

КЛИМАТИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО СЕКТОРА РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН: АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТИ, ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ПРАКТИКА ВНЕДРЕНИЯ

Абдулло Мамадамон

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан

Девяносто три процента территории Республики Таджикистан занимают горы, и из этой одной цифры вытекает почти всё остальное: чувствительность дорожной сети к климату, стоимость её содержания, потери от каждого перерыва движения. Работа оценивает уязвимость транспортного сектора и разбирает складывающуюся систему адаптационного управления. Методология смешанная. Через контент-анализ пропущен корпус стратегических и нормативных документов, включая Четвёртое национальное сообщение по РККИ ООН и ОНУВ; экономические показатели взяты из отчётности Всемирного банка, Азиатского банка развития и ЕБРР; физические параметры среды получены синтезом данных климатического моделирования СМIP6 по региону Центральной Азии. Ежегодный ущерб дорожной сети от опасных природных явлений составляет 45 млн долл. США, или 0,5 % ВВП, а к середине 2030-х годов расчёты дают 80 млн долл. США. Сели формируют 36 % обследованных опасных участков, лавины 31 %, камнепады 13 %. Дорожает ремонт. Дорожает содержание. Вовремя сделанные адаптационные вложения разворачивают этот тренд, и ожидаемые потери ВВП снижаются с 5–6 % до 2,0–3,8 %. Приоритизацию инженерных проектов предложено вести по методологии «затраты–выгоды», климатические критерии вводить в регламенты дорожного планирования на основе оценки жизненного цикла; отдельно обоснованы дорожный фонд содержания и полномасштабное развёртывание систем раннего предупреждения.

Ключевые слова: изменение климата; адаптация; транспортная инфраструктура; Таджикистан; устойчивость; сели; лавины; климатические риски; дорожная сеть; снижение риска бедствий.

МУТОБИҚШАВӢ БА ТАӢИРОТИ ИҚЛИМ ДАР БАХШИ НАҚЛИЁТИ ҶУМӢУРИИ ТОҶИКИСТОН: АРӢӢИ ОСЕБПАЗИРӢ, ҶАӢОРЧӢБАИ ИНСТИТУСИОНАЛӢ ВА АМАЛИЯИ ТАТБИҚ

Абдулло Мамадамон

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, ш. Душанбе Ҷумҳурии Тоҷикистон

Наваду се фоизи қаламрави Ҷумҳурии Тоҷикистон кӯхистон аст. Ин хусусияти ҷуғрофӣ ҳассосияти баланди инфрасохтори логистикиро ба тағйирёбии иқлим муайян мекунад. Дар ин мақола арзёбии ҳамаҷонибаи осебпазирӣ бахши нақлиёт пешниҳод шудааст. Системаи навбунёди идоракунии мутобиқшавӣ таҳлил карда шудааст. Методологияи омехта истифода шудааст. Маҷмуи ҳуҷҷатҳои стратегӣ ва танзимкунанда, аз ҷумла Гузориши чоруми миллий дар доираи Конвенсияи иқтисодии тағйирёбии иқлими СММ ва Саҳми дар сатҳи миллий муайяншуда мавриди таҳлил қарор дода шудаанд. Нишондиҳандаҳои иқтисодӣ ба гузоришҳои Бонки Ҷаҳонӣ, Бонки Рушди Осӣ ва Бонки Аврупои Таҷдид ва Рушд асос ёфтаанд. Параметрҳои физикии муҳити зист бо роҳи синтези маълумоти моделсозии иқлимӣ СМIP6 барои минтақаи Осӣи Марказӣ ба даст оварда шудаанд. Зарари иқтисодии солоне ба шабакаи роҳҳо аз офатҳои табиӣ 45 миллион доллари ИМА (0,5% ММД)-ро ташкил медиҳад. Тибқи таҳлилох ин рақам то миёнаҳои солҳои 2030 то 80 миллион доллари ИМА афзоиш хоҳад ёфт. Сел 36%, тарма ва сангрэзӣ мутаносибан 31% ва 13% минтақаҳои хатарнокро ташкил медиҳанд. Сенарияҳои иқлимӣ афзоиши хароҷоти иловагиро барои таъмир ва нигоҳдории роҳҳо пешгӯӣ мекунад. Сармоягузориҳои мутобиқшавии саривақтӣ метавонанд ин тамоюли манфиро баргардонанд. Талафоти пешбинишудаи ММД аз сабаби тағйирёбии иқлим аз 5-6% то 2.0-3.8% коҳиш дода мешавад. Пешниҳод мешавад, ки афзалияти лоиҳаҳои муҳандисӣ бар асоси методологияи хароҷот ва фонда асос ёбад. Таъсиси фонди нигоҳдории роҳ ва ҷойгиркунии пурраи системаҳои огоҳкунии барвақт зарур аст. Таъсис дода мешавад, ки меъёрҳои иқлимӣ бо истифода аз арзёбии давраи ҳаёт ба қоидаҳои банақшагирии роҳ ворид карда шаванд.

Калидвожаҳо: тағйирёбии иқлим; мутобиқшавӣ; инфрасохтори нақлиёт; Тоҷикистон; устуворӣ; сел; тармаҳо; хатарҳои иқлимӣ; шабакаи роҳҳо; коҳиши хатари офатҳо.

CLIMATE CHANGE ADAPTATION OF THE TRANSPORT SECTOR OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN: VULNERABILITY ASSESSMENT, INSTITUTIONAL FRAMEWORK AND IMPLEMENTATION PRACTICE

Abdullo Mamadamon

Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Dushanbe, Tajikistan

Mountains cover ninety-three percent of Tajikistan. That single figure shapes the country's logistics: the road network absorbs climate stress with almost no modal alternative behind it. This article assesses the vulnerability of the transport sector and examines the adaptation governance system now taking shape. The design is mixed-method. Content analysis covers strategic and regulatory documents, among them the Fourth National Communication under the UNFCCC and the updated NDC; economic figures come from World Bank, Asian Development Bank and EBRD reporting; physical parameters of the environment were derived by synthesising CMIP6 climate modelling data for Central Asia. Annual damage to the road network from natural hazards stands at USD 45 million, or 0.5% of GDP, and projections push it to USD 80 million by the mid-2030s. Among the surveyed hazardous sites, mudflows account for 36%, avalanches for 31%, rockfalls for 13%. Repair and maintenance costs rise under every scenario examined. Adaptation investment made in time reverses the trend: expected GDP losses fall from 5-6% to 2.0-3.8%. Engineering priorities are best set through cost-benefit analysis. A road maintenance fund and the full deployment of early warning systems are treated here as prerequisites rather than options, while climate criteria should enter road planning regulations through life-cycle assessment.

Keywords: climate change; adaptation; transport infrastructure; Tajikistan; resilience; mudflows; avalanches; climate risks; road network; disaster risk reduction.

1. Введение (*Introduction*)

Климат ограничивает социально-экономическое развитие горных стран Центральной Азии жёстче, чем это принято закладывать в отраслевые планы. Таджикистан здесь случай предельный: горы занимают девяносто три процента территории, и природно-климатическая уязвимость государства оказывается не следствием отдельных неудачных решений, а свойством ландшафта. Сели, лавины, камнепады, оползни, наводнения, накладывающиеся на сейсмическую активность, фиксируются регулярно [6, 12, 21]. Страдают и сооружения, и люди. За период 1992–2016 гг. совокупные финансовые потери страны от стихийных бедствий превысили, по расчётам Всемирного банка, 1,8 млрд долл. США; прямым либо опосредованным воздействием климатических инцидентов было затронуто около 7 млн человек [25].

Транспорт в этой картине занимает особое место. Морского выхода нет. Отсюда абсолютная зависимость от эксплуатационного состояния автодорожной сети: внутреннюю связь между регионами, разделёнными хребтами, обеспечивают только наземные трассы, они же принимают транзитные грузопотоки международных коридоров Центральноазиатского регионального экономического сотрудничества (ЦАРЭС). Значительная часть сети запроектирована в экстремальных геометрических параметрах, среди узких долин, перевалов и крутых склонов. Полотно испытывает здесь комбинированное гидрометеорологическое и геологическое давление. Что происходит при перерыве движения на транзитных артериях (Душанбе — Чанак, Душанбе — Куляб — Хорог, Памирский тракт), известно по многолетней практике: к физическому разрушению объектов добавляется изоляция населённых пунктов, а доступ к рынкам сбыта, профильным медицинским и образовательным учреждениям прекращается полностью [21, 25].

Динамика климата эту зависимость обостряет. Национальные сообщения Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата дают рост среднегодовой температуры воздуха в 0,1–0,2 °C за десятилетие, причём Центральная Азия теплеет быстрее мира в целом [11, 27]. Параллельно идёт деградация оледенения Памиро-Алая: с 1957 по 2000 г. запасы воды в ледниках сократились более чем на 25 %, свыше 1000 малых ледников исчезли полностью [2]. Меняется гидрологический режим рек. Чаше прорываются ледниковые озёра, чаше сходят селевые потоки, и нагрузка на транспортные коммуникации растёт напрямую.

Климатическая адаптация транспортной инфраструктуры горных стран разрабатывалась главным образом под эгидой Всемирного банка, Азиатского банка развития (АБР) и Глобального фонда по снижению риска бедствий и восстановлению (GFDRR) [12, 16, 25, 26]. Литература обширна. Комплексных же работ, где оценка физической уязвимости сети Таджикистана соединялась бы с экономическим анализом ущерба и разбором институциональной системы адаптационного управления, сложившейся после принятия Национальной стратегии адаптации к изменению климата на период до 2030 года, по-прежнему мало [3].

Цель работы состоит в комплексной оценке уязвимости транспортного сектора Республики Таджикистан к изменению климата, а вместе с ней институциональных механизмов и практики реализации адаптационных мер. Задач четыре: (1) систематизировать данные о наблюдаемых и прогнозируемых климатических изменениях, значимых для транспортной инфраструктуры; (2) охарактеризовать профиль природно-климатических угроз дорожной сети и оценить экономический ущерб; (3) проанализировать национальную нормативно-стратегическую базу адаптации в части транспортного сектора; (4) обобщить опыт адаптационных инфраструктурных проектов и предложить рекомендации по повышению климатической устойчивости сектора.

2. Материалы и методы (*Materials and methods*)

Одномерная измерительная схема здесь не работает. Физические параметры климатических рисков, массивы экономических данных об ущербе и содержание политико-правовых документов приходится держать в поле зрения одновременно, иначе оценка распадается на три несвязанных сюжета. Исследование построено на смешанной методологии (*mixed methods*): качественные и количественные инструменты кабинетного анализа сведены в единый вычислительный и аналитический контур сообразно специфике предметной области.

Информационную базу составили четыре группы источников.

Первый массив образует корпус национальных стратегических и нормативных правовых документов Республики Таджикистан. Базовые векторы зафиксированы в Национальной стратегии развития на период до 2030 года [4] и Обновлённом определяемом на национальном уровне вкладе (ОНУВ, 2021 г.) [24]. Государственный алгоритм противодействия угрозам регламентирован Национальной стратегией адаптации к изменению климата на период до 2030 года, утверждённой

постановлением Правительства Республики Таджикистан от 2 октября 2019 г. № 482 [3]; механизмы её реализации детализирует План действий на 2025–2027 годы, принятый постановлением Правительства от 24 июля 2025 г. № 404 [5]. Замыкает блок Четвёртое национальное сообщение по РКК ООН [11].

Вторую группу составляет аналитика международных институтов. Экономические последствия климатических бедствий на основных транспортных коридорах рассчитаны по профильным оценкам Всемирного банка и GFDRR [21, 25], макроэкономический контекст извлечён из Странового доклада о климате и развитии (CCDR, 2024 г.) [26]. Отраслевую специфику раскрывают секторальная оценка транспорта АБР [12] и совместный страновой профиль климатических рисков АБР и Всемирного банка [16]. Инвестиционно-инженерные решения пришлось разбирать по первичной проектной документации АБР, ЕБРР и Азиатского банка инфраструктурных инвестиций, регламентирующей дорожные проекты [13–15, 23].

Третий кластер дало климатическое моделирование по территории Центральной Азии: пространственные проекции ансамблей CMIP5/CMIP6, сценарии SSP для бассейна реки Пяндж и высокогорных зон Таджикистана [17, 18, 27]. Прогностический компонент сверен с выкладками Четвёртого национального сообщения [11]. Привлечены и цифровые массивы Портала знаний об изменении климата Всемирного банка [22].

Четвёртую группу образует официальная национальная статистика. Макроэкономические показатели и характеристики дорожной сети взяты из сборника «Транспорт и связь Республики Таджикистан» [10] и Статистического ежегодника Республики Таджикистан [7]. Динамику и локализацию зарегистрированных опасных природных явлений протоколируют оперативные сводки Комитета по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве Республики Таджикистан, а отдельные эпизоды, в официальные сводки не попавшие, восстанавливались по материалам национальных средств массовой информации [8, 9].

Методический аппарат распадается на пять направлений. Нормативно-стратегический массив пропущен через контент-анализ; профильные транспортные положения отбирались по трём критериям, а именно: наличие целевых показателей, закреплённость механизмов финансирования, прямое распределение институциональной ответственности. Формулировки, не отвечающие ни одному из трёх, в выборку не включались.

Оценка ущерба дорожной сети опирается на вторичный статистический анализ. Базовый массив дала инспекция 2020 года: полевое обследование в рамках проекта Всемирного банка и GFDRR [25] охватило более 2000 км магистралей, что позволило распределить опасные участки по типу физической угрозы.

Проектные подходы международных финансовых институтов к климатической устойчивости объектов сопоставлены сравнительно-аналитическим методом, а синтез и обобщение климатических проекций выполнены в проекции на инфраструктурные риски. Базовая экспозиция системы растёт. Подтверждение даёт статистический анализ динамики грузовых и пассажирских перевозок за 2018–2023 гг. по официальным сводкам [10].

Ограничения работы стоит назвать прямо. Национальная статистика потерь по железнодорожному и воздушному транспорту фрагментарна, источники считают ущерб по несогласованным методикам, а сложный горный рельеф даёт высокую степень неопределённости при наложении глобальных климатических проекций на локальные условия. Финансовые и количественные метрики зафиксированы на момент публикации профильных первоисточников и с их обновлением будут смещаться.

3. Результаты (Results)

3.1. Наблюдаемые и прогнозируемые климатические изменения, значимые для транспортного сектора

Центральная Азия теплеет быстрее планеты в среднем, и результаты моделирования CMIP6 эту динамику подтверждают [27]. Транспортная инфраструктура республики работает, следовательно, в среде, которая меняется быстрее заложенных когда-то проектных допущений: деградация криосферы сопровождается статистически значимым учащением волн экстремальной жары.

Градиент устойчив. За период 1940–2020 гг. температура воздуха повышалась на 0,1–0,2 °C за каждое десятилетие [11, 16, 22], причём распределение по территории неравномерно: на отдельных равнинных участках совокупный прирост среднегодовой температуры достигал 0,5–0,8 °C. Четвёртое национальное сообщение прогнозирует дальнейший сдвиг термического фона, к 2030 г. ещё на 0,2–0,4 °C [11].

С увлажнением картина сложнее. Национальный прогноз к 2050 г. указывает на сокращение годовой суммы осадков примерно на 5 % при выраженном сезонном перераспределении: зимняя норма снижается на 2 %, весенняя на 5 %, летняя прибавляет 1 %, осенняя 4 % [11]. Количество сухих дней растёт в среднем на 3 суток. Засушливая зима и влажное лето, взятые вместе, повышают вероятность и засух, и паводков, а для дорожной сети это сочетание едва ли не худшее из возможных. Оледенение уходит быстро. При сценарии потепления на 2 °C к 2050 г. в бассейне реки Зеравшан прогнозируется потеря 50 % ледников [11].

Региональные оценки ансамблей CMIP6 предсказывают, напротив, рост количества осадков в высокогорьях [17, 18]. С национальным прогнозом расчёт расходится, и расхождение показательно: гидродинамические проекции для сложного горного рельефа остаются неопределёнными, детерминированный расчёт инженерных параметров здесь невозможен. Значит, проектные решения инфраструктурных объектов приходится обосновывать многовариантным сценарным подходом, закладывая запас на обе ветви прогноза.

Итог трансформации гидрологического цикла для инженера прозаичен: разрушение мостовых переходов, потеря несущей способности дорожных оснований. Проекция осадков для горных территорий Таджикистана пространственно специфична, и прирост атмосферной влаги обеспечит преимущественно экстремальные ливни. Растёт селевая опасность.

Оценки с высоким пространственным разрешением задают чёткий тренд: к середине столетия отдельные сценарии SSP дают увеличение сумм осадков в высокогорных участках до 33 % [17, 18]. Юго-восточные районы страны выйдут на прирост до 16 % уже в ближнесрочной перспективе, то есть в 2021–2050 гг.

Паводковая нагрузка усилится многократно. Косвенное подтверждение даёт профильное моделирование бассейна реки Пяндж: дренарующая массивы Памира речная система переживает удлинение периода абляции ледников, объём поверхностного стока в тёплый сезон растёт устойчиво [17]. Экстремальные пики расхода воды начинают напрямую ограничивать эксплуатационный ресурс инженерных объектов.

Термические максимумы дают пластическую деформацию и растрескивание асфальтобетона. Водоотводные системы, перегруженные ливневыми потоками, подмывают мостовые основания, разрушаются деформационные швы [8, 21]. Отдельный сюжет составляет земляное полотно высокогорных магистралей, включая Памирский тракт: его несущая способность падает по мере деградации горной многолетней мерзлоты, и остановить процесс в горизонте проектного срока службы нечем.

Комплекс физических воздействий климата на транспортную инфраструктуру систематизирован в оценках Всемирного банка [21, 25] по пяти базовым направлениям.

Начинается перечень с интенсификации дождевых осадков: кратно растёт число паводков и сходов селевых масс. Далее идут температурные аномалии зимнего периода, когда участвовавшие оттепели накладываются на циклы обильных снегопадов и лавинная опасность возрастает. Третий механизм тоньше. Сезонные границы промерзания смещаются, позднее установление отрицательных температур вкупе с ранним весенним таянием дестабилизирует склоны, отсюда оползневые сдвиги и камнепады. Замыкают список термический износ дорожных покрытий и потеря устойчивости мерзлотных грунтовых оснований.

Нагрузка многофакторна и разноскоростна. Мгновенное разрушение инфраструктуры инициируют экстремальные события: сели, сходы лавин, паводки. Медленные процессы идут параллельно, и деградация горной мерзлоты вместе с термическим старением покрытий истощает эксплуатационный ресурс непрерывно, без заметных событий, без сводок ЧС. Универсальное инженерное решение при такой разнице скоростей невозможно в принципе, нужны дифференцированные адаптационные стратегии.

3.2. Профиль уязвимости транспортной системы и динамика нагрузки на сеть

Модальных альтернатив наземным перевозкам практически нет, а экономическая экспозиция к климатическим рискам растёт пропорционально интенсивности транспортной работы: каждый перерыв движения парализует всё большие объёмы грузов. Цифры это подтверждают. За период 2018–2023 гг. совокупный объём транспортируемых грузов увеличился с 89,6 до 120,6 млн т, на 34,6 процента. Автомобильный сектор поднял показатель с 84,3 до 114,1 млн т, сформировав в 2023 году 94,6 процента общего объёма. База пассажирских перевозок выросла с 614,5 до 899,3 млн человек, из которых 97,5 процента пришлось на наземный автотранспорт [10]. Более чем на 90 процентов внутренние потоки, и грузовые, и пассажирские, привязаны к автомобильному сегменту [11].

Таблица 1 — Динамика перевозок грузов и пассажиров в Республике Таджикистан в 2018–2023 гг.

(составлено по данным [10])

Table 1 — Dynamics of freight and passenger transportation in the Republic of Tajikistan in 2018–2023

(compiled based on data from [10])

Показатель	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Перевозка грузов, всего, млн т	89,6	85,4	85,4	94,6	113,9	120,6
в т. ч. автомобильным транспортом	84,3	79,6	79,1	88,9	107,8	114,1
в т. ч. железнодорожным транспортом	5,3	5,8	6,3	5,7	6,1	6,5
Перевозка пассажиров, всего, млн чел.	614,5	658,1	653,7	746,8	853,7	899,3
в т. ч. автомобильным транспортом	588,0	619,2	614,6	703,1	806,1	876,7

Сектор образуют автомобильный, железнодорожный и воздушный подсекторы; вместе с отраслью связи этот кластер обеспечил 8,9 процента ВВП в 2019 году [11]. Общая протяжённость автомобильных дорог по выкладкам Четвёртого национального сообщения достигает 26,3 тыс. км, статус путей общего пользования закреплён за 14 339 км магистралей. Распределение внутри сегмента неравномерное: 62 процента приходится на местные дороги, 23 процента на международные трассы, оставшиеся 15 процентов на республиканские линии. Железные дороги ограничены 987 км. Электрифицированных участков нет вовсе [11].

Административную принадлежность уточняют оценки АБР: порядка 14,0 тыс. км, или 52,2 процента, в ведении Министерства транспорта, остальные 12,8 тыс. км приходятся на ведомственные дороги [12].

Физический износ сети объясняется хронологией. Значительная часть магистралей проектировалась в 1960–1980-е годы по нормативам, которые современную климатическую нагрузку не учитывали в принципе, да и учитывать не могли.

Наиболее полная на сегодня оценка физической уязвимости выполнена в 2020 г. в рамках исследования Всемирного банка и GFDRR: обследовано более 2000 км ключевых коридоров, выявлен 331 участок с высокой подверженностью опасным природным явлениям [21, 25]. Их распределение по доминирующему типу угрозы приведено в таблице 2.

Таблица 2 — Распределение опасных участков ключевых дорожных коридоров Республики Таджикистан по видам стихийных бедствий (по данным [21, 25])

Table 2 — Distribution of hazardous sections of key road corridors of the Republic of Tajikistan by types of natural disasters (according to data from [21, 25])

Тип угрозы	Доля опасных участков, %	Основные климатические драйверы
Сели (селевые потоки)	36	Интенсивные ливни, прорывы ледниковых озёр
Снежные лавины	31	Обильные снегопады, чередование снегопадов и оттепелей
Камнепады	13	Циклы замерзания–оттаивания, дестабилизация склонов
Паводки и затопления	10	Экстремальные осадки, ускоренное снеготаяние
Оползни	8	Переувлажнение грунтов, подрезка склонов
Эрозия	3	Размыв обочин и оснований водными потоками

Две трети выявленных рисков, 67 %, дают сели и лавины. Интенсивность обоих процессов прямо связана с режимом осадков и температуры, а значит, будет нарастать по мере изменения климата. Территориально опасные участки концентрируются в Горно-Бадахшанской автономной области, Раштской долине и на горных отрезках коридора Душанбе — Худжанд.

Комитет по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне даёт за 1997–2018 гг. совокупный ущерб от связанных с климатом стихийных бедствий в 589 млн долл. США, в среднем более 25 млн долл. США в год; тяжелее всего бьют паводки и наводнения, оползни, сели, лавины, засухи (данные обобщены в Четвёртом национальном сообщении) [11].

Июль 2015 года, ГБАО. Массированный сход селей, паводки, несколько разрушенных мостов, отрезанные горные кишлаки. На восстановление 17 мостовых переходов потребовался отдельный проект Всемирного банка по укреплению критической инфраструктуры, причём реконструкция велась по принципу «строить лучше, чем было» [21].

Топология сети резервирования транзита не допускает: объездных путей в большинстве случаев нет, а вынужденное изменение маршрута даёт перепробег в сотни километров. Показателен эпизод с дорогой Обигарм — Нуробод. До её ввода в эксплуатацию потенциальное затопление участка действующей трассы водохранилищем Рогунской ГЭС блокировало прямой логистический коридор, и связь Душанбе с северо-восточными регионами страны и границей Кыргызстана потребовала бы объезда протяжённостью около 500 км [14]. Локальный дефицит альтернатив конвертируется в системную уязвимость всего комплекса.

3.3. Экономическая оценка ущерба и эффективности адаптации

Ежегодный экономический ущерб дорожной сети Таджикистана от опасных природных явлений достигает 45 млн долл. США, это 0,5 % ВВП страны [21, 25]. Интереснее структура убытков. Прямые затраты на восстановление полотна и потери от перебоев в сообщении дают лишь часть суммы; ещё около трети совокупного показателя генерирует территориальная изоляция населённых пунктов. В течение десятилетия при сохранении текущих климатических трендов ежегодный убыток вырастет до 80 млн долл. США [21, 25].

Макроэкономическую динамику фиксирует Страновой доклад о климате и развитии (CCDR, 2024 г.): только от наводнений ущерб транспортным коридорам и городам удвоится к 2050 г. Инерционный сценарий даёт совокупные потери ВВП на уровне 5–6 %, адаптационные инвестиции снижают показатель до 2,0–3,8 %, а физическое разрушение дорог и мостов паводками сокращается примерно на 60 % [26].

Секторальные проекции CCDR детализируют перспективу. Ремонт и содержание автодорог в 2041–2050 гг. потребуют превышения исторического базового бюджета на 145–165 млн долл. США ежегодно, и основным драйвером издержек выступают наводнения, что подтверждают и «влажный/тёплый», и «сухой/жаркий» климатические сценарии. Разрушения лягут неравномерно. Концентрация убытков ожидается на западе и северо-западе страны, максимум воздействия придётся на районы республиканского подчинения и Согдийскую область, инфраструктура Душанбе будет терять до 4000 долл. США на каждый километр. На восстановление мостовых переходов к 2050 г. по пессимистичному сценарию потребуются дополнительные 6 млн долл. США [26].

Потребность в финансировании климатоустойчивой инфраструктуры и сельского хозяйства на период до 2030 г. оценена в 2 млрд долл. США, к 2050 г. требуемые капиталовложения достигают 5,4 млрд долл. США, около 1,7 % ВВП. Три направления абсорбируют порядка 70 % государственных инвестиций: автомобильные дороги, ирригация, управление водными ресурсами [26].

Микроэкономику защитных мероприятий детализирует совместная оценка Всемирного банка и GFDRR [21, 25]. Полная инженерная защита 331 опасного участка обходится дороже 400 млн долл. США, и перечень работ показывает, откуда берётся сумма: противолавинные галереи, подпорные стены, селепропускные сооружения, снегозадерживающие и гибкие противокампнепадные барьеры, водоотводные системы, усиление мостов, увеличенные водопропускные трубы, поднятие земляного полотна, локальные переносы трасс.

Реализовать пакет целиком экономически бессмысленно. Показывает это анализ «затраты–выгоды», и удобнее всего разбирать его на противолавинных галереях: предложено 65 сооружений, средняя стоимость объекта превышает 4 млн долл. США, а защищает одна конструкция в среднем 175 м дороги. Там, где интенсивность движения низкая, такие вложения не окупятся.

Оправдана, следовательно, лишь выборочная реализация мер. Капитальные решения на отдельных отрезках необходимо связывать с системами раннего предупреждения, мониторингом опасностей, прогнозным моделированием и регламентным временным закрытием трасс в периоды пикового риска [21, 25].

Бюджет государства ограничен. Оптимум складывается из комбинации: адресные вложения в защиту критических звеньев сети плюс информационные и институциональные механизмы, поскольку именно некапиталоёмкие меры дают заметно более высокое соотношение выгод и затрат.

3.4. Институционально-правовая база адаптации транспортного сектора

Складывалась система стратегического управления климатической адаптацией в 2016–2025 гг. Профильные приоритеты транспортного сектора закреплёны в базовых документах (таблица 3).

Таблица 3 — Стратегический и нормативный каркас адаптации транспортного сектора Республики Таджикистан

Table 3 — Strategic and regulatory framework for the adaptation of the transport sector of the Republic of Tajikistan

Документ	Правовое основание, год	Положения, значимые для транспорта
Национальная стратегия развития РТ до 2030 г. [4] [2]	Пост. МН МО РТ № 636 от 01.12.2016	Преодоление коммуникационной изоляции и переход к транзитной модели отнесены к четырём стратегическим целям; изменение климата признано системным риском развития
Национальная стратегия адаптации к изменению климата до 2030 г. [3]	Пост. Правительства РТ № 482 от 02.10.2019	Транспорт закреплён среди четырёх приоритетных направлений адаптационной политики наряду с энергетическим комплексом, сельским хозяйством и управлением водными ресурсами [3, 11]
Государственная целевая программа развития транспортного комплекса РТ до 2025 г.	Утв. Правительством РТ	Продление эксплуатационного ресурса дорожной сети и её сопротивляемости климатическим аномалиям за счёт комплекса инженерно-технических решений [11]
Обновлённый ОНУВ (NDC) [24]	2021 г., представлен в РКИК ООН	Транспорт входит в пятёрку приоритетных секторов митигации и адаптации; на энергетику и транспорт прогнозируется по ~20 % совокупных климатических издержек
Четвёртое национальное сообщение по РКИК ООН [11]	Представлено в РКИК ООН	Оценка уязвимости инфраструктуры: риски деградации мерзлоты, термическое разрушение покрытий дорог и мостов
План действий НСАИК на 2025–2027 гг. [5]	Пост. Правительства РТ № 404 от 24.07.2025	Совокупный бюджет программных мероприятий составляет приблизительно 2,92 млрд сомони, из них на раздел «Транспорт» приходится 46,5 млн сомони. Средства распределены по трём направлениям: стимулирование экологически чистого транспорта, развёртывание сети зарядных станций для электромобилей, создание защитных лесополос вдоль автодорог.

Содержание повестки раскрыто в ОНУВ и Четвёртом национальном сообщении. Долгосрочное обслуживание инфраструктуры, усиление её защиты, придорожные лесонасаждения в полосе отвода, улучшение подъездных путей в уязвимых зонах с учётом гендерных, социальных и возрастных аспектов доступа населения к дорожной сети [1] — таков перечень адаптационных мер. Митигационный контур охватывает топливную экономичность, перевод парка на гибридные автомобили и электромобили, увязку транспортного и городского планирования с развитием общественного транспорта [11, 24]. Запланировано и обновление строительных норм, включая стандарты климатической устойчивости для дорог, путепроводов и мостов [1]. Повестка сводит адаптацию и митигацию воедино, однако остаётся рамочной: количественных показателей и гарантированных источников финансирования в документах нет.

Эволюция институциональной базы прослеживается отчётливо: от общего признания рисков в НСР-2030 [4] к секторальной приоритизации в НСАИК-2030 [3] и ОНУВ [24], далее к адресному Плану действий [5]. Три системных пробела при этом никуда не делись.

Диспропорция финансирования — первый. Транспортный раздел Плана действий на 2025–2027 годы сфокусирован на митигации (электромобильность) и некапиталоёмких мерах (лесополосы), тогда как капиталоемкая защита от лавин и селей держится преимущественно на внешних грантах и заимствованиях. Сопоставим порядки: 46,5 млн сомони, порядка 4–5 млн долл. США, против расчётной потребности в 400 млн долл. США [5, 9, 25].

Второй пробел связан с отсутствием обязательных нормативов. Разработка стандартов климатической устойчивости в ОНУВ декларирована [24], однако профильные кодексы дорожного проектирования не введены, и учёт климатических рисков в инфраструктурных проектах регулируется требованиями международных доноров, а не национальным законодательством.

Третий — институциональная фрагментация. Ответственность между Министерством транспорта, Комитетом по чрезвычайным ситуациям, Комитетом по охране окружающей среды и местными органами власти разграничена нечётко, единого регламента нет, и сквозной цикл управления рисками по схеме «прогноз — предупреждение — защита — восстановление» попросту не складывается.

3.5. Практика реализации

Практическая адаптация дорожной сети Таджикистана держится на внешнем финансировании (табл. 4). Инициативы сосредоточены в периметре проектов международных финансовых институтов, где требования климатической устойчивости выступают обязательным стандартом проектирования, а не пожеланием.

Таблица 4 — Крупнейшие инфраструктурные проекты с компонентами климатической адаптации в транспортном секторе Республики Таджикистан

Table 4 — Largest infrastructure projects with climate adaptation components in the transport sector of the Republic of Tajikistan

Проект	Финансирование	Параметры и адаптационные элементы
Дорога Обигарм — Нуробод (коридоры ЦАРЭС 2, 3, 5) [14, 15]	АБР — грант 110 млн долл.; ЕБРР — 44,8 км второго участка; АБИИ — 70 млн долл. (мост); ОПЕК-Фонд	72 км климатоустойчивой дороги, 3 тоннеля (~6 км), высокий мост ~700 м и 13 мостов (~975 м); экспертиза климатических рисков по методологии FutureWater; трассировка в обход 500-километрового объезда
«Зелёный коридор» Дангара — Гулистон [13]	АБР — грант 86,67 млн долл.; ЕБРР — заём 40 млн долл.; Правительство РТ — 23 млн долл.	Расширение трассы до 4 полос на отрезке 49 км, пилотная эко-инициатива АБР; погодоустойчивые технические решения, монтаж ЭЗС в гг. Дангара и Бохтар; сроки исполнения 2025–2030 гг.
Укрепление критической инфраструктуры против стихийных бедствий (Всемирный банк) [21]	Всемирный банк (МАР)	Реконструкция 17 мостовых переходов в ГБАО после гидрологических ЧС 2015 года с повышением исходных прочностных характеристик; комплекс инженерной защиты берегов
Проект готовности и устойчивости к бедствиям (Всемирный банк) [25]	Всемирный банк (МАР)	Укрепление опорных узлов инфраструктуры; развитие национальных механизмов управления риском бедствий и климатической адаптации

Проектная практика двигалась от ликвидации последствий к опережающему управлению рисками. Первое поколение проектов было реактивным: инфраструктуру восстанавливали постфактум, как после катастрофических паводков в ГБАО, где разрушенные мосты отстраивались заново с одновременным усилением защитных характеристик. Второй этап связан с проактивной оценкой. Проектирование трассы Обигарм — Нуробод изначально опиралось на специализированное исследование селевой, паводковой и лавинной опасности с наложением климатических сценариев [15].

Третье поколение формирует комплексный контур: реконструкция коридора Дангара — Гулистон объединяет жёсткую адаптацию с митигационными задачами [13], апробируются природоориентированные решения, закрепляющие стандарты «зелёных дорог» по методологии Азиатского банка развития.

Системному управлению климатической устойчивостью нужна методологическая опора, и концепцию жизненного цикла дорожной инфраструктуры для Таджикистана разработал Азиатский банк развития [19]. Логика её прозрачна. Вклад транспортного сектора в национальные выбросы парниковых газов оценивается приблизительно в 10 процентов, отсюда обоснование синергии адаптационных и митигационных мер на каждом этапе: проектирование, строительство, реабилитация, текущее содержание, эксплуатация увязаны в один контур.

Рекомендации концепции адресованы институциональным основам отрасли. Первоочередной задачей выступает устойчиво работающий дорожный фонд, который гарантирует бесперебойное финансирование содержания дорог [19]. Доходную базу фонда придётся диверсифицировать: переход на электромобили выводит финансирование за рамки традиционных топливных сборов. Параллельно необходимы обновление нормативной базы проектирования с одновременным учётом климатической адаптации и углеродной нейтральности, развитие механизмов государственно-частного партнёрства и профильных исследовательских платформ [19].

Пространственную конкретизацию капитальных вложений предлагает Страновой доклад о климате и развитии (CCDR) [26]. Приоритетные сегменты названы прямо: противолавинные галереи и снегозащитные барьеры критически необходимы на направлениях Лабиджар — Калайхумб, Мургаб — Каракуль — Кызыларт, Гулистон — Пяндж и Дехмой — Канибадам [26]. Для участков с низкой интенсивностью трафика расчёт даёт другой ответ, а именно системы раннего предупреждения вместо дорогостоящего капитального строительства [26].

Меняется и институциональная среда. Страновая стратегия ЕБРР на 2025–2030 годы закрепляет приоритет устойчивой инфраструктуры и зелёной экономики Таджикистана [23], а инструментарий CLIMADAPT решает смежную задачу, расширяя доступ частного сектора к профильным климатическим технологиям.

Реализованное на практике контрастирует с протяжённостью уязвимых зон. Глубокой модернизацией затронуто от 150 до 200 километров трасс против более чем 2000 километров детально обследованных высокорисковых коридоров [13, 14, 25]. Разрыв между точечными интервенциями и системной уязвимостью транспортного каркаса сохраняется.

4.Обсуждение (Discussions)

Институциональное становление адаптационного механизма идёт на фоне ресурсного дефицита, и масштаб физических угроз с текущим финансированием несопоставим. Потребность в капитальной инженерной защите превышает 400 млн долл. США [25]. Сопоставление с бюджетами национального плана действий и проектных инициатив даёт покрытие расчётных потребностей максимум на 10–15 процентов.

Паттерн этот характерен для государств с низким уровнем доходов и высокой уязвимостью к изменению климата, о чём и говорит Страновой доклад о климате и развитии (CCDR) [26]. Практика его подтверждает. Без масштабного притока внешнего климатического финансирования целевые показатели климатической устойчивости недостижимы, и признать это лучше на этапе планирования, чем по факту невыполнения.

Отсюда вопрос, от которого трудно уйти: удержит ли модель точечного донорского софинансирования инфраструктуру горных регионов при ускоренном таянии ледников, или сеть так и будет восстанавливаться после каждого разрушения?

Сплошное бетонирование горных склонов экономически несостоятельно [21, 25]. Распределять ограниченный бюджет придётся точно.

Швейцария, Австрия, Япония дают проверенную гибридную модель. Трёхуровневая стратегия оптимизирует расходы, не снижая уровень безопасности. Капитальные вложения концентрируются на критических участках с максимальной интенсивностью движения и отсутствием объезда. Там, где стационарные инженерные сооружения не окупаются, акцент переносится на предиктивный мониторинг, системы раннего предупреждения и регламенты временного закрытия трасс. Третий уровень отвечает за оперативное реагирование: аварийные резервы мостовых модулей, мобильные бригады экстренных служб.

Стоимость дорожного коллапса растёт вместе с загрузкой сети. За 2018–2023 годы объём грузовых перевозок увеличился более чем на треть [10], и при такой плотности потока каждый незапланированный перерыв движения обходится национальной экономике дороже, чем пять лет назад. Соединение точечной капитальной защиты с технологиями оперативного прогнозирования остаётся практически единственным работающим сценарием сохранения транспортной связности горных регионов.

Институциональный анализ вскрывает асимметрию: климатические требования к транспортным объектам де-факто импортируются через регламенты международных финансовых институтов, тогда как национальная нормативная база дорожного проектирования обновляется значительно медленнее.

Выход лежит в переносе практик, апробированных в проектах АБР и ЕБРР, в национальные строительные нормы. Приоритеты здесь такие:

- обязательная климатическая оценка для всех вновь проектируемых трасс;
- повышение расчётных параметров водопропускных сооружений с учётом проекций экстремальных осадков СМIP6;
- жёсткие требования к термической стабильности асфальтобетонных покрытий;
- унификация стандартов противоселевой и противолавинной защиты.

Тогда климатоустойчивое проектирование выйдет за пределы изолированных донорских коридоров и охватит всю дорожную сеть, включая местную инфраструктуру, на которую приходится основная доля аварийного ущерба.

Концепция жизненного цикла дорожной инфраструктуры, обоснованная АБР [19], добавляет ещё один императив, а именно устойчивый дорожный фонд целевого содержания. Регулярный уход за полотном остаётся самой дешёвой формой адаптации из существующих: исправная, вовремя обслуживаемая сеть сопротивляется экстремальным природным нагрузкам заметно лучше запущенной.

Исследования переходных рисков показывают, что адаптационную повестку и стратегию низкоуглеродного развития в Таджикистане разделять нецелесообразно: вести их следует синхронно, опираясь на технологическую взаимозависимость национальной транспортной и энергетической систем [20].

Социальная устойчивость региона производна от связности транспортной инфраструктуры. Около трети совокупного экономического ущерба формирует изоляция локальных сообществ [21]. Адаптация транспортного каркаса работает, следовательно, ещё и как инструмент защиты доступа населения к медицинским услугам и продовольственной логистике, а традиционные критерии отбора маршрутов, интенсивность движения и объём грузопотока, придётся дополнять индексами социальной критичности.

Нынешний профиль угроз стоит воспринимать как нижнюю границу оценки. Усиление экстремальных осадков в высокогорьях [17, 18] накладывается на прогрессирующую деградацию оледенения [2], и будущая нагрузка превысит текущую кратно. Максимум риска приходится на Горно-Бадахшанскую автономную область. Высокогорные трассы ГБАО собирают весь спектр деструктивных факторов, от селей и лавин до деградации мерзлоты, при нулевой дублируемости маршрутов и дефиците ресурсов местных дорожных служб; отдельная субрегиональная программа климатической устойчивости выглядит здесь разумным ответом.

Границы выполненной аналитики очевидны. Работа опирается на вторичные данные с неоднородным временным горизонтом, 2020–2025 годы. Уже названная неполнота открытой статистики по железнодорожному и воздушному транспорту оставляет за рамками отдельный сюжет: термические деформации рельсового полотна, влияние экстремальных температур на работу аэропортов Душанбе и Худжанда. Эти вопросы требуют самостоятельного изучения.

Направление дальнейших изысканий определено: количественные модели риска для ключевых транспортных коридоров на региональных климатических прогнозах высокого разрешения плюс оценка социально-экономической эффективности внедряемых систем раннего предупреждения.

5. Заключение (Conclusions)

Картина получается жёсткая. Транспортный каркас Таджикистана находится на пересечении нарастающих климатических угроз и критической зависимости страны от наземных перевозок.

Ключевые результаты работы сведены ниже.

— Масштаб экспозиции. Лавинам и селям подвержены шестьдесят семь процентов опасных участков ключевых коридоров. Ущерб достиг 0,5 процента ВВП, около 45 млн долл. США ежегодно, и к середине 2030-х годов вырастет до 80 млн долл. США [21, 25]. Грузопоток за тот же период прибавил 34,6 процента, почти 95 процентов работы приходится на автодороги [10]. Сеть работает на пределе пропускной способности.

— Физические драйверы. Региональное потепление и климатические проекции CMIP6 дают прирост экстремальных осадков в высокогорьях на 16–33 процента [17, 18], а ускоренная деградация ледников и вечной мерзлоты запускает каскадные механизмы разрушения, от термостарения асфальтобетона до крупных оползней.

— Институциональный дефицит. Стратегическая база сформирована [3, 5, 24]. Национальное финансирование покрывает реальные потребности в лучшем случае на 10–15 процентов, а требования климатической устойчивости приходят через проекты международных финансовых институтов, не через внутренние регламенты.

— Гибридная оптимизация. Сплошное инженерное укрепление тысяч километров горных трасс нереализуемо экономически, работоспособна трёхуровневая модель: точечная капитальная защита критических узлов, предиктивный мониторинг с регламентами временного закрытия дорог, укрепление потенциала оперативного реагирования.

Расчётная потребность во внешнем климатическом финансировании оценивается в 2,0 млрд долл. США до 2030 года и 5,4 млрд долл. США до 2050 года; его мобилизация способна сократить макроэкономические потери с 5–6 процентов до 2,0–3,8 процента ВВП [26]. Иначе финансирование ремонта будет и дальше следовать за разрушениями, а не опережать их.

Рецензент: Джурахонзода Р. — доктор PhD, доцент кафедры БЖД и Экология, ТПУ имени академика М.С. Осими

Литература

1. Абдулло, М. А. Бехатарии автомобилҳои барқӣ ва таъсири онҳо ба партови газҳои гулхонагӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон / М. А. Абдулло, Р. Д. Чурахонзода, С. Х. Давлатзода // Фурӯғи Илм. – 2025. – № 3. – С. 36–46. – Текст : непосредственный. – ISSN 3078-395X. – DOI: 10.5281/zenodo.19108735.
2. Ледники — водные ресурсы Таджикистана в условиях изменения климата. – Душанбе : Государственное Учреждение по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистана. – Текст : электронный.
3. Национальная стратегия адаптации к изменению климата Республики Таджикистан на период до 2030 года : утв. постановлением Правительства Респ. Таджикистан от 2 окт. 2019 г. № 482. – Душанбе, 2019. – Текст : электронный.
4. Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до 2030 года : утв. постановлением Маджлиси намояндагон Маджлиси Оли Республики Таджикистан от 1 дек. 2016 г. № 636. – Душанбе, 2019. – Текст : электронный.
5. О Плате действий Национальной стратегии адаптации к изменению климата Республики Таджикистан на период до 2030 года на 2025–2027 годы : постановление Правительства Респ. Таджикистан от 24 июля 2025 г. № 404. – 2025. – Текст : электронный.
6. Сайфиддинзода, О. С. Углеродный след и климатическая уязвимость Республики Таджикистан / О. С. Сайфиддинзода, М. А. Абдулло, Р. Д. Джурахонзода, С. Х. Давлатзода // Фуруги илм (Сияние науки). – 2025. – № 4. – С. 53–62. – Текст : непосредственный. – ISSN 3078-395X. – DOI: 10.5281/zenodo.18910312.
7. Статистический ежегодник Республики Таджикистан : статистический сборник. — Душанбе : Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан, 2025. – Текст : непосредственный.
8. Стратегия выживания: Таджикистан готовится к изменению климата - Азия-Плюс. – Текст : электронный. URL: <https://asiaplus.news/2024/11/26/strategiya-vyzhivaniya-tadzhikistan-gotovitsya-k-izmeneniyu-klimata/> (дата обращения: 08.09.2026).
9. Таджикистан против изменения климата: план на 3 года и 3 миллиарда - Азия-Плюс. – Текст : электронный. URL: <https://asiaplus.news/2025/08/21/tadzhikistan-protiv-izmeneniya-klimata-plan-na-3-goda-i-3-milliarda/> (дата обращения: 08.09.2026).
10. Транспорт и связь Республики Таджикистан : статистический сборник. — Душанбе : Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан, 2024. – Текст : непосредственный.
11. Четвёртое национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Душанбе : Комитет по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан, 2021. – Текст : электронный.
12. Asian Development Bank Tajikistan Transport Sector Assessment / Asian Development Bank. – Manila, Philippines : Asian Development Bank, 2021. – ISBN 978-92-9269-215-5. – Текст : электронный. – DOI: 10.22617/TCS210478-2.

13. Bank, A. D. ADB Approves \$86.67 Million Grant to Develop Green Road Corridor in Tajikistan / A. D. Bank. – Текст : электронный. URL: <https://www.adb.org/news/adb-approves-86-67-million-grant-develop-green-road-corridor-tajikistan> (дата обращения: 08.09.2026).
14. Central Asia Regional Economic Cooperation Corridors 2, 3, and 5 (Obigarm-Nurobod) Road Project. – Текст : электронный. URL: <https://www.adb.org/projects/52042-001/main> (дата обращения: 08.09.2026).
15. Climate Risk Assessment CAREC Road Project, Tajikistan – FutureWater. – Текст : электронный. URL: <https://www.futurewater.eu/projects/climate-risk-assessment-carec-corridors-road-project-tajikistan/> (дата обращения: 08.09.2026).
16. Climate Risk Country Profile: Tajikistan // 2021. – Текст : электронный. URL: <https://www.adb.org/publications/climate-risk-country-profile-tajikistan> (дата обращения: 25.12.2025).
17. Gulakhmadov, A. Modeling of historical and future changes in temperature and precipitation in the Panj River Basin in Central Asia under the CMIP5 RCP and CMIP6 SSP scenarios / A. Gulakhmadov, X. Chen, N. Gulahmadov, M. Rizwan, M. Gulakhmadov, M. U. Nadeem, M. Rakhimova, T. Liu // Scientific Reports. – 2025. – Т. 15, № 1. – С. 3037. – Текст : непосредственный. – ISSN 2045-2322. – DOI: 10.1038/s41598-025-86366-4.
18. Gummadi, S. Assessing high-resolution precipitation extremes in Central Asia: evaluation and future projections / S. Gummadi, S. Samineni, L. A. B. Lopez-Lavalle // Climatic Change. – 2025. – Т. 178, № 2. – С. 29. – Текст : непосредственный. – ISSN 1573-1480. – DOI: 10.1007/s10584-025-03872-0.
19. Idei, R. Proposed Life Cycle Approach for Promoting Climate Resilience and Carbon Neutrality: Case of the Road Subsector in Tajikistan / R. Idei // 2024. – Текст : электронный. URL: <https://www.adb.org/publications/climate-resilience-carbon-neutrality-road-tajikistan> (дата обращения: 23.11.2025).
20. Opitz-Stapleton, S. Understanding the climate and net-zero transition risks and opportunities in Tajikistan / S. Opitz-Stapleton, V. Panwar, O. Borodyna, I. Nijhar, R. Nadin // 2022. – Текст : электронный. URL: <https://search.issuelab.org/resources/43470/43470.pdf> (дата обращения: 23.11.2025).
21. Resilient roads: Protecting critical lifelines in mountainous Tajikistan // World Bank Blogs. – Текст : электронный. URL: <https://blogs.worldbank.org/en/europeandcentralasia/resilient-roads-protecting-critical-lifelines-mountainous-tajikistan> (дата обращения: 08.09.2026).
22. Tajikistan - Country Overview | Climate Change Knowledge Portal. – Текст : электронный. URL: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/tajikistan> (дата обращения: 08.09.2026).
23. Tajikistan Country Strategy 2025–2030. – London : European Bank for Reconstruction and Development, 2025. – Текст : электронный.
24. Tajikistan First NDC (Updated submission) | UNFCCC. – Текст : электронный. URL: <https://unfccc.int/documents/497987> (дата обращения: 24.12.2025).
25. World Bank Assessment of Economic Impacts from Disasters Along Key Corridors : Final Report / World Bank. – Washington, DC : GFDRR, 2021. – Текст : электронный.
26. World Bank Group Tajikistan Country Climate and Development Report / World Bank Group. – Washington, DC, 2024. – Текст : электронный.
27. Fallah, B. H. Climate change impacts on Central Asia: Trends, extremes and future projections / B. H. Fallah, I. Didovets, M. Rostami, M. Hamidi // International Journal of Climatology. – 2024. – Текст : непосредственный. – DOI: 10.1002/joc.8519.

References

1. Abdullo, M. A., Jurakhonzoda, R. D., & Davlatzoda, S. Kh. (2025). Bekhatarii avtomobilhoi barqi va tasiri onho ba partovi gazhoi gulkhonagi dar Jumhurii Tojikiston [Safety of electric vehicles and their impact on greenhouse gas emissions in the Republic of Tajikistan]. Furughi Ilm [The Glow of Science], (3), 36–46. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19108735>
2. State Agency for Hydrometeorology of the Committee for Environmental Protection under the Government of the Republic of Tajikistan. (2021). Ledniki — vodnyye resursy Tadjikistana v usloviyakh izmeneniya klimata [Glaciers — water resources of Tajikistan in conditions of climate change].
3. Government of the Republic of Tajikistan. (2019, October 2). Natsional'naya strategiya adaptatsii k izmeneniyu klimata Respubliki Tadjikistan na period do 2030 goda [National Strategy for Adaptation to Climate Change of the Republic of Tajikistan for the period up to 2030] (Decree No. 482).
4. Majlisi Namoyandagon of the Majlisi Oli of the Republic of Tajikistan. (2016, December 1). Natsional'naya strategiya razvitiya Respubliki Tadjikistan na period do 2030 goda [National Development Strategy of the Republic of Tajikistan for the period up to 2030] (Resolution No. 636).
5. Government of the Republic of Tajikistan. (2025, July 24). O Plane deystviy Natsional'noy strategii adaptatsii k izmeneniyu klimata Respubliki Tadjikistan na period do 2030 goda na 2025–2027 gody [On the Action Plan of the National Strategy for Adaptation to Climate Change of the Republic of Tajikistan for the period up to 2030 for 2025–2027] (Decree No. 404).
6. Sayfiddinzoda, O. S., Abdullo, M. A., Jurakhonzoda, R. D., & Davlatzoda, S. Kh. (2025). Uglerodnyy sled i klimaticheskaya uyazvimost' Respubliki Tadjikistan [Carbon footprint and climate vulnerability of the Republic of Tajikistan]. Furugi ilm (Siyanie nauki) [The Glow of Science], (4), 53–62. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18910312>
7. Agency for Statistics under the President of the Republic of Tajikistan. (2025). Statisticheskii yezhegodnik Respubliki Tadjikistan [Statistical yearbook of the Republic of Tajikistan] (Statistical compendium).
8. Asia-Plus. (2024, November 26). Strategiya vyzhivaniya: Tadjikistan gotovitsya k izmeneniyu klimata [Survival strategy: Tajikistan prepares for climate change]. <https://asiaplus.news/2024/11/26/strategiya-vyzhivaniya-tadjikistan-gotovitsya-k-izmeneniyu-klimata/>

9. Asia-Plus. (2025, August 21). Tadjikistan protiv izmeneniya klimata: plan na 3 goda i 3 milliarda [Tajikistan against climate change: 3-year and 3-billion plan]. <https://asiaplus.news/2025/08/21/tadjikistan-protiv-izmeneniya-klimata-plan-na-3-goda-i-3-milliarda/>
10. Agency for Statistics under the President of the Republic of Tajikistan. (2024). Transport i svyaz' Respubliki Tadjikistan [Transport and communication of the Republic of Tajikistan] (Statistical compendium).
11. Committee for Environmental Protection under the Government of the Republic of Tajikistan. (2021). Chetvortoye natsional'noye soobshcheniye Respubliki Tadjikistan po Ramochnoy konventsii OON ob izmenenii klimata [Fourth National Communication of the Republic of Tajikistan under the UN Framework Convention on Climate Change].
12. Asian Development Bank. (2021). Tajikistan transport sector assessment. Asian Development Bank. <https://doi.org/10.22617/TCS210478-2>
13. Asian Development Bank. (2023). ADB approves \$86.67 million grant to develop green road corridor in Tajikistan. <https://www.adb.org/news/adb-approves-86-67-million-grant-develop-green-road-corridor-tajikistan>
14. Asian Development Bank. (2021). Central Asia Regional Economic Cooperation Corridors 2, 3, and 5 (Obigarm-Nurobod) Road Project. <https://www.adb.org/projects/52042-001/main>
15. FutureWater. (2021). Climate risk assessment CAREC road project, Tajikistan. <https://www.futurewater.eu/projects/climate-risk-assessment-carec-corridors-road-project-tajikistan/>
16. Asian Development Bank, & World Bank Group. (2021). Climate risk country profile: Tajikistan. Asian Development Bank. <https://www.adb.org/publications/climate-risk-country-profile-tajikistan>
17. Gulakhmadov, A., Chen, X., Gulakhmadov, N., Rizwan, M., Gulakhmadov, M., Nadeem, M. U., Rakhimova, M., & Liu, T. (2025). Modeling of historical and future changes in temperature and precipitation in the Panj River Basin in Central Asia under the CMIP5 RCP and CMIP6 SSP scenarios. *Scientific Reports*, 15(1), 3037. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-86366-4>
18. Gummadi, S., Samineni, S., & Lopez-Lavalle, L. A. B. (2025). Assessing high-resolution precipitation extremes in Central Asia: Evaluation and future projections. *Climatic Change*, 178(2), 29. <https://doi.org/10.1007/s10584-025-03872-0>
19. Idei, R. (2024). Proposed life cycle approach for promoting climate resilience and carbon neutrality: Case of the road subsector in Tajikistan (ADB Sustainable Development Working Paper Series No. 91). Asian Development Bank. <https://www.adb.org/publications/climate-resilience-carbon-neutrality-road-tajikistan>
20. Opitz-Stapleton, S., Panwar, V., Borodyna, O., Nijhar, I., & Nadin, R. (2022). Understanding the climate and net-zero transition risks and opportunities in Tajikistan. Overseas Development Institute (ODI). <https://search.israelab.org/resources/43470/43470.pdf>
21. World Bank. (2023). Resilient roads: Protecting critical lifelines in mountainous Tajikistan. World Bank Blogs. <https://blogs.worldbank.org/en/europeandcentralasia/resilient-roads-protecting-critical-lifelines-mountainous-tajikistan>
22. World Bank Group. (2021). Tajikistan country overview. Climate Change Knowledge Portal. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/tajikistan>
23. European Bank for Reconstruction and Development. (2025). Tajikistan country strategy 2025–2030. European Bank for Reconstruction and Development.
24. Government of the Republic of Tajikistan. (2021). Tajikistan first NDC (Updated submission). United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). <https://unfccc.int/documents/497987>
25. World Bank. (2021). Assessment of economic impacts from disasters along key corridors: Final report. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR).
26. World Bank Group. (2024). Tajikistan country climate and development report. World Bank Group.
27. Fallah, B. H., Didovets, I., Rostami, M., & Hamidi, M. (2024). Climate change impacts on Central Asia: Trends, extremes and future projections. *International Journal of Climatology*, 44(11), 3912–3929. <https://doi.org/10.1002/joc.8519>

Сведения об авторе:

Абдулло Мамадамон Абдурахмонбек, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» Таджикского технического университета по им. акад. М.С. Осими. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6253-5946>. E-mail: mamadamonabdullo@gmail.com.

Маълумот оид ба муаллиф:

Абдулло Мамадамон Абдурахмонбек, номзади илмҳои техника, дотсенти кафедраи истифодабарии нақлиёти автомобилӣ, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6253-5946>. E-mail: mamadamonabdullo@gmail.com.

Information about the author:

Abdullo Mamadamon Abdurahmonbek, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Operation of road transport» Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6253-5946>. E-mail: mamadamonabdullo@gmail.com.