районирования оползневых территорий и рекомендован к применению в проектах Министерствах Градостроительства, Транспорта, МЧС РА.

6. Рекомендуемые методы реализованы на трех тестовых оползневых участках РА.

Реализация результатов

Результаты работы были использованы в разработке мероприятий по инженерной защите территории от оползневых процессов на участке по улице Арутюнян в г. Капане, территории поселка Хндзурт, ряда инженерно-геологических заключений.

Результаты нашли отражение так же в НТО Министерства Градостроительства РА

- АрмНИИС и ЗС “Научно-методическое и информационное обеспечение долгосрочной Программы Защиты территории РА от опасных экзогенных процессов”(1998г.)

- ԱՅՍԵՅՍՄԵԽՆ ԵՎ ԿՊ ՁՀԻ» ԲԲԸ “Разработка проектно-сметной документации противооползневых мероприятий территории поселка Хндзурт г.Ванадзор Лорийской области РА”. (2010г.)

Апробация работы

Работа была обсуждена на:

- Конференции «Երկրաբանության եւ աշխարհագրության ժամանակակից հիմնախնդրերը» ЕГУ 29.10.2008г.

- Семинаре лаборатории опасных геологических процессов ИГН НАН РА 14.09.2011г.

- Ученном совете ИГН НАН РА 15.11.2011 и 22.05.2014гг

Количество публикаций

По представленной теме были опубликованы 14 статей и одна монография.

Структура и объем диссертации

Работа состоит из введения, 5 глав и заключения, 140 наименований списка использованной литературы (из которых 3 на армянском, 118 на русском, 19 на английском) общим объемом 153 страниц машинописного текста, 49 рисунков, 10 таблиц, 13 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА I. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В разделе представлен обзор изученности инженерно-геологических условий в аспекте проявления и активизации опасных экзогенных процессов РА. Проанализированы особенности деформирования склонов оползнями различного механизма, как основа оценки устойчивости территорий. Исследования показали, что более 80% оползней республики расположено в интервалах от 1000 до 2500 м над уровнем моря. Разработана схема классификации оползневых процессов горноскладчатых территорий по механизму смещения применительно к РА.

ГЛАВА II. МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ, ПРОГНОЗА И ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИЙ, ПОРАЖЕННЫХ ОПОЛЗНЕВЫМИ ПРОЦЕССАМИ

В данной главе рассматриваются методы оценки оползневых процессов и обосновывается выбор математического моделирования. Предлагается к внедрению схема этапов программной оценки устойчивости оползневых склонов.

Особое внимание уделено региональной оценке используемых территорий, на основе расчета коэффициента пораженности (K_p) территорий оползневыми

процессами, который выражается в отношении площадей оползневых тел к площади склонов ($K_p = \frac{Sa + Sb + Sc}{S}$). В данной работе разработана и реализована модель, рассчитывающая (K_p) склонов, созданная на основе ArcGIS с целью картирования территорий по (K_p) (на примере бассейна р.Агстев) и расчета условного ущерба. Целью, моделирования территории по K_p , является оценка ущерба хозяйственным объектам. Определение ущерба, сводится к расчету возможных потерь населения, ущербов, наносимым всевозможным сооружениям, объектам жизнеобеспечения, сельскохозяйственным угодьям и т.д. по следующей формуле.

$$У(j) = У1 + У2 + Увфп$$

где: $У(j)$ - расчетный ущерб, j – степень повреждения здания (от I по III категории), $У1$ –ущерб от повреждения объекта, $У2$ –ущерб от потерь личного имущества, $Увфп$ -ущерб от вторичных поражающих факторов, вызванных оползнем.

По данным расчетной модели коэффициента пораженности, суммарный условный ущерб от оползневых процессов на территории бассейна р.Агстев на 2011г. составляет 1746.8 млн. драм.

ГЛАВА III. РЕКОМЕНДУЕМАЯ МЕТОДИКА И СТРУКТУРНО-ПРОГРАММНОЕ ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ КАЧЕСТВЕННОЙ И КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНОК, МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗА ОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Третья глава посвящена моделированию трехмерного коэффициента устойчивости оползнеопасных склонов с целью выявления динамически активных зон в теле оползня и сопредельных территорий на склоне.

Построение трехмерных (3D) геологических моделей, позволяет комплексно оценить внутреннее строение оползневого склона. Программное обеспечение ГИС дает возможность в одной базе данных хранить и визуализировать все имеющиеся данные об исследуемой территории. Использование ГИС программ делает общедоступными результаты моделирования для решения самого широкого круга инженерно-геологических задач.

Решение столь актуальных задач возможно только с помощью методов трехмерного компьютерного моделирования, которое открывает новые возможности в понимании механизма процесса, оценки его объема и динамики развития в пространстве и во времени.

Для решения вопроса 3D устойчивости, необходимо учитывать геотехнические параметры всего объема грунтовой массы и неоднородность фильтрационных и деформационных свойств.

Основу моделирования 3DKy оползнеопасных территорий, составила разработка алгоритма расчетной модели, а также комплексная интерпретация полевых и лабораторных данных.

Результаты, полученные в работе на основе построения детальных 3D инженерно-геологических моделей склонов, позволяют выявить направления развития оползневого процесса, рекомендовать оптимальный режим эксплуатации склона и на основе выявления доминирующих факторов, дестабилизирующих грунтовые массы и спрогнозировать активизацию процесса.

Учитывая, что основной задачей исследований оползней в данной работы является не только выявление оползневой опасности территории, но и оценка риска активных блоков, посредством выделения зон динамической активности оползневого процесса в теле самого оползня. В основу модели заложен анализ информационного поля банка данных, учитывающего все физико-географические и механические параметры оползневого смещения, в виде функций, реализованных нами с помощью программного обеспечения ArcGIS 9.3, используя Model builder и ряд его модулей. Для реализации поставленной задачи была разработана математическая основа, учитывающая комплекс необходимых для расчета параметров.

При отсутствии грунтовых вод, с учетом сейсмических воздействий коэффициент устойчивости склона рассчитывается по следующей формуле:

$$3DKy = \frac{\sum_y cA + (((Z - z)A)\gamma) \cos \alpha - Kc \sin \alpha \tan \varphi + ((Z - z)A)\gamma \cos \alpha}{\sum_y (((Z - z)A)\gamma) \sin \alpha + ((Z - z)A)\gamma \cos \alpha} \quad (1)$$

А при наличии грунтовых вод и учета сейсмических воздействий рассчитывается по формуле (2):

$$3DKy = \frac{\sum_y cwA + (((Z - z)A)\gamma sb) \cos \alpha - Kc \sin \alpha \tan \varphi w + ((Z - z)A)\gamma sb \cos \alpha}{\sum_y (((Z - z)A)\gamma sb) \sin \alpha + ((Z - z)A)\gamma sb \cos \alpha} \quad (2)$$

где: Z - абсолютная высота поверхности оползня (м), z -абсолютная высота зеркала скольжения (м), A - площадь зеркала скольжения каждой колонки (м^2), γ_{sb} -плотность грунта при полном водонасыщении (г/см^3), c_w – сцепление грунта при полном водонасыщении (кг/см^2), ϕ_w – параметр угла внутреннего трения грунта при полном водонасыщении (град), c -сцепление грунта при естественной влажности (кг/см^2), ϕ - угол внутреннего трения при естественной влажности (град), γ - плотность грунта при естественной влажности (г/см^3), K_s - коэффициент сейсмичности, α -угол наклона зеркала скольжения (град).

В системе ArcGIS расчет трехмерного коэффициента устойчивости реализован посредством моделирования представленных формул методом колонки и интерполяции геотехнических параметров. Данное положение предоставляет возможность прогнозировать конфигурацию оползневого тела с показателями 3DKy при дальнейшем развитии оползневого процесса.

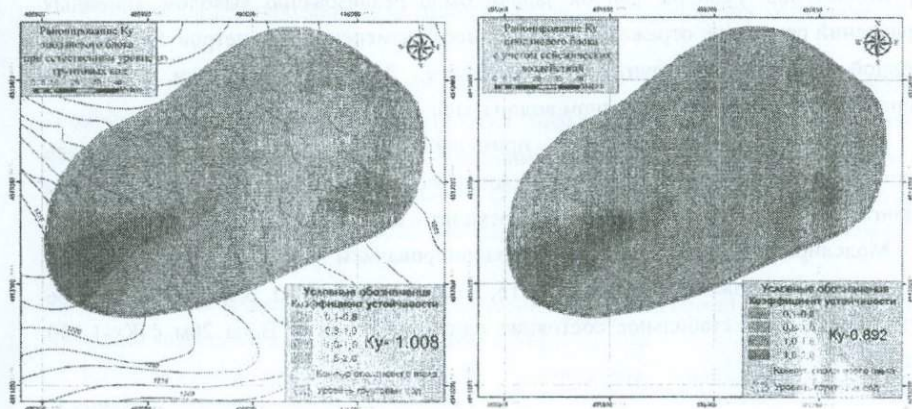


Рисунок 1. Районирование оползневого тела по коэффициенту устойчивости

В качестве практического примера расчета и оценки устойчивости природно-технической системы была выбрана территория активного склона в районе г.Дилижан Тавушской области РА, пораженной оползневом процессом. Расчет выявил устойчивость территории оползневого блока со средним показателем 3DKy-1,008. Районирование территории блока проводилось по принятой градации K_y : <0.8 , $0.8-1.0$, $1.0-1.5$, $1.5>$, и представлена следующим соотношением пораженности территории: весьма неустойчивая зона 7769м^2 (45.2%), неустойчивая 2812м^2 (16.4%), устойчивая 4212м^2 (24.5%), весьма устойчивая 2387м^2 (13.9%). Данные получены результатом обработки 17180 пикселей или квадратных метров площади оползневого тела, модулями 3D Analyst и Geostatistical Analyst.

Распределение коэффициента устойчивости в теле оползня, позволяют выделить зоны динамической активности (а) без сейсмических воздействий и б) с учетом сейсмике) (рис.1).

С учетом сейсмических воздействий (коэффициент сейсмичности 0,1), устойчивость понижается до значения 0,892.

Важной задачей в вопросе устойчивости оползневой территории является выявление причин и основных факторов активизирующих процесс, по двум основным положениям: а) влияние гравитации, б) влияние грунтовых вод.

Для натурной оценки устойчивости оползневой территории, были использованы данные физико-механических параметров определенные лабораторными методами. Однако для прогнозирования устойчивости оползневых территорий, необходимо в расчетах учитывать изменение сдвиговых параметров при увлажнении грунтов в зоне скольжения, а именно параметров ($\text{tg}\phi$, c) при условии повышения уровня грунтовых вод. Решение данной задачи было реализованно выводом линейных уравнений регрессий, отражающих зависимость изменения параметров $\text{tg}\phi$ и C при полной влагоемкости грунта в зоне сдвига. Данные зависимости изменения параметра плотности γ при полном водонасыщении определялись расчетом.

Полученные уравнения были применены в разработанной модели для прогнозирования устойчивости при условии повариантного водонасыщения зоны сдвига, при котором оползневое тело переходит в стадию активизации.

Моделирование реализовывалось районированием оползневого блока в 8 вариантах расположения УГВ (+5, 10, 15, 20 и -5, 10, 15, 20м). В итоге, оползневое тело приобретает стабильное состояние при понижении УГВ на 20м с $K_u=1.139$ (таб. 1).

Таблица 1.

Анализ результатов изменения коэффициента устойчивости оползневого тела при вариациях уровня грунтовых вод

Показатель K_u	Уровень грунтовых вод (УГВ)
0.942	Повышенный на 5м
0.912	Повышенный на 10м
0.895	Повышенный на 15м
0.884	Повышенный на 20м
1.066	Пониженный на 5м
1.095	Пониженный на 10м
1.118	Пониженный на 15м
1.139	Пониженный на 20м

Для решения вопроса устойчивости всего склона было принято условие предположенной ситуации, а за зеркало скольжения, принят контакт в зоне подошвы второго (нижнего) литологического слоя с коренными образованиями. Расчет устойчивости склона выявил среднее значение K_u склона 1.984 (рис. 2).

Рисунок 2. Районирование оползневого склона по коэффициенту устойчивости

Моделирование сейсмическими воздействиями, основанное на расчетах устойчивости с различными параметрами бальности, выявили ситуацию при которой склон переходит в активное состояние, соответствующее землетрясению в 6 баллов. В данной ситуации устойчивость склона оценивается $K_u=0.852$ и достигает минимального значения $K_u=0.772$, при варианте 12 балльного землетрясения при $K_c=0.75$.

При полном водонасыщении склона устойчивость оценивается в 1.855, а при осушении зоны сдвига достигает значения 2.511.

Из этого следует, что варьирование УГВ и сейсмические воздействия выявляют следующие причины:

- подтопление не является доминирующим фактором способствующим образованию оползневых процессов.
- основной причиной сдвига склоновых масс являются сейсмические воздействия, с минимальным показателем $K_c=0.1$ (6 баллов).

Прогноз развития оползневой массы, основывался на наложении зон устойчивости ЗДКу оползневой массы и оползневой склона. В результате рассмотрения прогнозных сценариев, выявляется следующая ситуация: Ку оценивается показателем 1,176. Результаты сопоставления расчетов ЗДКу оползневой массы и склона, позволяют считать достоверным прогноз дальнейшего развития склонового процесса.

Апробация модели оценки и прогноза устойчивости склонов была проведена на тестовых оползневых участках “Агарцин”, “Арутюнян”, “Джрвеж” (Гавушской, Сюникской и Котайкской областей РА).

ГЛАВА IV. РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМОГО МЕТОДА КАЧЕСТВЕННО - КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗА УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ НА ТЕСТОВЫХ УЧАСТКАХ

В четвертой главе приводятся результаты экспериментальных исследований, реализованных на тестовых участках.

Оползневой участок Агарцин. Для реализации, предложенного качественно-количественного метода по оценке активности и прогнозу развития, были использованы материалы инженерно-геологических изысканий прошлых лет и результаты исследований автора.

Оползневое тело имеет длину 270 м, в ширину – 300 м, площадь, охваченная процессом, составляет 82000 м², объем оползневой массы достигает 2184000 м³.

С целью обоснования результативности методики, расчет ЗДКу ориентировался как на прошлое, так и на нынешнее состояние, что позволяет спрогнозировать дальнейшее развитие оползневой процесса. Расчеты ориентировались на:

- тестирование рекомендуемой модели в натурных условиях,
- выявление условий и причин дестабилизирующих склон,
- оценку качественного и количественного прогноза возможного развития процесса,
- выбор опасных территорий для реализации противооползневых мероприятий.

Таблица 2

Анализ вариации показателей устойчивости оползневой участка “Агарцин” при поэтапном подтоплении.

Показатель Ку	Уровень грунтовых вод (УГВ)
0.973	Зафиксированный уровень грунтовых вод
0.836	Повышенный на 5м
0.826	Повышенный на 10м
0.82	Повышенный на 15м

Оползневой участок "Агарцин" по механизму проявления можно отнести к блоковому оползню сдвига. В расчетах были использованы расчетные параметры физико-механических свойств грунтов, а также учтен весь комплекс факторов, создающих негативные условия для развития склонового процесса. Расчет 3DKy всего оползневого тела по положению на 2013г. выявил следующую ситуацию.

Средний показатель K_u составляет 0,93 с учетом сейсмических воздействий и 0,973 без ($K_c=0,1$). Прогнозирование оползневого процесса, по предлагаемой методике, основывается на определении степени влияния колебаний уровня грунтовых вод на изменения показателей сцепления (c), угла внутреннего трения (ϕ) в зоне смещения. По исходным данным получены графики зависимости сдвиговых параметров грунтов ($\tan\phi$, c) от их влажности, и соответствующие линейные уравнения регрессии, позволяющие оценить устойчивость территории при подтоплении (таб. 2).

За 20 лет развития оползневого процесса было разрушено 31 строение, 270 метров железно-дорожного полотна и 180 метров трассы Дилижан-Иджеван. Языковая часть оползня, за двадцатилетний период сместилась на 110 метров, что привело к перемещению русла р.Агстев на 60 метров. Наблюдая за тенденцией развития процесса, можно прийти к заключению, что за последующие 3-4 года оползневой массой не только будет перекрыта единственная автодорога, связывающая северные населенные пункты Тавушского марза со столицей РА, но и создастся запруда р.Агстев, что приведет к катастрофическим последствиям.

В случае понижения грунтовых вод на 5 и 10м, с учетом сейсмических воздействий, склон стабильность не приобретает, а K_u достигает значения 0.933 и 0.951, что незначительно превышает натурное значение K_u 0.973. А при варианте отсутствия сейсмических воздействий (при варианте УГВ -5 и -10м), устойчивость склона достигает значения 1.055 и 1.075.

Прогнозируя динамику развития процесса можно прийти к заключению, что оползневой блок при определенной степени водонасыщения и последующего разуплотнения грунтов непременно перейдет в стадию активности

Качественный и количественный прогноз развития оползневого процесса методом сопоставления результатов расчета склона и оползневого тела доказывает, что процесс будет развиваться вверх по склону, т.е. по направлению древнего оползневого тела, берущего свое начало от озера Парз Лич. По результатам работ 2005 г., был выявлен и закартирован ряд скарпов и активных зон смещения, территориально совпадающих с прогнозируемыми зонами активизации на оползневом склоне (таб. 3).

Таблица 3

Натурные и прогнозируемые состояния параметров оползневого блока участка “Агарцин” с оценкой возможных прогнозируемых параметров ущерба

Параметры оползня и наносимого ущерба	Единица измерения	Началь ная стадия	Промеж точная	Натур ное	Прогн озное
		1993г	2005- 2011гг	2013г	2014- 2016гг
Площадь оползневого тела	га	41.5	49.8	67.2	74.8
Величина смещения	метр	17	60	110	165
Постройки	кв.метр	1570	2866	2866	14541
Автомобильные дороги	кв.метр	3513	3513	3513	13853
ж/д полотно	метр	267	267	273	318

Оползневой участок по ул. Арутюнян в г.Капане расположен в ЮВ части г.Капана, на расстоянии 250-300 м от железнодорожного вокзала. Оползневое тело длиной 290 м, шириной-90 м относится к сейсмогенно-блоковому типу.

Площадь, охваченная оползне-обвальными процессами, составляет 46400 м², объем оползневых и обвальных накоплений - 530000 м³. С помощью предлагаемой методики была проведена оценка состояния склона по позициям: а) определение трехмерного Ку. б) анализа причин и условий активизации процесса. в) прогнозирование развития процесса.

Результатами трехмерного моделирования по предлагаемой методике, устойчивость оползневого блока в различные годы (1996, 2005, 2010гг.) оценивается Ку 0.939, 0.931, 1.015. Сопоставление результатов ситуации на 1996г. Ку двухмерной модели с показателем 0.867 и трехмерной с Ку-0.939 фиксирует схожесть результатов расчетов с расхождением всего на 8%, что обосновывает правомерность использования предлагаемого метода.

Для выявления неустойчивых территорий вне оползневого участка, расчетной моделью был получен 3ДКу всего оползневого склона при условии варьирования параметрами физико-механических свойств грунтов и уровня грунтовых вод. Аналогично участку “Агарцин”, был проведен подробный анализ выявления доминирующего фактора, дестабилизирующего склон.

Расчеты выявили, что неустойчивые территории склона составили площадь в 30га от общих 68га всего склона и охватывают восточные и западные территории. Факторами дестабилизирующими склон являются территории с большим уклоном палеорельефа и наличием грунтов с низкими параметрами угла внутреннего трения. Устойчивые территории расположены в центральной зоне склона и в его нижней части. Средний показатель K_u склона оценивается в 1,449.

Неустойчивые территории склона распространяются с юго-запада на северо-восток, полностью охватывая весь оползневой массив. Это объясняется разуплотненностью масс грунтов, их малым сцеплением и низким показателем (15^0 - 17^0) угла внутреннего трения, а также большой крутизной склона (25^0 - 28^0) и угла падения зоны смещения (более 20^0).

Прогнозирование оползневого процесса, тестового участка, основывалось на определении степени влияния уровня грунтовых вод на вариации показателей сцепления (c), угла внутреннего трения (ϕ) в зоне смещения. С этой целью были получены графики зависимости сдвиговых параметров грунтов ($tg\phi$, c) от их влажности, и соответствующие линейные уравнения регрессии. Анализ результатов расчетов устойчивости, при подтоплении грунтов в зоне сдвига до 7м от исходного уровня грунтовых вод, выявил ситуацию при которой оползневое тело переходит в активное состояние с показателем K_u 0,864. Развиваясь вверх по склону в южном направлении, оползневой процесс достигнет своей возможной максимальной гипсометрической отметки 910м и его развитие приостановится в районе выхода коренных образований.

С целью выявления неустойчивых территорий вне оползневого участка и обоснования прогноза вероятного развития процесса, расчетной моделью был определен ЗДКу всего оползневого склона. Средний показатель K_u склона оценивается в 1,560.

Расчетно аналитический метод показал, что оползневое тело, переходя в следующую вероятную стадию развития, устойчивость не приобретает, и процессом будет захвачена западная и восточная части склона.

Оползневой участок "Джрвеж" на отрезке 20-го километра автодороги Ереван-Масис расположен в Котайкской области РА и охватывает отрезок 20-го километра обходной дороги Ереван-Масис.

В геологическом строении оползневого склона принимают участие пестроцветная (глины, алевролиты и песчанники) и гипсоносно-соленосная толща представленная глинами, песчанниками и алевролитами. В гидрогеологическом отношении грунтовые воды участка представлены техногенным и инфильтрационным генезисом.

Анализ динамики оползневого тела с 2005 по 2009гг. по космическим снимкам (Digital Globe) и полевым наблюдениям, показал, что смещения оползневого блока минимальны, активизация наблюдается только в средней части тела и в районе автодороги.

Устойчивость склона оценивается коэффициентом 1.035, а с учетом сейсмических воздействий ($K_c - 0.1$) оценивается значением 0.941.

Распределение неустойчивых зон оползня концентрируется в головной части блока и в районе грунтовой автодороги, именно на территориях с большим увлажнением грунтов и крутым падением зеркала скольжения.

Прогнозирование оползневого процесса, как и в предыдущих примерах тестовых участков, основывалось на определении степени влияния уровня грунтовых вод на изменение показателей сцепления (c), угла внутреннего трения (ϕ) в зоне смещения. На основе физико-механических параметров грунтов оползневого участка, выведены графики зависимости сдвиговых параметров грунтов ($tg\phi$, c) от их влажности, и соответствующие линейные уравнения регрессии. Прогнозирование развития процесса выявило ситуацию при которой процесс подтопления оползневой территории от 2 до 10 метров приводит к понижению сдвиговых параметров грунтов и снижению показателя устойчивости до значения 0.872. А влияние сейсмического воздействия при варианте подтопления на 5 метров, приводит к снижению K_u до значения 0.829. Оползневое тело приобретает стабильное состояние с пониженным УГВ на 2м с $K_u-1.117$ (полное осушение). Оценка негативных факторов показала, что сейсмическое воздействие (9 баллов) и подтопление территории зоны сдвига одинаково влияют на дестабилизацию оползневого тела.

В результате применения предлагаемого метода оценки устойчивости оползневого склона K_u соответствует 1,148. Неустойчивые зоны склона ($K_u > 1.0$) охватывают северо-западные территории склона и зону оползневого тела в районе грунтовой автодороги. Устойчивые зоны расположены в центральной части.

Прогнозные расчетные показатели показали, что тенденция развития процесса связана с северо-западной частью участка, активность которой наблюдается так же в районе полотна автодороги и на центральном участке оползня.

Оценивая прогноз развития участка "Джрвеж", можно заключить, что причиной дестабилизации оползня является отрезок автодороги и центральный участок, активизация которых связана с инфильтрационными водами техногенного характера и вибрационными нагрузками на полотно автодороги.

На основе полученных моделированием данных и анализа ситуации, был рекомендован ряд противооползневых мероприятий способствующих минимизации риска активизации процесса на тестовых участках.

ГЛАВА V. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Полученные данные в результате расчетно-аналитических исследований, позволяют обосновать ряд рекомендуемых мероприятий по инженерной защите территорий тестовых участков от оползнепроявления. Используя результаты моделирования прогнозной ситуации, становится возможным обоснование экономичности мероприятий. Рекомендуемая система оценки и прогноза оползнеобразования удобна для широкого использования при инженерно-геологических исследованиях и изысканиях для отдельных стадий инженерной защиты.

В результате проведенных работ осуществлена экономическая оценка степени пораженности от оползневых территорий (по реальному и условному ущербу) и оценка экономической эффективности, рекомендованных противооползневых мероприятий (таб.4).

Таблица 4

Экономическая эффективность в случае реализации противооползневых мероприятий для тестовых участков

Наименование оползневого участка	Затраты. млн.др	Ущерб. млн.др	Эффективность млн.др
Агарцин	4767	38390	33623
Арутюнян	9004	13135	4131
Джрвеж	92	1227	1136

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования и полученные результаты позволили сформулировать следующие основные выводы:

1. Масштабность оползнепроявления на территории РА напрямую связана с воздействием негативных антропогенных и природных (эндогенных и экзогенных) факторов.

2. Рекомендованная схема классификации к оценки оползневых процессов по механизму смещения применительно к горно-складчатым территориям, приемлема к обоснованию методики оценки трехмерного коэффициента устойчивости оползневого тела, склона и прогноза его развития во времени.

3. Впервые создана расчетно-картографическая модель, способная на основе данных рельефа бассейна реки и контуров оползневых процессов выделять, картировать и рассчитывать коэффициент пораженности склонов от оползневых процессов.

4. Впервые реализованно детальное трехмерное моделирование оползневого процесса блокового механизма смещения в системе ГИС на основе расчетных параметров физико-механических, деформационных свойств грунтов и данных стратиграфии оползневых территорий. Метод реализован на тестовых участках РА.

5. Разработана и обоснована методика реализации рекомендуемых противооползневых мероприятий, основанная на:

- Математическом моделировании расчета трехмерного коэффициента устойчивости оползневого тела и районировании территории блока по степени активности, что позволяет детально (с точностью до 1м) оценить распределение показателей устойчивости оползневого тела в пространстве;

- Выявлении причин дестабилизирующих оползневой склон, посредством варьирования физико-механическими параметрами грунтов, сейсмических воздействий и колебанием уровня грунтовых вод;

- Оценке устойчивости территории изучаемого склона на момент предоползневой ситуации с целью выявления динамически активных зон в рыхлых отложениях на склоне;

- Прогнозировании дальнейшей степени развития оползневого процесса, основывающегося на принципе изменения расчетных показателей грунтов в случае водонасыщения зоны скольжения оплзневого блока и склона вцелом;

- Рекомендации мероприятий, способствующих повышению устойчивости территории;

6. Реализация предлагаемой методики оценки оползневых процессов на тестовых участках выявила правомерность расчетной модели оценки натурной и прогнозной ситуаций. Картирование распространения значений коэффициента устойчивости и варьирование расчетными показателями на тестовых участках, применены впервые и реально отражают причинно-следственную связь между условиями изучаемых территорий: строением склона и параметрами физико-механических свойств грунтов. Все тестовые участки характеризуются

своеобразными причинами и условиями развития оползневого процесса, что по-разному отражается на распределении результатов расчетных показателей коэффициента устойчивости;

7. Эффективность применения рекомендуемого метода, трехмерного расчета K_u , обосновывается правомерностью подхода к оценке районирования динамически активных территорий на склоне;

8. Из полученных результатов можно заключить, что предлагаемый новый метод оценки устойчивости и прогноза оползнеобразования является точным и результативным, что и дает нам право рекомендовать его как основу для дальнейших изысканий в инженерно-геологических изысканиях.

Завершая рассмотрение результатов исследований считаем правомерным сформулировать ряд задач, заслуживающих дальнейшего изучения:

- Проведение оценки пораженности склонов от оползневых процессов по коэффициенту пораженности и коэффициенту активности всей территории РА, с целью реальной оценки риска используемых территорий и правомерного планирования освоения.

- Дальнейшее совершенствование методов и методик расчета устойчивости оползневых процессов различных механизмов, обеспечивающих повышение достоверности оценки и прогноза их развития.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Степанян В.Э., Восканян А.Е., Месропян М.О., Аракелян Д.Г. Подтопление и затопление как одна из инженерно-геологических проблем развития городов и населенных пунктов. Сб. науч. тр. Ин-та Армнипроцветмет за 1994-1995 гг. – Ереван 1996, Изд-во “Манкаварж”, с. 184-196.

2. Аракелян Д.Г., Ядоян Р.Б. Исследование оползневого тела “Джрвеж” и определение коэффициента устойчивости склона по компьютерной программе PC STABL 5M. Ереван: Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1998, LI, N 1-2, с. 125-127.

3. Аракелян Д.Г. Комплексный методический подход оценки и прогноза устойчивости оползневых склонов. НАН РА. Сборник статей молодых научных сотрудников. Естественные науки, N 1. Ереван 1999, с. 37-40.

4. Аракелян Д.Г., Ядоян Р.Б. Рекомендации о проведении мероприятий по инженерной защите территории г. Дилиджана. Материалы Республиканской молодежной конференции “Будущее экологической науки в Армении”. Ереван: Изд-во ЕГУ 2000, с. 106-110.

5. Аракелян Д.Г.. Оценка и прогноз устойчивости оползневого склона с применением нового расчетного метода. НАН РА. Сборник статей молодых научных сотрудников. Естественные науки, N 1(2). Ереван 2001, с. 77-80.

6. Аракелян Д.Г., Ядоян Р.Б., Степанян В.Э.. К вопросу об экзогенных процессах на территории Тавушской области Республики Армения. Вестник МАНЭБ, том 10, N 5, вып.2. Санкт-Петербург 2005г., с. 15-20.

7. Степанян В.Э., Гюрджян Ю.Г., Бойнагрян В.Р., Аракелян Д.Г.. К проблеме рационального строительного освоения сейсмоактивных горноскладчатых территорий Армении. Геотехнические проблемы строительства на просадочных грунтах в сейсмических районах. Труды 3-го Центрально-Азиатского геотехнического симпозиума 10-12 ноября 2005 года, г. Душанбэ, Таджикистан. Душанбэ 2005. В двух томах. Т.2. с.347-349.

8. Степанян В.Э., Гюрджян Ю.Г., Аракелян Д.Г., Середа М.Н.. К проблеме рационального использования сейсмоактивных горноскладчатых территорий. Основные проблемы географии южного Кавказа и прилегающих регионов. Материалы конференции, посвященной 70-летию географического факультета. Ереван 18-19 марта 2005г. Издательство ЕГУ 2005г. с.98-102.

9. Ядоян Р.Б., Мкртчян Г.Р., Аракелян Д.Г.. Прогноз экзогенных геологических процессов территории Республики Армения. Основные проблемы географии южного Кавказа и прилегающих регионов. Материалы конференции, посвященной 70-летию географического факультета. Ереван 18-19 марта 2005г. Издательство ЕГУ 2005г. с.133-135.

10. Аракелян Д.Г., Ядоян Р.Б.. Новый метод моделирования оползневого процесса в среде ArcGIS 9.2. Երկրաբանության եվ աշխարհագրության ժամանակակից հիմնահարցերը: Պրոֆեսոր Վարդգես Արզարի Ավետիսյանի ծննդյան 90-ամյակի նվիրված գիտաժողովի գիտական աշխատությունների ժողովածու: ԵՊՀ հրատարակչություն, Երևան 2008, 27-29 հոկտեմբերի. էջ 130-138:

11. Степанян В.Э., Авакян А.А., Аракелян Д.Г.. Методологические аспекты оценки опасности и риска на основе формирования интегрированных географических систем при мониторинге природно-техногенной среды. Вестник МАНЭБ, том 13, N 4, вып. 2. Санкт-Петербург 2008г., сс. 34-41.

12. В.Р. Бойнагрян, В.Э. Степанян, Д.А. Хачатрян, Р.Б. Ядоян, Д.Г. Аракелян, Ю.Г. Гюрджян. Оползни Армении. Издано при поддержке ОБСЕ. Издательство ООО "АСОГИК". Ереван 2009. 308с., 191 ил., 61таб.

13. V.E. Stepanyan, A. Avagyan, D. Arakelyan. Methodological aspect of hazard and risk assessments based on the establishment of integrated graphical system for monitoring natural and man-made system. Stimulus for Human and Social Dynamics in the Prevention of Catastrophes. Yerevan, Armenia 5-8. October 2010. pp. 244-250.

14. Д.Г. Аракелян, С.А. Нагапетян, Б.Г. Закарян, М.К. Мкртчян. ГИС моделирование явлений затопления бассейна р. Дебед. Ереван: Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2-3/2013, ISSN 0515-961X, сс. 24-39.

15. Д.Г. Аракелян. Методика количественной оценки пораженности склонов как основа расчета условного ущерба на примере бассейна р.Агстев (Армения). Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1/2014, ISSN 0515-961X, сс. 40-47.

Ամփոփում

Աշխատանքը նվիրված է ՀՀ լեռնա ծալքավոր գոտիներում լայնորեն տարածված բնական վտանգին՝ սողանքներին, որոնք զբաղեցնում են ՀՀ տարածքի 70%-ից ավելին:

Աշխատանքի նպատակն է սողանքավտանգ տարածքների քանակական և որակական համալիր գնահատման մեթոդի մշակումը՝ հիմք ընդունելով եռաչափ միջավայրում շրջանացումը ըստ կայունության գործակցի:

Աշխատանքում, ArcGIS հիման վրա, պայմանական վնասի հաշվարկի նպատակով մշակվել և իրականացվել է լանջերի վնասվածության գործակիցը հաշվարկող մոդել (Ադսոն գետի ավազանի օրինակով): Ըստ վնասվածության գործակցի հաշվարկային մոդելի 2011թ. սողանքային պրոցեսներից Ադսոն գետի ավազանի տարածքի գումարային պայմանական վնասը կազմել է 1746.8 մլն. դրամ:

Աշխատանքի հիմնական մասը նվիրված է եռաչափ միջավայրում սողանքավտանգ լանջերի կայունության գործակցի մոդելավորմանը ըստ կայունության գործակցի՝ տարածքների շրջանացման նպատակով և բնութագրող տեղամասերում տվյալ մոդելի փորձարկմանը:

3D կայունության խնդրի լուծման համար հաշվի են առնվել գրունտային ամբողջ զանգվածի երկրաբանատեխնիկական բնութագրիչները, նրա ֆիլտրացիոն և ձևախախտման հատկությունների անհամասեռությունը:

Ստղանքավտանգ տարածքների 3DԿգ մոդելավորման համար հիմք է ծառայել հաշվարկային մոդելի ավգորիթմի մշակումը, ինչպես նաև դաշտային և լաբորատոր տվյալների համալիր մեկնաբանումը:

Հետազոտությունները միտվել են ոչ միայն տարածքի ստղանքային վտանգի բացահայտմանը, այլ նաև սողանքի մարմնում և ողջ լանջին ստղանքային պրոցեսի դինամիկ ակտիվության գոտիների բացահայտման միջոցով ակտիվ բլոկների ռիսկերի գնահատմանը: Մոդելի հիմքում ընկած է ստղանքային լանջի կառուցվածքի բոլոր ֆիզիկսմեխանիկական և աշխարհագրական բնութագրիչները հաշվի առնող տվյալների տեղեկատվական բանկի վերլուծությունը, ինչը մեր կողմից իրականացվել է ArcGIS10 ծրագրային ապահովման օգնությամբ Model builder մոդուլի կիրառմամբ:

Եռաչափ միջավայրում կայունության գործակցի հաշվարկը իրականացվել է երկրաբանատեխնիկական բնութագրիչների և սյունակի մոդելավորման մեթոդի կիրառմամբ: Գրունտային ջրերի բարձրացման պայմաններում ստղանքային տարածքների կայունության կանխատեսման համար հաշվի են առնվել շեղման բնութագրիչների (tgφ, C) փոփոխությունները: Տվյալ խնդրի լուծումը իրականացվել է շեղման գոտում գրունտի լիակատար խոնավատարության պայմաններում tgφ և C բնութագրիչների փոփոխության կախվածությունը արտացոլող ռեգրեսիայի գծային հավասարումների դուրսբերմամբ:

Իրականացված հետազոտությունները և ստացված արդյունքները թույլ են տալիս ձևակերպել հետևյալ հիմնական եզրակացությունները

1. ՀՀ լեռնածախային գոտիների համար առաջարկվել է սողանքային պրոցեսների դասակարգման սխեմա՝ ըստ շեղման մեխանիզմի: Վնասի գնահատման նպատակով ստեղծվել է սողանքային պրոցեսներից լանջերի վնասվածության գործակցի հաշվման հաշվարկա-քարտեզագրային մոդել:

2. Ըստ կայունության գործակցի տարացքների՝ շրջանացման նպատակով հիմնվելով սողանքային տարածքների շերտագրական տվյալների և գրունտների ձևախախտման հատկությունների ու հաշվարկային ֆիզիկո-մեխանիկական բնութագրիչների վրա, առաջին անգամ ԱՏՀ համակարգում իրականացվել է սողանքային պրոցեսի մանրամասն եռաչափ մոդելավորում: Մեթոդը կիրառվել է ՀՀ փորձարկային տեղամասերում:

3. Ըստ ակտիվության աստիճանի սողանքային բլոկի տարածքի շրջանացման մշակված մեթոդը իրականացվել է եռաչափ միջավայրում սողանքային մարմնի կայունության գործակցի մաթեմաթիկական մոդելավորմամբ, ինչը թույլ է տալիս մինչև 1մ ճշգրտությամբ գնահատել սողանքային մարմնի կայունության ցուցանիշների բաշխումը սահքի գոտում:

4. Մեյսմիկ ազդեցությունների և բուն լանջի ու սողանքային բլոկի սահքի գոտու ջրահագեցման դեպքում գրունտների հաշվարկային ցուցանիշների փոփոխման սկզբունքի հիման վրա մշակվել է սողանքային պրոցեսի զարգացման կանխատեսման մեթոդ:

Հաշվարկա-վերլուծական հետազոտությունների արդյունքում ուտացված տվյալները փորձնական տեղամասերի սողանքաարտահայտման պայմաններում թույլ են տալիս առաջարկել նշված տեղամասերի ինժեներային պաշտպանության մի շարք միջոցառումներ: Ըստ առաջարկվող մեթոդի իրականացվել է սողանքային պրոցեսների հետևանքով սողանքային տարածքների վնասվածության աստիճանի գնահատում և հիմնավորվել է առաջարկվող հակասողանքային միջոցառումների տնտեսական արդյունավետություն:

Փորձնարարական տարածքներում սողանքային պրոցեսների գնահատման առաջարկվող մեթոդի իրականացումը ցույց տվեց բնական և կանխատեսումային իրավիճակների գնահատման հաշվարկային մոդելի օրինաչափականությունը: Կայունության գործակցի արժեքների տարածվածությունը և հաշվարկային ցուցանիշների տարափոխումը փորձնական տեղամասերում կիրառվել են առաջին անգամ և իրատեսորեն են արտացոլում հետազոտվող տարածքներում սեյսմիկ պայմանների, լանջի կառուցվածքի և գրունտների ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունների բնութագրիչների պատճառահետևանքային կապեր: Բոլոր փորձարարական տեղամասերը բնութագրվում են սողանքային պրոցեսի զարգացման ինքնատիպ յուրահատկություններով և պայմաններով, ինչը տարատեսակ է արտացոլվում կայունության գործակցի հաշվարկային ցուցանիշներում:

Այսպիսով, սողանքագոյացման կանխատեսման և կայունության գնահատման առաջարկվող նոր մեթոդը ճշգրիտ է և արդյունավետ, ինչը մեզ

թույլ է տալիս երաշխավորել այն ինժեներա-երկրաբանական հետազոտություններում կիրառելու համար:

Summary

The work is devoted to the landslides study, which is a natural hazard widely spread in mountainous territories of Armenia and occupy more than 70% of its area.

The goal of this work is the development of methodology with qualitative and quantitative assessment integration of the landslide-prone areas based on the stability coefficient zoning in the three-dimensional environment.

The model is developed and implemented in the ArcGIS environment (on the example of the Aghstev River basin), which allows to calculate the infestation coefficient of slopes, to calculate the conditional damage. According to the estimated model of the infestation coefficient, the total conditional damage from the landslide processes in the Aghstev River basin for the 2011 year is 1746.8 million drams.

Main part of the work is devoted to stability coefficient modeling of the landslide-prone slopes in the three-dimensional environment to zone the landslide areas. This modeling is based on the stability coefficient, which is farther more testified at the selected sites.

Mass and heterogeneity of seepage and deformation properties are considered for 3D stability geotechnical analyzes for the soil total volume.

The bases of landslide areas Fs 3D modeling were the development of a design algorithm model, complex interpretation of the fieldwork and laboratory data as well.

The studies were oriented not only on the detection of the landslide hazard areas, but also for risk assessment of active units through entire slope dynamic activity areas highlighting. The model is built through the database analysis taking into account all the physical and mechanical parameters and geographical structure of the landslide slope. The later, was implemented with the help of ArcGIS 10 software, using the module of Model builder.

Stability coefficient calculation in the three-dimensional environment is implemented through the column method modeling and geotechnical parameters interpolation. For the prediction of stability of the landslide areas changes of the location parameters ($\text{tg}\phi$, c) also were taken into account given that the occurrence of the rising of the groundwater levels are present. This task was implemented by the output of the linear regression equations, reflecting the dependence of the parameters $\text{tg}\phi$ and C by from full moisture capacity of the soil in the shift zone.

The studies and results allowed formula tin the following conclusions:

1. A scheme of classification of the landslide processes through shift mechanism is recommended for the mountain-fold territories of the Republic of Armenia.

2. Counting-cartographic model is created, which calculate the coefficient of infestation of slopes from the landslide processes to provide an assessment of the caused damage.

3. First implementation of a detailed 3D modeling of the landslide processes is provided in the system of GIS. It based on the design parameters of the mechanical and deformation characteristics of the soil and stratigraphic data of the landslide localities. It allows to territories zoning based on the stability coefficient. The method is implemented in testing areas of the Republic of Armenia.

4. The designed method of the activity level zoning of the landslide territory is implemented through mathematical modeling of the stability coefficient for the landslide body in the three-dimensional environment. It, allows a detailed (with accuracy up to 1m) evaluation of the sustainability distribution indicators in the area of the landslide body slip.

5. A method of the landslide process forecast is also developed, which is based on the principle of changes in the estimated soils parameters in the case of seismic effects and water saturation.

The estimated data, as a result of the counting-analytical studies allows recommending the series of activities for the engineering protection in the test localities against the landslide activation. Also economic assessment of the landslide infestation degree is implemented based on the suggested methodology from the study of the landslide processes and justification of the economic affectivity of the recommended antilandslide activities.

In the test localities the realization of the suggested methodology for the grades of the landslide processes shows the legitimacy of the estimated model for the full-scale evaluation and the forecasting situations. Distribution of the values of the stability coefficient and variation of the estimated rates in test localities are applied for the first time. This approach reflects the casual links between seismic conditions of the studied areas, the structure of the slope and the parameters of the mechanical properties of the soils. All the test areas are characterized by the peculiar features and the conditions of the landslide development processes, which is differently reflected on the calculated performance of the stability coefficient. Thus, the newly proposed method for sustainability assessment and landslides prediction is an accurate and efficient approach, which is giving us an opportunity to recommend it in engineering-geological investigations.

2046