

## Разработка математической модели путей реализации комплекса мер по снижению оползневой угрозы в железных дорогах горных районов Узбекистана

*Проф. С.С.Сулайманов., доцент Ш.Х. Абдазимов., асс. Ботирова М.М.  
Кафедра «Техносферная безопасность» Ташкентский Государственный Транспортный  
Университет.  
Республика Узбекистан г. Ташкент*

**Аннотация:** В данной статье рассматривается вопрос об угрозе оползневых явлений и их риска в горных и при горных районах железной дороги. В данной статье разработана математическая модель, представляющая собой формулу расчета, количественной характеристики действия, поражающих факторов реализованного оползневой угрозы с определенной интенсивностью и на конкретной зоне.

**Ключевые слова:** Оползень, горные районы, железная дорога, последствия, риск, здание, объекты, вероятность.

Оценка угрозы оползней заключается в определении вероятности реализации оползневой угрозы в заданный период времени, его интенсивности и зоны воздействия. Оценка уязвимости системы «человек- среда обитания» при реализации оползневой угрозы определяется, как опасность, коренящаяся в физической подверженности оползней, которой нужно постоянно управлять. Она использует формальные процедуры, включающие сбор данных, мониторинг угрозы факторов уязвимости, обработку данных и проведение исследований. Для минимизации уязвимости системы «человек- среда обитания» и уменьшения масштабов отрицательных последствий реализации Разработанная математическая модель представляет собой формулу расчета, количественной характеристики действия, поражающих факторов реализованного оползневой угрозы с определенной интенсивностью и на конкретной зоне.

Использование оползневой угрозы в качестве единого индекса по оценке потенциала населения позволит научно обосновать пути реализации комплекса мер по снижению последнего. Количественное установление оползневой угрозы для конкретного района крупного города с учетом структуры объектов, уровня подготовленности населения и различных поражающих факторов должно быть оценено в части перспективы риска. Данную математическую модель позволяет количественно и качественно оценить роль общественных организаций в повышении потенциала населения по снижению оползневой угрозы. Разработанная математическая модель представляет собой формулу расчета, количественной характеристики действия, поражающих факторов реализованного оползневой угрозы с определенной интенсивностью и на конкретной зоне.

Использование оползневой угрозы в качестве единого индекса по оценке потенциала населения позволит научно обосновать пути реализации комплекса мер по снижению последнего. Количественное установление оползневой угрозы для конкретного района крупного города с учетом структуры объектов, уровня подготовленности населения и различных поражающих факторов должно быть оценено в части перспективы риска. Данную математическую модель



позволяет количественно и качественно оценить роль общественных организаций в повышении потенциала населения по снижению оползневому риску необходимо разработать математическую модель риска с учетом вероятностной природы угрозы землетрясения и его поражающих факторов.

Разработанная математическая модель представляет собой формулу расчета, количественной характеристики действия, поражающих факторов реализованного оползневому риска с определенной интенсивностью и на конкретной зоне.

Использование оползневому риска в качестве единого индекса по оценке потенциала населения позволит научно обосновать пути реализации комплекса мер по снижению последнего. Количественное установление оползневому риска для конкретного района крупного города с учетом структуры объектов, уровня подготовленности населения и различных поражающих факторов должно быть оценено в части перспективы риска.

Данную математическую модель позволяет количественно и качественно оценить роль общественных организаций в повышении потенциала населения по снижению оползневому риска. Математическая модель риска наглядно покажет пути реализации комплекса мер по снижению оползневому риска управляя уязвимостью системы «человек (люди, население) – среда обитания»

На основании вышеизложенных предпосылок математическую модель в общем виде можно представить следующей формулой:

$$R = f \cdot \prod_{i=1}^n P_i, \quad (1)$$

где  $R$  – потери линии и состава железной дороги и гибель или потери здоровья людей, чел/чел·год;

$f$  - частота гибели (смерти) людей от поражающих факторов оползневому риска горных местах в конкретной ситуации и потенциала населения, чел/чел·год. Она определяется по статистическим данным мировой практики: это отношение числа гибели, смертельных случаев или иных последствий к их возможному числу за определенный период от воздействия поражающих факторов, т.е. частота реализации поражающих факторов. Ее можно определить следующей формулой:

$$f = \sum_{j=1}^m \frac{P_j}{N_j} / m, \quad (2)$$

где  $p_j$ –число погибших при реализации поражающих факторов оползневому риска, чел.;  $N_j$  – численность пассажиров, в пассажирском составе зоне последствия оползни риска, чел.;  $j = 1, 2, 3, \dots, m$ -годы;

$$\prod_{i=1}^n P_i = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n, \quad - \text{вероятность} \quad (3)$$

совмещения событий  $A_1, A_2, \dots, A_n$  независимых в совокупности, где,

$P_1 [A_1]$  – вероятность оползневому за определенный период времени в конкретном районе горных местах;

$P_2 [A_2]$  – вероятность разрушения железной дороги воздействием колебаний, вызванных оползневому явлений;

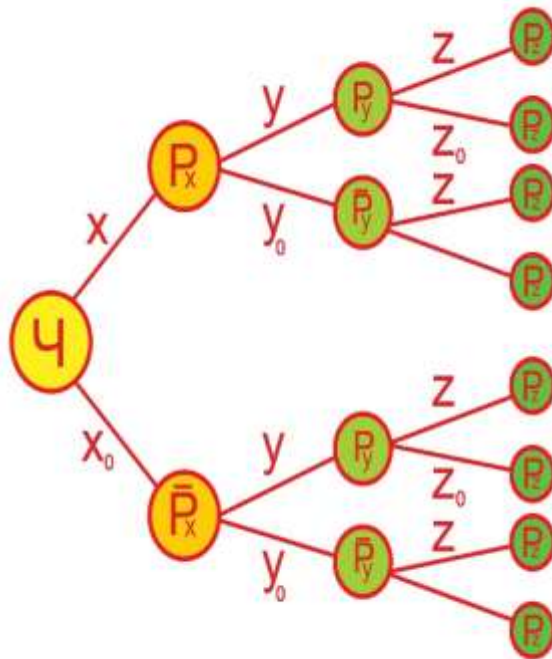


- $P_3 [A_3]$  – вероятность возникновения вторичных поражающих факторов в горных районах при реализации оползневой угрозы;
- $P_4 [A_4]$  – вероятность несоблюдения работниками железнодорожного транспорта в горных местах требований безопасности по снижению оползневой угрозы;
- $P_5 [A_5]$  – вероятность нахождения состава с пассажирами в районе оползневой угрозы в течение периода реализации оползневой угрозы;
- $P_6 [A_6]$  - вероятность нахождения грузового состава в момент оползания горных мест;
- $P_7 [A_7]$  – вероятность ненахождения состава с пассажирами во время оползневой угрозы в горных местах;
- $P_8 [A_8]$  - вероятность нахождения рабочих и служащих в момент оползневой угрозы и снежных лавин на работе (станции в горных районах, объектах железнодорожного транспорта в горных и пригорных местах);
- $P_9 [A_9]$  - вероятность ненахождения аварийно-спасательной службы станции и районного отдела чрезвычайной ситуации в готовом состоянии;
- $P_{10} [A_{10}]$  - вероятность отсутствия знаний, навыков и умений, людей, различных слоев рабочих и служащих железнодорожного транспорта снижению оползневой угрозы, т.е. вероятность осуществления события из-за низкого уровня ситуационной готовности при оползневой угрозе;
- $P_{11} [A_{11}]$  - вероятность выполнения ошибочных, необдуманных действий, или бедствий человека, людей в момент оползневой угрозы.
- $P_{12} [A_{12}]$  - вероятность несоответствия скорости выполнения действий временным характеристикам воздействия поражающих факторов оползневой угрозы.
- . Анализ графиков показывает, что индивидуальный оползневой риск при минимальных значениях уровня оползневой угрозы не превышает допустимый уровень. Максимальный индивидуальный сейсмический риск в значительной степени выше допустимого уровня риска. Значение индивидуального оползневой угрозы определяется потенциалом населения.
- Повышение потенциала населения разработкой комплекса мер по ликвидации поражающих факторов оползневой угрозы является мощным средством управления значением допустимого уровня индивидуального риска. Исходя из анализа представленных количественных данных, характеризующих различные уровни индивидуального оползневой угрозы и имеющегося опыта оценки такого вида риска в развитых и развивающихся странах мира, предлагается установить, что в настоящее время предельно допустимый уровень не должен превышать  $5 \cdot 10^{-5}$  чел./чел.·год. А в перспективе -  $1.28 \cdot 10^{-5}$  чел./чел.·год [72,79]. Эти предельно допустимые уровни должны быть регламентированы специальным нормативным документом и рекомендованы для всех видов нового массового промышленного и гражданского строительства. Это позволит в будущем избежать больших людских потерь при крупных разрушительных оползнях.
- Величину риска можно определить с учетом вероятностей каждого отдельного взятого события в каждом состоянии системы «человек- среда обитания» представляется в виде ветви дерева вероятности. Полная вероятность отсутствия или приемлемости риска, а также максимальная величина риска жизнедеятельностью системы «человек-среда обитания» определяется произведением соответствующих вероятностей различных исходов в конечной точке дерева вероятностей. На рис.1 показано дерево вероятностей процесса выхода из «поля поражающих» факторов во время оползневой угрозы, в котором человек выполняет последовательно три действия – сначала  $X$ , затем  $Y$ , потом  $Z$ . Действия, выполненные с ошибкой обозначены  $X_o, Y_o, Z_o$ . Без ошибки, соответственно,  $X, Y, Z$ . Вероятность выполнения действия с ошибкой –  $\bar{P}$ , без ошибки –  $P$ , с соответствующим индексом.



Вероятность выхода из «поля поражающих факторов» землетрясения  $P$  определяется по выражению:

$$P = P_x \cdot P_y \cdot P_z, \quad (4.)$$



**Рис. 1** Схема дерева вероятностей

Вероятность того, что он успешно не может покинуть «поле поражающих факторов» полностью определяется по выражению:

$$\bar{P} = 1 - \bar{P}_x \cdot \bar{P}_y \cdot \bar{P}_z. \quad (5)$$

Вероятность промежуточных, т.е смешенных вариантов выполнения действий при выходе из «поля поражающих факторов» оползни.

$$P = P_x \cdot P_y \cdot \bar{P}_z, \quad P = 1 - P_x \cdot P_y \cdot \bar{P}_z, \quad (5)$$

$$P = P_x \cdot \bar{P}_y \cdot P_z, \quad \bar{P} = 1 - P_x \cdot \bar{P}_y \cdot P_z, \quad (6)$$

$$P = P_x \cdot \bar{P}_y \cdot \bar{P}_z, \quad \bar{P} = 1 - P_x \cdot \bar{P}_y \cdot \bar{P}_z \quad (7)$$

$$P = \bar{P}_x \cdot P_y \cdot P_z, \quad \bar{P} = 1 - \bar{P}_x \cdot P_y \cdot P_z \quad (8)$$

$$P = \bar{P}_x \cdot P_y \cdot \bar{P}_z, \quad \bar{P} = 1 - \bar{P}_x \cdot P_y \cdot \bar{P}_z \quad (9)$$

$$P = \bar{P}_x \cdot \bar{P}_y \cdot P_z, \quad \bar{P} = 1 - \bar{P}_x \cdot \bar{P}_y \cdot P_z \quad (10)$$

Таким же образом можно определить вероятность всех событий, входящих в формулу определения величины риска.

Эта модель обеспечивает хорошую наглядность, может указать пути реализации роли общественности по снижению оползневоего риска в горных районах.

Анализ математической модели, показывает, что основными путями реализации комплекса мер по снижению оползневоего риска являются:

- организация экспертизы законодательно- правовых, нормативно- технических документов по обеспечению устойчивости зданий, сооружений, объектов железнодорожного транспорта в стадиях разработки, принятия и введения в действие;



- разработка технических решений по предотвращению возникновения вторичных поражающих факторов, связанных с авариями электрической системы взрывами при перевозку опасных грузов горных местах железной дороги при оползневом риске;
- организация общественного контроля и надзора за соблюдением рабочими и служащими требований безопасности по снижению оползневого риска;
- инсценировка контроля состояния готовности аварийно-спасательных служб станции и служащих ОЧС района случаях реализации оползневого риска в горных и при горных районах железной дороги;
- организация и проведение мероприятий по повышению готовности рабочих и служащих а также населения горных районах к встрече реализованного оползневого риска с учетом внезапности, масштабности, непредотвратимой воздействия поражающих факторов оползни;
- оценка и мониторинг подготовленности рабочих и служащих станции и объектах горных районах к возможным оползням и организация учебных тренировок с учетом действия оползни в горных и при горных линиях железной дороги.

Для оценки значимости роли комплекса мер по снижению оползневого риска необходимо провести прогнозирование последствий разрушительных последствия в горных районах. По результатам прогноза последствий разрушительных оползни наглядно можно оценить значимость и эффективность комплекса мер по снижению оползневого риска. Путем реализации их в области снижения вероятностей негативных событий существенно можно повышать потенциал населения и рабочих, служащих станции в горных местах а также объектах железнодорожного транспорта по снижению оползневого риска.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Закон республики Узбекистан, от 20.08.1999 г. № 824- «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»
2. Положение о Государственной системе предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях Республики Узбекистан (Приложение N 1 к Постановлению КМ РУз от 24.08.2011 г. N 242)
3. «Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2023 йил учун бизнес – режаси.
4. Дергачева, И. Проблемы прогнозирования и предупреждения трансграничных паводков в горных и предгорных районах Узбекистана [Электронный ресурс] / И. Дергачева. – НИГМИ, Узгидромет. – Режим доступа: <http://skachate.ru/geografiya/148685/index.html>. – Дата доступа: 01.07.2017.
5. Sulaimanov S.S., Abdiazimov S. K., Razikov R. S. «Risk Assessment Occurrences Of Emergencies On Railways, Taking Into Account The Hazardous Phenomena Of Mountains». Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland.
6. С.С. Сулаймонов, Ш.Х. Абдазимов, Х.М. Нурматов «Сел оқимлари таъсирида юзага келадиган фавқулудда вазиятларда темир йўл ва унинг иншоотлари хавфсизлигини таъминлаш муаммолари Ўзбекистон республикаси Фавқулудда Вазиятлар Вазирлиги Академияси «Ҳаёт фаолияти хавфсизлигини таъминлашда инновацион ёндашув, илмий ишланмалар ва замонавий технологиялар» мавзусидаги 3-Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами 2021 йил 30 март 243бет.
7. С.С. Сулаймонов, Н.Я.Махкамов., Ш.Х. Абдазимов « Инновационные технологии для обеспечения безопасности железных дорог в чрезвычайных ситуациях, связанных с селевыми потоками», «Европейский журнал по безопасности и стабильности жизнедеятельности» 6 мая 2022 года стр.103-108.



8. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности / С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков: учеб. для вузов. М.: Высш. шк., 2007. 616 с.
9. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике / В. Е. Гмурман. М.: Высш. шк., 1975. 333 с.
10. Лебедев О. М. «Математические модели лавинных процессов для автоматизированных систем поддержки принятия управленческих решений в чрезвычайных ситуациях» .Автореферат диссертационной работы к.т.н. г. Воронеж. 2012 г.
11. Sulaimanov S.S., Abdiazimov Sh.X., Mirzo ulug bek nomidagi samarqand davlat arxitektura-qurilish instituti. «Memorchilik va qurilish muammolari (ilmiy-texnik jurnal) 2021 йил 4-сони “Табиий офатлар сел оқимлари таъсирида юзага келадиган фавқулудда вазиятлардан темир йўл транспортини ва уни объектларини хавфсизлигини таъминлаш”, стр. 100 -104 .
12. Ш.Х. Абдазимов, С.К. Худайберганов, Ж.Н.Махкамов «Зарубежный опыт по защите железной дороги и объектов народного хозяйства от чрезвычайной ситуации природного характера (отоплозней). Академия МЧС. «Пожаро взрывобезопасность» научно-практический электронный ЖУРНАЛ. Стр.119-130.

