



Innovative Technologies for Ensuring Railway Safety in Mudflow Emergencies

N. Ya. Makhkamov

Professor, Academy of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan

S. S. Sulaymonov

Professor, Tashkent State Transport University

Sh. Kh. Abdazimov

Tashkent State Transport University

Abstract: *The article provides a theoretical analysis of the number and scale of risks of railways and their infrastructure passing through mountainous and foothill areas, the dependence of flood activity on these areas and processes, their spatial and temporal variation, and the development of emerging mudflows. Based on the developed scenarios, the development and installation of continuous local and space surveillance systems is being carried out to control system damage and the impact of floods caused by emergencies in the mountainous and foothill areas of the railway, as well as a sharp decrease in vulnerability to floods.*

Keywords: *foothills, landslides, floods, mudflows, probability, emergency.*

Date of Submission: 11-4-2022

Date of Acceptance: 12-5-2022

1. Введение

Наводнения обычны в горных и предгорных районах Узбекистана (рис. 1). Наводнения в этих районах часто носят трансграничный характер и происходят в соседних государствах Кыргызстане и Таджикистане [1].

По результатам многолетних наблюдений за активностью паводков на территории Узбекистана и их пространственно-временной изменчивостью (УзГМИТИ, Узгидромет) можно сделать вывод, что общее количество активных паводков в стране составляет 709, их бассейн (территория) занимает площадь 53 770 квадратных километров (12 % от общей площади) и 858 хозяйственных и других важных объектов расположены в подверженных затоплению районах [1].

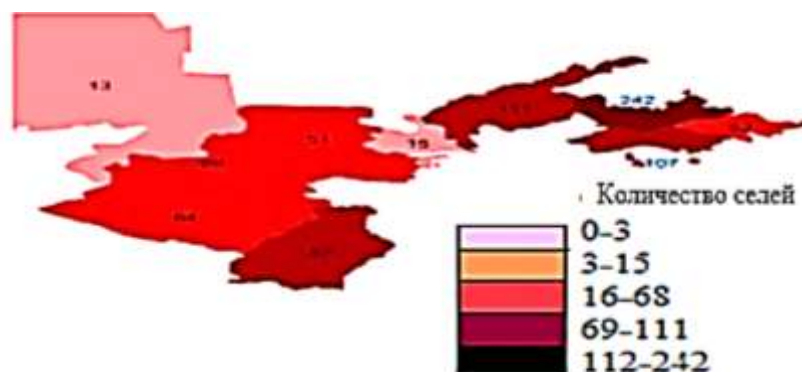


Рис.1. Селеопасные районы Узбекистана.

Повторяемость паводков в стране неравномерна, частота паводков в горных и предгорных районах очень высока (рис. 1) и они значительно чаще представляют опасность для различных объектов в этих районах, в том числе объектов критической железнодорожной инфраструктуры.

Известно, что за годы независимости развитию железнодорожного транспорта уделялось большое внимание и привлекался большой объем инвестиций, реализован ряд проектов. В результате общая протяженность железных дорог страны достигла 6500 километров, и они смогли охватить все регионы страны [2].

Как видно из схемы железных дорог на карте (рис. 2), большинство основных маршрутов узбекских железных дорог проходят через районы с высокой повторяемостью паводков (рис. 2) и объекты железнодорожной инфраструктуры (подстанции, переезды, станции, мосты, путепроводы). также естественным образом располагаются в этих областях.

В частности, к участкам повышенной паводковой опасности относятся железнодорожная ветка Ангрен-Пап протяженностью 123,1 км через перевал Камчик и первая железнодорожная ветка в горной местности - Ташгузар-Бойсун-Кумкурбан (рис. 2). Эта дорога пересекает горные хребты на высоте 1800 м (рис. 2). На этих участках железных дорог расположены важнейшие и уникальные объекты инфраструктуры сети.



Рис. 2. Карта железных дорог Узбекистана. 1,2-Железные дороги, проходящие через горные и предгорные районы, где вероятны паводковые потоки

2. Способы решение проблемы и материалы

Известно, что риски, создаваемые чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера, приводят к различным катастрофам.



Рис. 3. Последствия селевых потоков на железнодорожный транспорт.

Принята Стратегия достижения снижения риска бедствий в Узбекистане на 2015-2030 годы и разработан национальный план действий по реализации Стратегии достижения на 2019-2030 годы.

Основными задачами стратегии являются разработка и внедрение передовых технологий и инженерно-технических средств для ликвидации чрезвычайных ситуаций, создание и развитие систем мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций. [3].

Согласно анализу результатов многолетних научных исследований, проводимых в развитых странах и в нашей стране, благодаря усилиям международных организаций, прежде всего ЮНДРО и ЮНЕСКО, на сегодняшний день стихийные бедствия любого рода: землетрясения, ураганы, наводнения, вулканические извержения и др. разработаны общие принципы борьбы и смягчения негативных последствий [4,5]. Эти принципы используются для разработки способов снижения ущерба от стихийных бедствий в разных странах.

Риск, опасность, уязвимость и вред являются базовыми понятиями для всех созданных методов. Общий порядок анализа рисков может быть объединен с использованием теории математических шаров следующим образом: множество рисков может быть объединено с множеством природных, техногенных и экологических угроз, множеством уязвимостей, видимых потерь, используя теорию математических множеств [6,7]:

$$A_R = A_H \cup A_V \cup A_U.$$

Здесь,

A_R — это набор рисков; A_H - набор угроз; A_V - набор слабостей;

A_U - совокупность повреждений.

Все эти множества принадлежат друг другу, одно определяет второе, другое - третье, третье - четвертое, и наоборот, они связаны друг с другом бесконечным числом указателей. Анализ рисков объектов железнодорожной инфраструктуры осуществляется путем разработки схемы структуры железнодорожной сети на основе теории графов (рис. 5) [7]. В графовой схеме [7] используются следующие обозначения:



Рис. 3. Структура анализа риска и безопасности объектов железнодорожного транспорта (дорога, мост, подстанция, сеть электроснабжения, станции и т.д.).

- HC -начальное состояние объекта (системы);
- S_0 -сценарий успешной работы объекта (системы);
- KC_0 – конечное состояние объекта (системы) завершено по желанию;
- ε_0 – KC_0 , область вокруг точки, где конечные случаи можно считать приемлемыми (безопасными);
- IC_1, IC_2 -мотивирующие (вызывающие) опасные события;
- PC_1, PC_2 - граничные состояния объекта (системы);
- S_i ($i = 1, 2, \dots, N$)– - сценарий i -й остановки, которая происходит после достижения одного из граничных условий;
- KC_i ($i = 1, 2, \dots, N$)– - неблагоприятное (опасное) конечное состояние объекта (системы), относящееся к сценарию S_i ;
- $U(KC_i)$ ($i = 1, 2, \dots, N$)– - ущерб, материальный, экономический, экологический, моральный, социальный ущерб, соответствующий конечному состоянию KC_i .

Перегрузки при эксплуатации системы как угрозы железнодорожной инфраструктуре и подвижному составу, выход из строя элементов, внешние экстремальные (проектные и непредвиденные) воздействия (наводнения, землетрясения, горные и лавины), отказы, ошибки, несанкционированные действия. В зависимости от уровня неопределенности и механизмов, посредством которых элементы могут привести к граничным условиям, угрозы рассматриваются или описываются следующим образом:

- ✓ опасное событие, характеризующееся вероятностью возникновения с определенной интенсивностью, как случайной величиной;
- ✓ вероятностное распределение интенсивности опасных событий как распределения вероятностей, определяющих интенсивность угроз;

Уязвимость объекта характеризуется совокупностью сценариев случайных событий и причинно-следственной связью между этими событиями, т. е. построением графа сценариев системы [7]. При этом параметры уязвимости объекта представляют собой условные вероятности того, что различные конечные состояния объекта наступят в случае развития аварии, возникающей в системе после различного вида и интенсивности стимулирующего события (внешнего или внутреннего).

3. Результаты и обсуждения

Анализ уязвимостей предполагает изучение событий и причинно-следственных связей между событиями, происходящими после исходного события до достижения конечного состояния объекта. Другими словами, анализ уязвимости объекта заключается в проведении качественного и количественного изучения структуры сценариев эскалации аварий. При рассмотрении ущерба, причиненного аварией на объекте, отдельно изучают прямой, косвенный, полный и тотальный ущерб.

На основе описанного выше теоретического подхода для оценки рисков, связанных с подтоплением объектов железнодорожного транспорта, необходимо выявить уязвимые места, связанные с его географическими координатами, функциями и другими показателями для каждого объекта железнодорожного транспорта. Например, рекомендуется выявить уязвимые места железнодорожной линии Ангрэн-Пап в районе Ангрэнского угольного карьера, въездов и выездов из тоннеля на Камчикском перевале (рис. 6.7) и железной дороги Ташгузар-Бойсун-Кумкурган.



Рис. 6. 41.0350 северной широты 70.1850 восточной долготы Железнодорожная линия Ангрэн-Поп.



Рис. 7. 41.0770 северной широты 70.67990 юго-восточной долготы Железнодорожная линия Ангрэн-Поп

4. Выводы и рекомендации

1. Вероятные показатели количества и масштаба рисков прохождения железных дорог через горные и предгорные районы и объекты их инфраструктуры зависят от активности паводковых потоков в этих районах и процессов их пространственно-временной изменчивости.
2. Следует проанализировать угрозы для железных дорог и их инфраструктуры, проходящих через эти районы, и выявить их потенциальные угрозы.
3. Должны быть выявлены и проанализированы возможные показатели слабости железных дорог, проходящих через горные и предгорные районы, и их инфраструктурных объектов в части активности паводковых течений и процессов их пространственно-временного изменения.
4. Необходимо разработать и внедрить системы непрерывного локального и космического наблюдения за воздействием паводков на горные и предгорные территории, где проходят железнодорожные пути и различные их объекты.
5. Необходимо разработать сценарии возникновения чрезвычайных ситуаций (оползней в результате сильных паводков, подмыва железнодорожного пути, обрушения вагонов или оползней пути), возникающих в горных и предгорных районах железной дороги.
6. На основе разработанных сценариев будут сформированы специальные отряды для проведения аварийно-спасательных и восстановительных работ в условиях чрезвычайных ситуаций вблизи горных и предгорных участков железной дороги с проведением регулярных учебно-полевых учений.
7. На основе разработанных сценариев определить размер ущерба системе (материальный, моральный, перебои в обслуживании, налоги и т.п.), причиненный аварийными ситуациями в горных и предгорных районах железной дороги, стоимость аварийно-спасательных работ, восстановительных работ. расчет
8. На основе разработанных сценариев разработать и установить системы непрерывного мониторинга локального и космического наблюдения за повреждениями системы и

воздействием паводков, вызванных чрезвычайными ситуациями в горных и предгорных районах железной дороги, а также резко снизить уязвимость к рисками и ресурсами в системе железнодорожного транспорта целесообразно управлять, сопоставляя затраты на профилактические мероприятия по смягчению последствий.

5. Список использованной литературы

1. Дергачева И. Проблемы прогнозирования и предупреждения трансграничных паводков в горном и предгорном районах Узбекистана [Электронный ресурс] / И. Дергачева. - НИГМИ, Узгидромет.- Доступный режим: <http://skachate.ru/geografiya/148685/index.html>. - Дата доступности: 01.07.2017.
2. О мерах по реализации Сендайской программы снижения рисков в Республике Узбекистан на 2015-2030 годы // Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан № 299 от 12 апреля 2019 года.
3. Землетрясения и извержения вулканов: Справочник по оценке рисков. Герберт Тидеманн. Swiss Re, Цюрих, 1992.-951с.
4. Мегалополисы: снижение уязвимости перед стихийными бедствиями. Издательство Томаса Телфорда, Лондон, 1995. – 170 с.
5. Максutow Н.А., Резников Д.О. Оценка уязвимостей технических систем и ее место в процедуре анализа риска // Проблемы анализа риска. Том 5. – 2008. № 3.–С. 76-89.
6. Методические рекомендации по оценке рисков в железнодорожной инфраструктуре ОАО «РЖД» -Москва, 2011-109 с.