ISSN: 2181-4341, IMPACT FACTOR (RESEARCH BIB) – 9.145, SJIF – 5,431

Сейтниязов Диарбек Аманизович

E-mail: diarbeksejtniazov@gmail.com

Салимова Барно Джамаловна

Кандидат технических наук, профессор,

Ташкентский Государственный Транспортный университет,

г. Ташкент, Республика Узбекистан,

E-mail: barno.salimova@inbox.ru

ВЛИЯНИЕ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ НА АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ И МОСТЫ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается влияние селевых потоков на состояние автомобильных дорог и мостов, расположенных в районах с повышенной природной активностью. Особое внимание уделено интеграции инженерных, ландшафтных и экологических решений при проектировании трасс, направленных на обеспечение долговечности и безопасности транспортной инфраструктуры. Рассмотрены нормативные документы Республики Узбекистан (ШНК 2.05.02–23, СНК 2.05.02–07, КМК 2.01.01–94) и исследования отечественных и зарубежных специалистов, подтверждающие необходимость учета гидрологических и геологических факторов при проектировании. Особое внимание уделено современным цифровым методам прогнозирования селевой активности и разработке защитных инженерных сооружений. В работе подчёркивается, что сочетание архитектурно-ландшафтного проектирования с мерами защиты от селевых потоков обеспечивает функциональную, эстетическую и экологическую устойчивость автомобильных дорог и мостов.

Ключевые слова

автомобильные дороги, мосты, селевые потоки, архитектурно-ландшафтное проектирование, дренажные системы, безопасность движения, устойчивость трассы, защита земляного полотна, экология, инженерные сооружения, Узбекистан, прогнозирование селевой активности.

1. Введение

Автомобильные дороги и мосты являются ключевыми элементами транспортной инфраструктуры, обеспечивающими связь между регионами и способствующими экономическому развитию страны. Однако их устойчивость и долговечность во многом зависят от природных условий, в том числе от воздействия селевых потоков, особенно в предгорных и горных районах [7, 8, 11]. Сели представляют собой быстро текущие потоки воды с высоким содержанием грунта, камней и растительных остатков, способные вызывать разрушение земляного полотна, мостовых опор и подпорных стенок, что напрямую влияет на эксплуатационную надежность дорог [1, 5, 6].

В Республике Узбекистан проектирование автомобильных дорог и мостов регулируется нормативными документами, такими как ШНК 2.05.02–23 [1], СНК 2.05.02–07 [2] и КМК 2.01.01–94 [3]. Эти документы устанавливают требования к трассированию, инженерным сооружениям, дренажным системам и защитным конструкциям, но вопросы влияния селевых потоков рассматриваются в них достаточно ограниченно. Анализ современных исследований отечественных специалистов (Денисов Ю.М., Шахидов А.Ф., Салимова Б.Д.) показывает, что игнорирование селевой активности приводит к ускоренному разрушению дорожной инфраструктуры и увеличению эксплуатационных расходов [7, 8, 11].

Зарубежный опыт, представленный в работах L. Cheng и A. AghaKouchak [13, 16], показывает, что использование цифрового моделирования и прогнозирования гидрологических нагрузок позволяет оптимизировать расположение дренажных сооружений и рассчитать их пропускную способность с высокой точностью. В условиях Узбекистана внедрение подобных методов, наряду с архитектурно-ландшафтным оформлением, позволяет создавать дороги, которые не только устойчивы к селевым потокам, но и органично вписываются в окружающий ландшафт.

2. Риски селевых потоков для автомобильных дорог и мостов

Автомобильные дороги и мосты, построенные в районах с повышенной селевой активностью, подвергаются значительному воздействию природных процессов. Селевые потоки — это быстрые потоки воды, насыщенные грунтом, камнями и органическими остатками, которые способны разрушать дорожное полотно, опоры мостов и подпорные конструкции [7, 8, 11]. Воздействие таких потоков приводит к эрозии откосов, засорению дренажных систем, повреждению мостов и увеличению эксплуатационных расходов.

В Республике Узбекистан проектирование дорог и мостов регламентируется нормативными документами, такими как ШНК 2.05.02–23 [1], СНК 2.05.02–07 [2] и КМК 2.01.01–94 [3], которые устанавливают требования к трассированию, инженерным сооружениям и дренажным системам. Однако в существующих нормативных подходах вопросы селевой активности рассматриваются преимущественно через исторические данные о ливневых и паводковых стоках, что может не учитывать экстремальные нагрузки [7, 8, 13].
Отечественные исследования (Денисов Ю.М., Тулаганов А.Х, Хикматов Ф.Х., Ахидов А.Ф., Салимова Б.Д.) показывают, что учет локальных гидрологических и геологических условий позволяет существенно снизить риск разрушений дорог и мостов [7, 8, 11]. Зарубежный опыт (L. Cheng, A. AghaKouchak [13, 14]; I. Rahmoun [14]) демонстрирует высокую эффективность цифровых моделей селевых потоков и гидрологических прогнозов при проектировании защитных сооружений, что обеспечивает не только безопасность, но и гармоничное включение инженерных конструкций в ландшафт.

3. Методология

Методология исследования основана на комплексном подходе к оценке воздействия селевых потоков на автомобильные дороги и мосты, а также разработке мер защиты трассы с использованием современных цифровых инструментов и нормативной базы Республики Узбекистан. В работе использованы нормативные документы ШНК 2.05.02–23 [1], СНК 2.05.02–07 [2], КМК 2.01.01–94 [3] и ШНК 2.04.03–19 [4], регламентирующие трассирование, дренажные системы, подпорные конструкции и требования к защите земляного полотна. Для анализа применялись метеорологические и гидрологические данные наземных станций, архивные сведения о ливнях и паводках, а также цифровые реанализы ERA5 [14, 15,], позволяющие восполнить пробелы в наземных наблюдениях.

Дополнительно учитывались результаты отечественных исследований (Денисов Ю.М., Шахидов А.Ф., Салимова Б.Д. Дергачева И.В, [7, 8, 11]) и зарубежные работы (L. Cheng, A. AghaKouchak [13, 10]; I. Rahmoun [14]), подтверждающие необходимость учета экстремальных гидрологических процессов при проектировании дорог и мостов.

Анализ включал гидрологическое исследование для определения характеристик селевых потоков (объем, скорость, плотность грунта) и применение статистических методов для оценки экстремальных осадков [7, 8, 13]. Моделирование дренажных систем и защитных конструкций осуществлялось с расчетом пропускной способности ливневых и грунтовых вод, что позволяет снизить риск разрушений земляного полотна и мостовых опор [5, 6, 7]. Цифровое моделирование селевой активности с использованием реанализа ERA5 и ГИС-инструментов позволяло прогнозировать селевые потоки и оценивать риск повреждения инженерных сооружений [16].

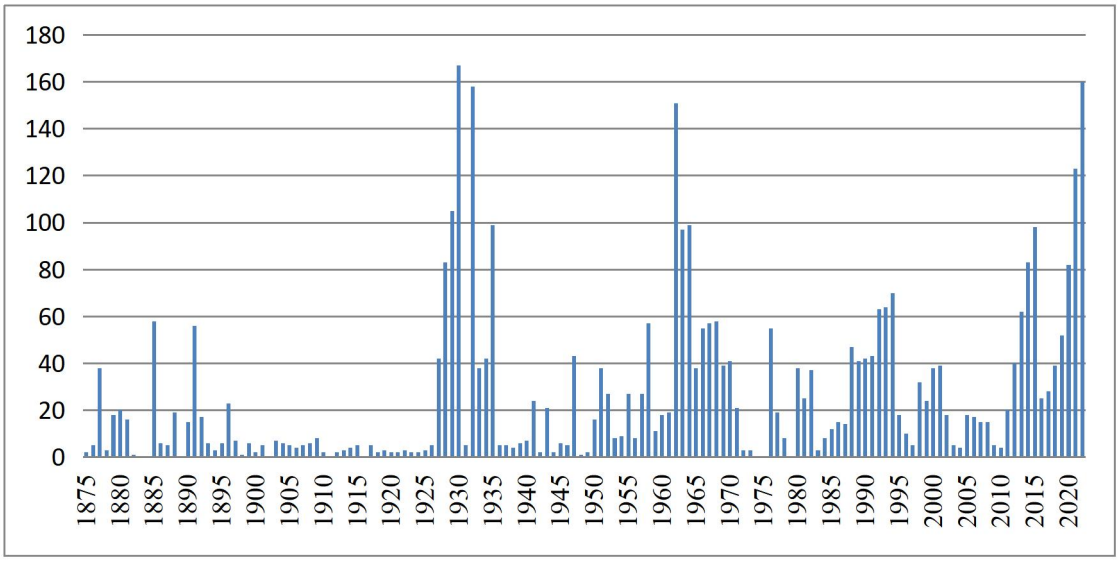


Рис.1.«Изменение числа селевых паводков по годам в Республике Узбекистан в период с 1874 по 2022 годы»

Место образования разливного (поверхностного) селя — это относительно крутые (350–550 м) открытые участки горных пород, состоящие из плотных и сильно разветвленных эрозионных желобов, в которых скапливается большое количество мелких подповерхностных селей (микро-ПСМ), и в них формируются отдельные микро селевые потоки.

4.Оценка селевой опасности на конкретном участке дороги

Паркентский район Ташкентской области является одной из природных территорий, наиболее подверженных селевым потокам и паводкам. В настоящее время в результате изменения климата, колебаний количества атмосферных осадков, а также ускоренного таяния снега в горах опасность селевых явлений с каждым годом усиливается. Особенно внезапные селевые паводки, происходящие в бассейне реки Паркентсой, наносят серьёзный ущерб региональной инфраструктуре, в частности дорожному хозяйству и инженерным сооружениям.



Дорожная инфраструктура играет важную роль в

экономических, социальных и транспортных связях любой территории. В результате селевых паводков разрушение автомобильных дорог, выход из строя мостов, водопропускных труб и других искусственных сооружений приводит не только к нарушению транспортного сообщения, но и оказывает негативное влияние на повседневную жизнь населения. В связи с этим анализ селевых явлений в бассейне реки Паркентсой, их воздействия на дорожное хозяйство, а также изучение эффективности существующих защитных мероприятий являются одними из актуальных научных и практических задач.



Рис.2,3. D032 автомобильной дороги в районе ПК 40 у въезда на мост скопились мелкие камни и илистые наносы

В пределах русла, по которому осуществляется пропуск водного потока, зафиксировано скопление растительных фрагментов, корневых систем деревьев, а также различных видов бытовых отходов. Русло под мостовым сооружением выражено слабо и имеет неустойчивую конфигурацию. Прохождение воды происходит в межопорном пространстве между первой и второй опорами, а также за тыльной частью второй опоры, что указывает на нарушение проектного направления потока. На участке автомобильной дороги D032 в районе ПК 172 в подмостовом пространстве отмечается накопление мелкообломочного материала и илистых отложений. Образование наносного поднятия под мостом приводит к уменьшению живого сечения водопропускного отверстия, вследствие чего возрастает вероятность выхода селевого потока на уровень пролетного строения и возникновения аварийной ситуации.



Рис.4. Накопление наносов и размыв русла у опоры моста на автомобильной дороге D032

Таким образом, основываясь на вышеуказанных классификационных показателях и анализе горных и предгорных территорий Узбекистана в разрезе областей, мы отмечаем следующее: селевые бассейны Ферганской долины относятся к группе «экстремально высокой опасности»; Кашкадарьинской и Джизакской областей — к группе «очень высокой опасности»; Ташкентской, Сурхандарьинской и Самаркандской областей — к группе «высокой опасности»; а селевые бассейны Навоийской и Сырдарьинской областей составляют группу «умеренной (средней) опасности». Данные характеристики должны учитываться при проектировании сооружений в случаях, соответствующих 7 и более баллам по шкале интенсивности.

2.1. Нормативный метод расчета

Характер потока под мостовым переходом аналогичен характеру протекания воды через водослив с широким порогом. Порядок расчета параметров подмостового потока следующий. В первую очередь оценивается максимально допустимая скорость течения, которая рассчитывается на основе гидрометрических данных либо определяется исходя из характеристик грунтов, слагающих русло реки. Затем вычисляется коэффициент стеснения русла ε. После этого, с учетом II-свойства водосливов с широким порогом, рассчитывается глубина воды под мостом (a):

$$a=\frac{v^2}{g}$$

Где: v — максимальная скорость (м/с); g — ускорение свободного падения (9,81 м/с^2).

Исходя из значения расхода воды заданной обеспеченности, рассчитывается ширина потока под мостом b (м):

$$b=\frac{Q}{\varepsilon * a * v}$$

и разность глубин (перепад) Z (м) по Н. Н. Павловскому:

$$Z=\frac{1}{\varphi^2}*\frac{v^2}{2g}=0.057*v^2$$

Где: коэффициент скорости φ = 0,95.

Затем рассчитывается глубина воды перед мостом:

$$h=a+Z$$

В дальнейшем необходимо выполнить проверочный расчет параметров потока и моста, определив расчетный расход воды по формуле водопропускной способности с учетом формы отверстия моста, степени его затопления и других факторов.

3. Заключение

Селевые потоки оказывают значительное влияние на состояние автомобильных дорог и мостов, вызывая разрушение земляного полотна, опор мостов и дренажных систем, что снижает долговечность и эксплуатационную надежность транспортной инфраструктуры (Денисов Ю.М., 2019; Шахидов А.Ф., 2020; Салимова Б.Д., 2021) [7, 8, 11]. Анализ нормативных документов Республики Узбекистан (ШНК 2.05.02–23, СНК 2.05.02–07, КМК 2.01.01–94) показывает необходимость учета гидрологических и геологических факторов при проектировании дорог и мостов, особенно в районах с высокой селевой активностью [1–3].

Использование современных цифровых методов прогнозирования селевых потоков и моделирования дренажных систем позволяет оптимизировать защитные инженерные сооружения и снизить риск разрушений (L. Cheng, A. AghaKouchak, 2020; I. Rahmoun, 2018) [13, 14,10]. Комплексный подход, включающий инженерные, архитектурно-ландшафтные и экологические решения, обеспечивает не только функциональную устойчивость трасс, но и их гармоничное включение в окружающий ландшафт, что особенно важно для регионов с различной степенью селевой опасности [7, 8, 11,].

Список литературы

1. ШНК 2.05.02–23. Автомобильные дороги. Требования к проектированию. Республика Узбекистан.
2. СНК 2.05.02–07. Мостовые сооружения. Нормы проектирования. Республика Узбекистан.
3. КМК 2.01.01–94. Проектирование автомобильных дорог. Нормативные документы. Республика Узбекистан.
4. ШНК 2.04.03–19**.** Дренажные системы и защита земляного полотна. Республика Узбекистан.
5. Денисов Ю.М. *Влияние гидрологических процессов на эксплуатацию автомобильных дорог*. Москва: Транспорт, 2019.
6. Шахидов А.Ф. *Инженерная защита трасс в предгорных районах*. Ташкент, 2020.
7. Салимова Б.Д. *Селевые потоки и их воздействие на мостовые сооружения*. Самарканд, 2021.
8. ERA5 Reanalysis Data. *Climate and hydrological data for Central Asia*. ECMWF, 2018–2022.

9. L. Cheng, A. AghaKouchak. *Digital modeling of debris flows for infrastructure planning*. Journal of Hydrology, 2020.
10. I. Rahmoun. *Assessment of debris flow risks for road infrastructure*. Natural Hazards, 2018.
11. Н. Н. Павловский. *Гидромеханика и водопропускные сооружения*. Москва: Наука, 1985.
12. Дополнительные архивные метеорологические и гидрологические данные наземных станций Узбекистана (1874–2022 гг.).
13. L. Cheng, A. AghaKouchak. Цифровые модели селевых потоков. Журнал гидрологии, 2020.
14. I. Rahmoun. Методы оценки селевых потоков для транспортной инфраструктуры. Natural Hazards, 2018.
15. Государственные исследования и отчеты по инженерной защите предгорных территорий Узбекистана, 2019–2022 гг.
16. Международные руководства по проектированию дренажных систем и защитных конструкций.