УДК: 551.578.42 https://doi.org/10.5281/zenodo.15497481

Махкамов Б.Р.

Комитет по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

СЕЛЕПАВОДКОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В УЗБЕКИСТАНЕ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ДИНАМИКИ, РИСКОВ И МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация. *В статье представлен анализ гидролого-климатических факторов, влияющих на формирование селепаводковых процессов в Узбекистане, а также их пространственно-временной изменчивости. Исследование основывается на данных многолетних гидрометеорологических наблюдений, использовании геоинформационных технологий и ретроспективного анализа. Установлено, что глобальные изменения климата, выражающиеся в росте температуры воздуха и увеличении частоты экстремальных осадков, способствуют усилению селевых процессов в горных и предгорных районах страны. Наиболее селеопасные территории сосредоточены в бассейнах рек Ахангаран, Зарафшан, Чирчик, Кашкадарья и Сурхандарья, где наблюдаются значительные уклоны, интенсивные осадки и эрозионные процессы. Особое внимание уделено антропогенным факторам, таким как вырубка лесов, выпас скота и урбанизация, которые усиливают склоновые процессы и увеличивают объем стока. Основные выводы работы подчеркивают необходимость внедрения комплексных систем мониторинга и управления рисками. Предлагаются меры по восстановлению растительного покрова, строительству современных гидротехнических сооружений и улучшению проектирования инфраструктуры. Результаты исследования могут быть использованы для снижения рисков, связанных с селепаводковыми процессами, и минимизации их последствий для населения и экономики.*

Ключевые слова: *селепаводковые процессы, климатические изменения, гидрологические процессы, эрозия, транспортная инфраструктура, Узбекистан, экстремальные осадки, управление рисками, геоинформационные системы, предгорные территории.*

Makhkamov B.R.

Committee on Automobile Roads under the Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

MUDFLOW PROCESSES IN UZBEKISTAN: COMPREHENSIVE ANALYSIS OF FACTORS, DYNAMICS, RISKS, AND MANAGEMENT METHODS

Abstract. *This article presents an analysis of the hydro-climatic factors influencing the formation of mudflow-flood processes in Uzbekistan, as well as their spatio-temporal variability. The research is based on long-term hydrometeorological observation data, the use of geoinformation technologies, and retrospective analysis. It has been established that global climate changes, manifested in rising air temperatures and an increased frequency of extreme precipitation events, contribute to the intensification of mudflow processes in the mountainous and foothill regions of the country. The most mudflow-prone territories are concentrated in the basins of the Akhangaran, Zarafshan, Chirchik, Kashkadarya, and Surkhandarya rivers, where significant slopes, intensive precipitation, and erosion processes are observed. Particular attention is paid to anthropogenic factors, such as deforestation, livestock grazing, and urbanization, which intensify slope processes and increase runoff volume. The main conclusions of the work emphasize the necessity of implementing comprehensive monitoring and risk management systems. Measures are proposed for vegetation cover restoration, construction of modern hydrotechnical structures, and improvement of infrastructure design. The research results can be utilized to reduce risks associated with mudflow-flood processes and minimize their consequences for the population and economy.*

Key words: *mudflow-flood processes, climate change, hydrological processes, erosion, transport infrastructure, Uzbekistan, extreme precipitation, risk management, geographic information systems, foothill territories.*

Введение и постановка проблемы. В последние десятилетия изменение климата стало одним из главных факторов, влияющих на природные процессы, включая экстремальные гидрологические явления. Для территории Узбекистана, расположенной в области резко континентального климата, характерно увеличение частоты и интенсивности селевых паводков. Согласно исследованиям, за период с 1987 по 2020 годы зарегистрировано 3763 случая селевых паводков, 61 % которых нанесли материальный и социальный ущерб, а 17 % сопровождались человеческими жертвами [6]. Эти явления представляют собой серьёзную угрозу для инфраструктуры [11], сельского хозяйства [12], транспортных коммуникаций [10] и населения [7]. Особенно подвержены этим явлениям горные и предгорные районы, где активное освоение территорий без учета селеопасности приводит к значительным потерям.

Селепаводковые процессы в Узбекистане обусловлены сочетанием природных факторов, таких как значительные уклоны местности, интенсивные осадки и особенности почвенно-геологических условий, а также антропогенными воздействиями, включая разрушение растительного покрова и неправильное использование земель. При этом особенности горных и предгорных районов, такие как высокая степень трещиноватости пород, низкая водоудерживающая способность почв и интенсивный эрозионный потенциал осадков, способствуют увеличению риска возникновения селевых потоков.

Изученность вопроса. Изученность проблемы формирования селепаводковых процессов в Республике Узбекистан является предметом пристального внимания научного сообщества. Исследования в данной области охватывают широкий спектр аспектов, включая климатические [4, 13, 20], гидрологические [8, 5, 19] и антропогенные [9, 15] факторы, а также вопросы оценки и управления рисками [6, 17]. В рамках научного дискурса анализируются, как многолетние тенденции гидрометеорологических характеристик [3, 16], так и пространственно-временное распределение селеопасных зон [14, 18]. Ряд работ отечественных исследователей посвящён изучению влияния селевых потоков на здоровье населения [6, 7] и объекты инфраструктуры [11, 10], а также детальному рассмотрению их региональных особенностей [3, 2]. Зарубежные исследователи, зачастую с применением методов численного моделирования, дополняют общую картину, анализируя воздействие глобальных климатических изменений на ледниковые системы и речной сток [20, 16], а также осуществляя прогнозирование динамики селевой опасности [17]. Несмотря на значительный объём накопленных знаний, сохраняется потребность в проведении комплексного анализа, учитывающего взаимосвязь различных факторов и их пространственно-временную изменчивость в контексте специфики горных районов Узбекистана.

Таким образом, несмотря на существующий объем исследований, отмечается недостаток работ, посвященных комплексному анализу взаимосвязи гидролого-климатических и антропогенных факторов формирования селепаводковых процессов, именно в условиях горных и предгорных районов Узбекистана с учетом их пространственно-временной изменчивости и разработкой детализированных картосхем селеопасных зон на основе актуальных данных. Настоящее исследование направлено на восполнение этого пробела.

Цель и задачи работы. Цель данного исследования – комплексно охарактеризовать влияние гидролого-климатических факторов на образование и развитие селевых паводков в горных районах Узбекистана, учитывая их пространственно-временную вариацию. Работа включает решение следующих задач:

1. Выявить долгосрочные тенденции изменений температуры воздуха и режима осадков, а также оценить их воздействие на формирование селевых процессов в горных областях.

2. Определить основные геоморфологические, гидрологические и биогеографические особенности территории, способствующие возникновению селепаводковых процессов.

3. Исследовать влияние хозяйственной деятельности (включая вырубку лесов, перераспределение земель под пастбища и урбанизацию) на усиление эрозионных процессов и формирование селевых потоков.

4. Создать картосхемы селеопасных зон и проследить динамику изменений частоты и интенсивности селепаводковых процессов во времени.

5. Проанализировать степень ущерба, наносимого селевыми паводками транспортным коммуникациям, и установить основные факторы уязвимости объектов инфраструктуры.

6. Сформулировать комплекс мер по снижению рисков и минимизации негативных последствий селевых паводков, включающий природоохранные мероприятия, создание инженерных защитных сооружений и учет указанных факторов при проектировании инфраструктурных объектов.

Материалы и методы. Для изучения факторов, влияющих на формирование селепаводковых процессов в Узбекистане, был проведен комплексный анализ с использованием нижеследующих методов и материалов.

Источники данных:

- Данные о температуре воздуха, количестве осадков и расходах воды были получены из архивов Узгидромета за период с 1960 по 2020 гг. Основные гидрологические посты для анализа расположены в бассейнах рек Чаткал, Ахангаран, Кашкадарья, Сурхандарья и других.
- Использованы архивные данные и результаты полевых наблюдений о случаях селевых паводков за последние 50 лет. Информация собрана из национальных и международных публикаций, диссертационных исследований и отчетов по природным катастрофам.

Методы исследования:

- Для оценки изменчивости климатических и гидрологических параметров применялся тест Манна-Кендалла, позволяющий выявить статистически значимые тенденции в данных. Этот непараметрический тест использовался для анализа временных рядов среднегодовой температуры воздуха, годового количества осадков и максимальных суточных расходов воды за период 1990-2023 гг. по данным Узгидромета. Оценивалась статистическая значимость (при уровне $p < 0.05$) восходящих или нисходящих трендов для выявления долгосрочных изменений климатических и гидрологических характеристик, потенциально влияющих на селевую активность.
- Рассчитывались показатели, такие как квантиль 95 % и 99 % суточных осадков, что позволяет оценить вероятность и интенсивность экстремальных осадков, являющихся причиной селевых паводков. Расчет 95-го и 99-го квантилей суточных сумм осадков производился для каждой метеостанции за весь период наблюдений. Эти значения использовались как пороговые для идентификации экстремально интенсивных осадков, способных инициировать селевые процессы. Анализировалась частота превышения данных пороговых значений по годам и сезонам.
- Вычислялся эрозионный потенциал осадков (ЭПО) по методике Wischmeier-Smith, адаптированной для условий Узбекистана. Методика учитывает факторы, влияющие на эрозию почвы под действием осадков. Высокие значения ЭПО в сочетании с другими факторами (уклонами, геологией, растительностью) указывают на повышенную вероятность селей.

- Для анализа паводкового стока использовались методы разностно-интегральных кривых стока (РИК), что позволяет выявить аномалии и долгосрочные изменения в расходах воды.
- Создавались карты селеопасных территорий, основанные на данных о рельефе, гидрологии и интенсивности селевых процессов. Выделялись зоны высокого риска с использованием методов пространственного анализа.
- Применялись полуколичественные модели для оценки категории селевого риска и степени воздействия селевых паводков на транспортные коммуникации.

Объекты исследования. Основное внимание уделялось горным и предгорным районам Узбекистана, включая бассейны рек, расположенные в Тянь-Шане, Памиро-Алае и их предгорьях.

Предметом исследования являются закономерности формирования и пространственно-временного распределения селепаводковых процессов на территории Узбекистана под влиянием комплекса природных и антропогенных факторов.

Применение вышеперечисленных методов позволило получить целостную картину селепаводковых процессов в Узбекистане, выявить ключевые факторы риска и зоны их наибольшей интенсивности. Эти результаты составляют основу для разработки мер по снижению селевой опасности и минимизации ущерба.

Предложенный в данном исследовании комплексный подход, включающий анализ гидрометеорологических данных, использование геоинформационных технологий и оценку антропогенного влияния, может быть адаптирован и применен для изучения селепаводковых процессов в других горных и предгорных регионах со схожими физико-географическими и климатическими условиями. Адаптация методики потребует учета региональных особенностей рельефа, геологического строения, специфики хозяйственной деятельности и доступности исходных данных, что позволит получить сопоставимые результаты и разработать соответствующие меры по снижению рисков.

Результаты и их обсуждение. *Физико-географические факторы селепаводковых событий в Узбекистане. Рельеф*. Узбекистан располагается преимущественно на равнинной территории, однако его восточная часть включает предгорья и горные системы, такие как Тянь-Шань и Памиро-Алай. Эти горные массивы характеризуются значительными уклонами, достигающими 35° и более, что способствует быстрой концентрации поверхностного стока. В сочетании с рыхлообломочными породами, характерными для горных районов, и интенсивным выветриванием, вызванным резкими температурными перепадами, эти территории являются зонами высокого селевого риска. Согласно данным исследований, площадь бассейнов селеактивных водотоков в Узбекистане составляет 53 770 км², что составляет 12 % от общей площади территории республики. Количество селеактивных водотоков достигает 709 [3]. Особую опасность представляют селевые потоки, формирующиеся в предгорьях и холмистых местностях, которые занимают треть горной площади республики. На рисунке 1 представлена карта с указанием селеопасных бассейнов в предгорных районах Республики Узбекистан.

Как показывает анализ статистики схода селей, собранной за период с 1990 по 2023 года, на территории Узбекистана наиболее селеопасные бассейны расположены в предгорных регионах, таких как Наманганская область – 19 % от всего количества селей, Ферганская область – 16 %, Ташкентская и Сурхандарьинская области – по 13 % каждая и Кашкадарьинская область – 11 % схода селей. В этих областях высокая плотность речной сети и резкие перепады высот усиливают вероятность формирования селевых потоков при интенсивных осадках (рис. 2).

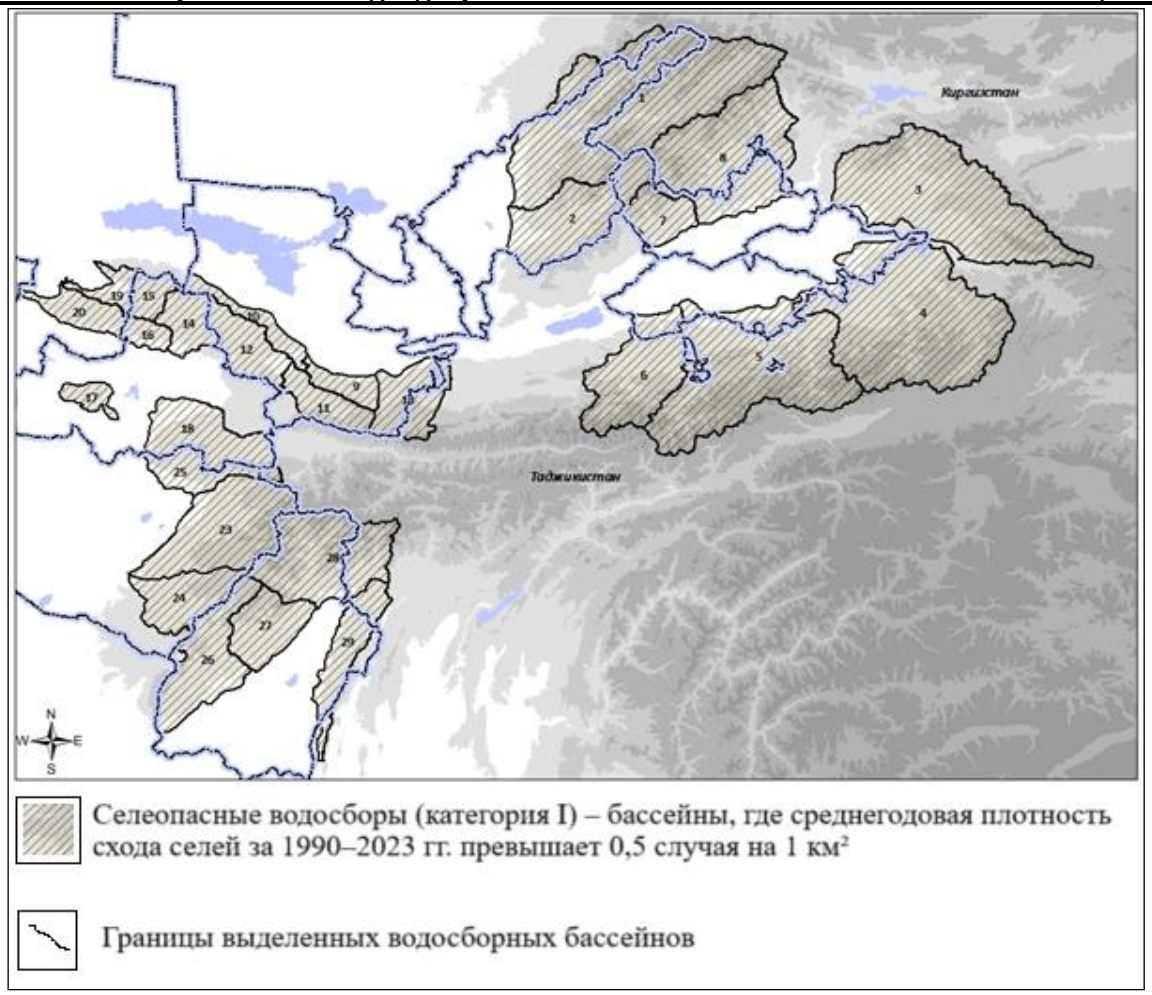


Рис. 1. Территориальное (бассейновое) распределение селеопасных зон на территории Узбекистана

Карта составлена автором.



Рис. 2. Распределение случаев селевых и паводковых явлений по областям Узбекистана с 1990 по 2023 год

Рисунок составлен автором.

Климатические условия. Узбекистан находится в зоне резко континентального климата, который характеризуется высокой амплитудой температур, малым количеством осадков на равнинах и их увеличением в горных районах [4]. Среднегодовое количество осадков варьируется от 100 мм в пустынной зоне до 900 мм в горных районах [13]. Максимальное количество осадков приходится на весенний и раннелетний периоды, что совпадает с периодом таяния снега. Климат в последние десятилетия характеризуется увеличением частоты экстремальных дождей [20]. Например, в Ферганской долине и предгорьях Зарафшана отмечены периоды с суточным количеством осадков, превышающим 50 мм, что значительно превышает средние значения. Интенсивное поступление влаги и талых вод провоцирует быстрое насыщение горных склонов водой, увеличивая вероятность селевых паводков. В 85 % случаев провоцирующим сход селей и ежегодное подтопление обширных территорий фактором остаются ливневые дожди (рис. 3).

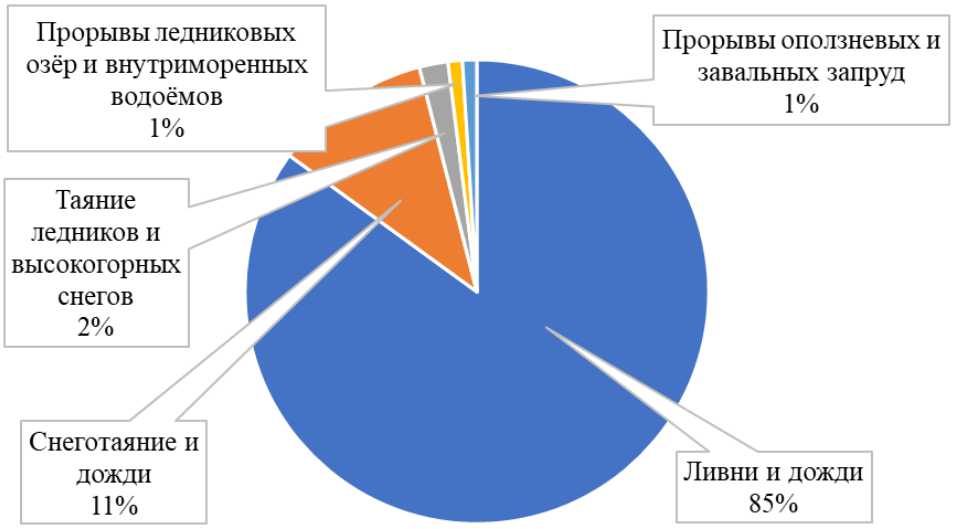


Рис. 3. Факторы, провоцирующие возникновение селей и паводков

Рисунок составлен автором.

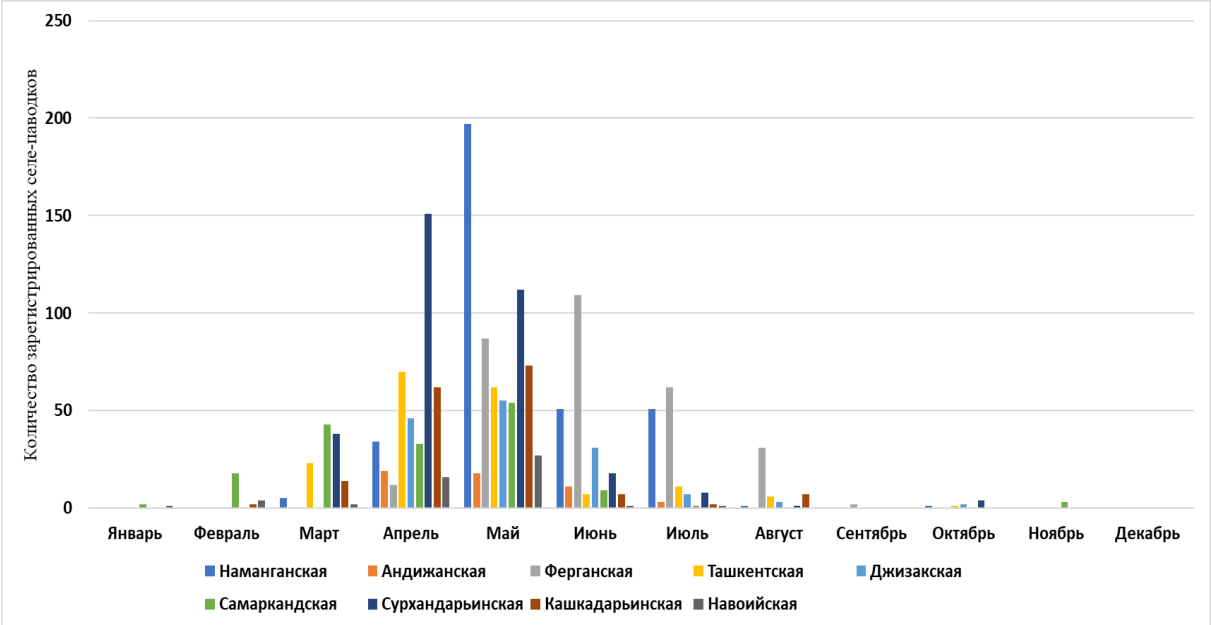


Рис. 4. Распределение селепаводковых процессов по месяцам и по областям РУз, 1990-2023 гг.

Рисунок составлен автором.

Наиболее экстремальные осадки наблюдаются в весенне-летний период, когда ливни совпадают с таянием снега в горах. Такой сценарий существенно увеличивает объем стока, способствуя формированию мощных селевых паводков. На рисунке 4 представлен анализ статистики распределения по месяцам зарегистрированных селепаводковых процессов по территории Узбекистана за период 1990-2023 гг.Температура воздуха в регионе также демонстрирует устойчивый рост, что приводит к ускоренному таянию ледников и снежного покрова, изменяя сезонный гидрологический режим рек и увеличивая селевую опасность [16].

Гидрологические характеристики. Гидрологические характеристики Узбекистана также играют ключевую роль в формировании селей и паводков.

Речная сеть страны отличается неравномерным распределением и разнообразием типов питания. Большинство рек берут начало в горах, характеризуются быстрым течением и обладают значительной эрозионной способностью. В горных районах реки питаются преимущественно талыми водами ледников и снегов, что обуславливает половодье в весенне-летний период. В низкогорье к ним добавляются дождевые и подземные воды. На равнинах реки замедляют своё течение, образуя меандры и излучины [8].

Озёра Узбекистана небольшие и сосредоточены в основном в долинах рек. Они играют меньшую роль в формировании селевых потоков, однако могут усиливать паводки при переполнении. Значительное влияние на гидрологический режим оказывают крупные водохранилища, созданные для регулирования стока рек и накопления воды для орошения.

Однако именно горные реки с их быстрым течением и способностью к размыву становятся основными транспортерами обломочного материала при формировании селей. Интенсивные ливни и таяние снегов в горах приводят к резкому подъему уровня воды в реках, что в сочетании с разрушенной растительностью и урбанизацией территорий создает благоприятные условия для возникновения селевых паводков [1].

Антропогенные воздействия. Антропогенные факторы играют значительную роль в возникновении селей и паводков в Узбекистане [9]. В частности, вырубка лесов и деградация растительного покрова на горных склонах снижают водорегулирующую способность почвы и увеличивают поверхностный сток, что повышает риск возникновения селей и паводков. Исследование в бассейне реки Чирчик показало, что сокращение лесного покрова на 10 % [2] приводит к увеличению пикового стока на 5-7% [5]. Неправильное ведение сельского хозяйства, такое как распашка земель на склонах, особенно без соблюдения почвозащитных технологий, разрушает структуру почвы, повышая риск эрозии и селей. В частности, в Ферганской долине распашка земель на склонах привела к увеличению площади эродированных земель на 15 % за последние 20 лет. Неправильный выпас скота, например, перевыпас, приводит к деградации растительности, что повышает риск эрозии и селей. В бассейне реки Ахангаран перевыпас привёл к снижению проективного покрытия растительности на 20 %, что увеличило риск эрозии на 10–12 % [9]. Строительство и горнодобывающая деятельность также оказывают негативное воздействие. В частности, строительство крупных гидротехнических сооружений, таких как Чарвакское водохранилище, приводит к существенному изменению гидрологического режима рек, что может влиять на условия формирования паводков и требует тщательного учета при оценке селевых рисков в долгосрочной перспективе. Горнодобывающая деятельность в районе города Ангрен привела к образованию отвалов пустой породы, которые легко размываются, увеличивая риск селей [9].

Пространственное распределение селепаводковых процессов. Картографический анализ, результаты которого представлены на рис. 5, выявил ключевые зоны селеопасности, сконцентрированные, прежде всего, в Ферганской долине. Высокая частота селей наблюдается в Наманганской и Ферганской областях, а также в горных и

предгорных районах восточного Узбекистана, включая бассейны рек Ахангаран, Чирчик. Эти территории характеризуются высоким уровнем эрозионного потенциала осадков (400–500 МДж·мм/(ч·га·год)) [5], что обусловлено сочетанием интенсивных ливней, крутых склонов и наличием рыхлообломочных пород. Значительное количество селей зафиксировано и в бассейне реки Кашкадарья, а вот бассейн реки Зарафшан характеризуется умеренной селеопасностью.

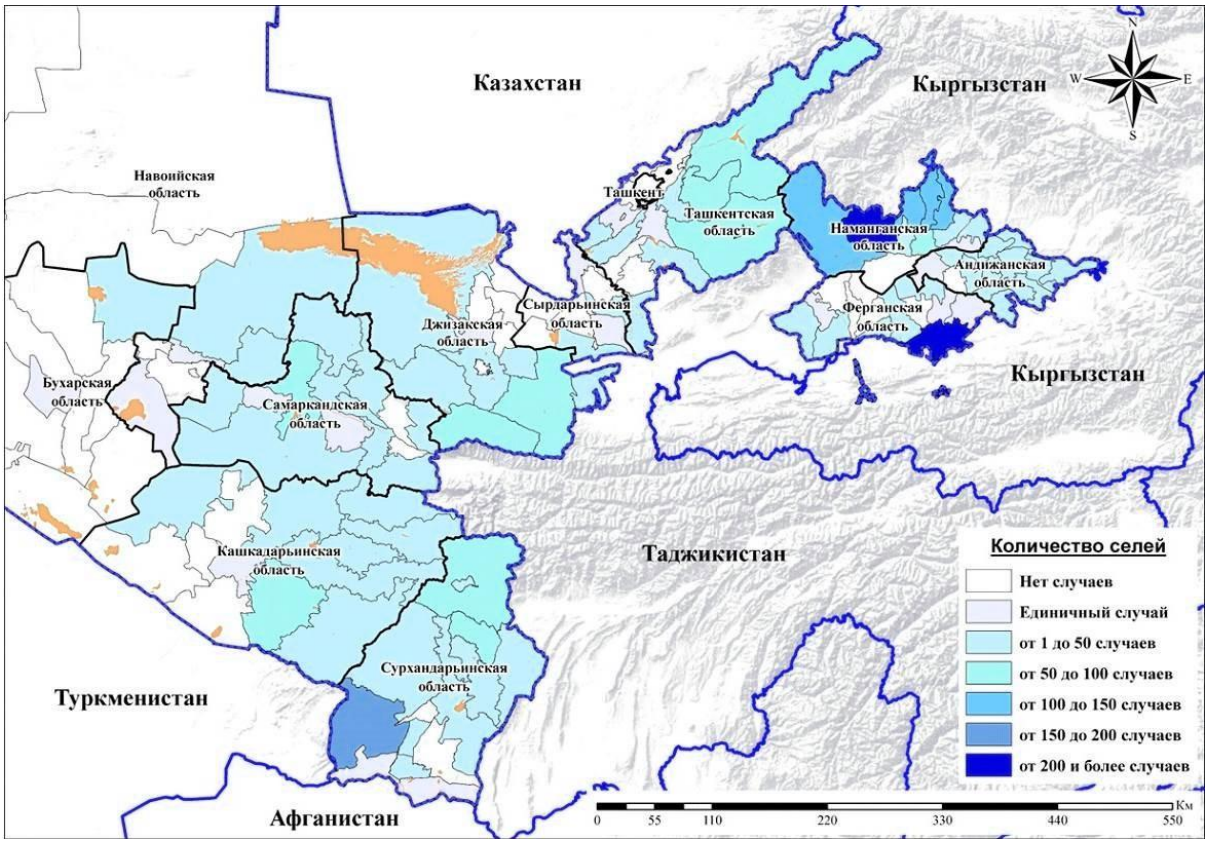


Рис. 5. Карта пространственного распределения селей по территории Узбекистана за период 1990-2023 годов

Карта составлена автором.

Регионы с максимальной подверженностью селям отличаются высокой плотностью речной сети и короткими водосборными бассейнами. В горных районах Памиро-Алая уклоны достигают 30–40°, что способствует быстрому формированию стока и транспортировке крупных объемов наносов.

Долгосрочные тренды в гидрологических характеристиках. Изучение многолетних данных показало, что в бассейнах рек, подверженных селям, наблюдается тенденция к увеличению пиковых расходов воды. На рисунке 6 приведены результаты фиксации селепаводковых процессов за период 1990-2023 гг., которые проводятся с целью оценки долгосрочных трендов. Рост селевой активности связан с изменением характера осадков, увеличением их интенсивности и сокращением длительности периода выпадения. Кроме того, на реках региона зафиксированы увеличенные объемы транспортировки наносов, что создает дополнительные трудности для поддержания гидротехнических сооружений и водозабора.

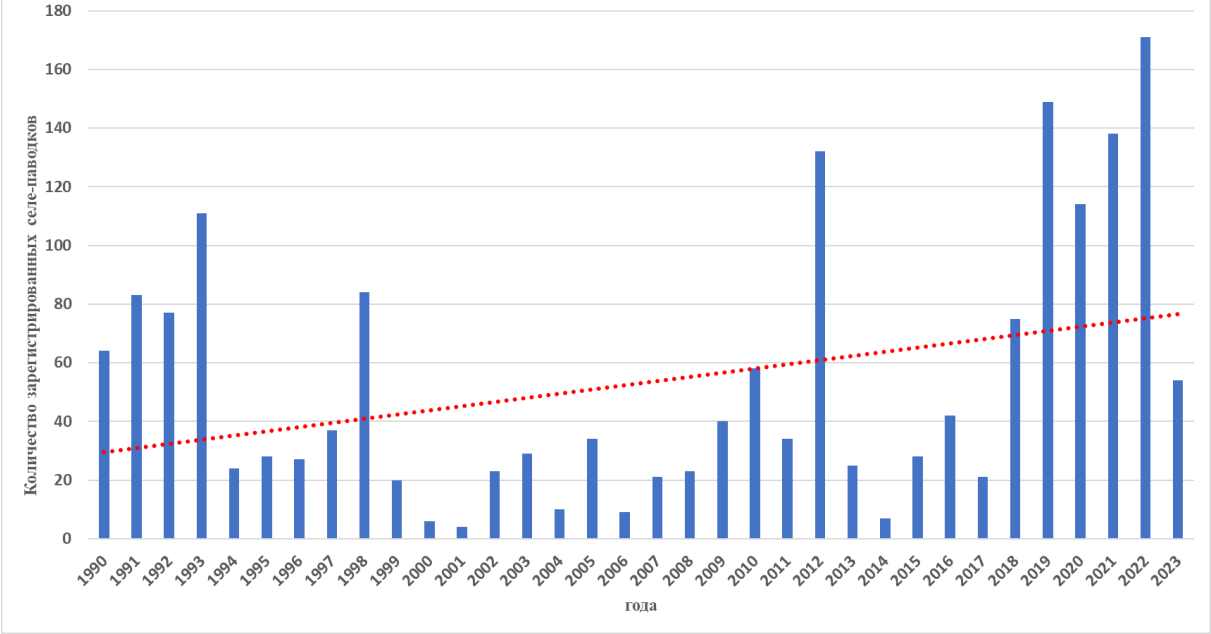


Рис. 6. Количество селепаводковых процессов, зарегистрированных на территории Республики Узбекистан с 1990 по 2023 гг.

Рисунок составлен автором.

В целом, полученные результаты подчёркивают сложный характер взаимодействия природных и антропогенных факторов в формировании селевых паводков в Узбекистане. Наблюдается тенденция к увеличению пиковых расходов воды в реках, подверженных селям, что согласуется с результатами исследований [16], которые отмечают увеличение стока рек в Центральной Азии в результате таяния ледников. Растущая интенсивность климатических изменений, подтверждённая исследованиями [20], требует адаптации существующих методов мониторинга и прогнозирования селепаводковых процессов. Высокая селеопасность в бассейнах рек Ахангаран и Чирчик обусловлена не только природными факторами, но и интенсивной хозяйственной деятельностью, что соответствует выводам Нигматова А.Н. [9] о влиянии антропогенных факторов на эрозионные процессы. Особое внимание следует уделить разработке интегрированных подходов к снижению рисков, включая восстановление растительного покрова, улучшение проектирования инфраструктуры и внедрение современных гидротехнических решений. Необходимо учитывать опыт других стран в области борьбы с селями, например, Швейцарии, где широко используются биоинженерные методы для стабилизации склонов.

Комплексный подход к изучению селепаводковых процессов, включающий пространственно-временной анализ, использование ГИС-технологий и моделирование, является ключевым инструментом для минимизации ущерба и обеспечения устойчивого развития в условиях растущей климатической нестабильности.

Выводы. Установлено, что усугубление селевых процессов тесно связано с изменениями климата, отражающимися в повышении интенсивности и частоты экстремальных осадков в горных районах Узбекистана. Высокая селеопасность определяется крутыми склонами, наличием рыхлых горных пород и ограниченными по площади водосборными бассейнами. Наибольшей уязвимости подвергаются бассейны рек Ахангаран, Кашкадарья и Чирчик.

Хозяйственная деятельность, включающая вырубку лесов, интенсификацию выпаса скота и рост урбанизированных территорий, усиливает эрозионные процессы и способствует увеличению селевой активности. Для снижения риска селей в бассейне

реки Ахангаран необходимо ограничить выпас скота на склонах с уклоном более 15° и провести лесовосстановление на площади не менее 1000 га.

Селевые паводки существенно повреждают транспортные коммуникации и сопутствующую инфраструктуру, что указывает на недостаточный учет селевых рисков при проектировании и эксплуатации данных объектов. В частности, необходимо пересмотреть нормативы проектирования мостов и дорог в горных районах с учетом возрастающих пиковых расходов воды в реках.

Для эффективного управления селевыми рисками требуется комплексный подход, включающий современные системы мониторинга, восстановление растительного покрова, реализацию природоохранных мероприятий, строительство защитных инженерных сооружений и системный учет риска при планировании инфраструктурного развития. Создание системы раннего оповещения о селевых паводках, основанной на данных гидрометеорологического мониторинга и моделировании, позволит снизить человеческие жертвы.

Использованная литература:

1. Абдазимов Ш.Х., Туропов С.Ш., Иргашев Н.Н. Гидрометеорологические явления, возникающие в Республике Узбекистан и представляющие опасность для железнодорожного транспорта // Химическая технология и техника: материалы докладов 84-й науч.-техн. конф., посвящ. 90-летию БГТУ и Дню белорус. науки (с междунар. участием). Минск, 3–14 февр. 2020 г. Минск: БГТУ, 2020. С. 324–328.

2. Айтбаев Д.П. Оценка эрозионной деятельности и стока взвешенных наносов рек Чирчик-Ахангаранского бассейна: автореф. дисс. … канд. геогр. наук. Ташкент, 2006. 27 с.

3. Ахмедов М.А., Салямова К.Д. Селевые явления в Узбекистане // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2018. Т. 2. № 2. С. 214-223.

4. Всемирный банк. Портал знаний об изменении климата. Профиль страны Узбекистан [Электронный ресурс] // World Bank Climate Change Knowledge Portal. Вашингтон, 2024. Эл. доступ: https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/uzbekistan. (Дата обращения: 15.12.2024).

5. Гаффоров Х.Ш., Турсунбоев Ш.Д. Оценка влияния изменения климата на гидрологические процессы в бассейне реки Чирчик // Irrigatsiya va melioratsiya. 2021. № 1 (23). С. 19-23.

6. Дергачёва И.В., Салимова Б.Д. Исследование селевой активности в горных и предгорных районах Республики Узбекистан // Проблемы современной науки и образования. 2022. № 9 (178). С. 48-52.

7. Дергачева И.В., Тилляходжаева З.Д. Селе-паводковые явления на территории Узбекистана и их влияние на здоровье населения // Экономика и социум. 2023. № 1-2 (104). С. 225-231.

8. Лынова К.С. Влияние климата Республики Узбекистан на гидрологию территории // Современная наука: актуальные вопросы и перспективы развития. 2019. С. 539-543.

9. Нигматов А.Н. Геоэкологические аспекты заовраженности и техногенной нарушенности земель Узбекистана. Ташкент: Изд-во НУУз, 2005. 240 с.

10. Салимова Б.Д. Анализ проблем эксплуатации мостовых сооружений в условиях паводковых рисков // Проблемы современной науки и образования. 2021. № 12 (169). С. 13-16.

11. Салимова Б.Д. Риски городской транспортной инфраструктуры в климатических условиях Узбекистана // Тенденции и перспективы развития городов. 2023. Т. 1. № 1. С. 53-55.

12. Халмурадов Т.Н., Горлова И.Г. Факторы адаптации сельскохозяйственного производства к изменению климата в Узбекистане // Формирование и развитие сельскохозяйственной науки в XXI веке. Солёное Займище, 2016. С. 178-183.

13. Центр гидрометеорологической службы Республики Узбекистан (Узгидромет). Первый двухгодичный отчет по обновленным данным Республики Узбекистан, подготовленный в соответствии с Рамочной конвенцией ООН об изменении климата. Ташкент: Узгидромет, 2021. Режим доступа: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/FBURUzru.pdf (Дата обращения: 15.12.2024).

14. Dergacheva I. et al. (2021), Mudflow hazard in the foothill and mountainous regions of Uzbekistan, *E3S Web of Conferences*. *EDP Sciences*, Vol. 263, P. 02019.

15. Gafurova L., Juliev M. (2021), Soil degradation problems and foreseen solutions in Uzbekistan, *Regenerative Agriculture: What's Missing? What Do We Still Need to Know?* Cham, pp. 59-67.

16. Hagg W. et al. (2006), Runoff modelling in glacierized Central Asian catchments for present-day and future climate, *Hydrology Research*, Vol. 37, No. 2, pp. 93-105.

17. Mamadjanova G., Leckebusch G.C. (2022), Assessment of mudflow risk in Uzbekistan using CMIP5 models, *Weather and Climate Extremes*, Vol. 35, P. 100403.

18. Mamadjanova G., Leckebusch G.C. (2016), Statistical characteristics of mudflows in the piedmont areas of Uzbekistan and the role of the synoptic processes for the formation of mudflows, *EGU General Assembly Conference Abstracts*, C. EPSC2016-14605.

19. Ouyang Y. et al. (2023), Quantification of Mountainous Hydrological Processes in the Aktash River Watershed of Uzbekistan, Central Asia, over the Past Two Decades, *Hydrology*, Vol. 10, No. 8, P. 161.

20. Sorg A. et al. (2012), Climate change impacts on glaciers and runoff in Tien Shan (Central Asia), *Nature Climate Change*, Vol. 2, No. 10, pp. 725-731.

References:

1. Abdazimov Sh.K., Turopov S.Sh., Irgashev, N.N. (2020), Hydrometeorological phenomena occurring in the Republic of Uzbekistan and posing a danger to railway transport, *Chemical Technology and Engineering: Proceedings of the 84th Scientific and Technical Conference dedicated to the 90th Anniversary of BSTU and the Day of Belarusian Science (with international participation)*, Minsk, pp. 324–328. (In Russ.).

2. Aitbaev D. (2006), *Assessment of erosion activity and suspended sediment yield in the Chirchik-Akhangaran river basin: abstract of diss. ... cand. of geogr. sciences*, Tashkent, 27 p. (In Russ.).

3. Akhmedov M.A. & Salyamova K.D. (2018), Mudflow phenomena in Uzbekistan, *Bulletin of the University of Civil Protection Ministry of Emergency Situations of Belarus*, No. 2 (2), pp. 214-223. (In Russ.).

4. *World Bank (2024), Climate Change Knowledge Portal: Uzbekistan Country Profile* [Electronic resource], Washington: World Bank. Retrieved December 15, 2024, from https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/uzbekistan. (In Russ.).

5. Gafforov Kh.Sh., & Tursunboev Sh.D. (2021), Assessment of the impact of climate change on hydrological processes in the Chirchik river basin, *Irrigatsiya and Melioratsiya*, No. 1 (23), pp. 19-23. (In Russ.).

6. Dergacheva I.V. & Salimova B.D. (2022), Study of mudflow activity in the mountainous and foothill areas of the Republic of Uzbekistan, *Problems of Modern Science and Education*, No. 9 (178), pp. 48–52. (In Russ.).

7. Dergacheva I.V. & Tillakhodzhaeva Z.D. (2023), Mudflow–flood phenomena in Uzbekistan and their impact on public health, *Economics and Society*, No. 1–2 (104), pp. 225-231. (In Russ.).

8. Lynova K.S. (2019), The influence of the climate of the Republic of Uzbekistan on the hydrology of the territory, *Modern Science: Current Issues and Prospects of Development*, pp. 539-543. (In Russ.).

9. Nigmatov A.N. (2005), *Geoecological aspects of damming and technogenic disturbance of the lands in Uzbekistan*, Tashkent, 240 p. (In Russ.).

10. Salimova B.D. (2021), Analysis of the problems of operating bridge structures under flood risk conditions, *The Problems of Modern Science and Education*, No. 12 (169), pp. 13-16. (In Russ.).

11. Salimova B.D. (2023), Risks to urban transport infrastructure under Uzbekistan's climatic conditions, *Trends and Prospects for Urban Development*, Vol. 1, No. 1, pp. 53-55. (In Russ.).

12. Khalmuradov T.N. & Gorlova I.G. (2016), Factors of adaptation of agricultural production to climate change in Uzbekistan, *In Formation and Development of Agricultural Science in the 21st Century*, Solyonoye Zaymishche, pp. 178-183. (In Russ.).

13. Center for Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan (Uzgidromet). (2021). First two-year report on the updated data of the Republic of Uzbekistan, prepared in accordance

with the UN Framework Convention on Climate Change. Tashkent: Uzgidromet. Available at: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/FBURUzru.pdf (accessed December 15, 2024).

14. Dergacheva I. et al. (2021), Mudflow hazard in the foothill and mountainous regions of Uzbekistan, *E3S Web of Conferences*. *EDP Sciences*, Vol. 263, P. 02019.

15. Gafurova L., Juliev M. (2021), Soil degradation problems and foreseen solutions in Uzbekistan, *Regenerative Agriculture: What's Missing? What Do We Still Need to Know?* Cham, pp. 59-67.

16. Hagg W. et al. (2006), Runoff modelling in glacierized Central Asian catchments for present-day and future climate, *Hydrology Research*, Vol. 37, No. 2, pp. 93-105.

17. Mamadjanova G., Leckebusch G.C. (2022), Assessment of mudflow risk in Uzbekistan using CMIP5 models, *Weather and Climate Extremes*, Vol. 35, P. 100403.

18. Mamadjanova G., Leckebusch G.C. (2016), Statistical characteristics of mudflows in the piedmont areas of Uzbekistan and the role of the synoptic processes for the formation of mudflows, *EGU General Assembly Conference Abstracts*, C. EPSC2016-14605.

19. Ouyang Y. et al. (2023), Quantification of Mountainous Hydrological Processes in the Aktash River Watershed of Uzbekistan, Central Asia, over the Past Two Decades, *Hydrology*, Vol. 10, No. 8, P. 161.

20. Sorg A. et al. (2012), Climate change impacts on glaciers and runoff in Tien Shan (Central Asia), *Nature Climate Change*, Vol. 2, No. 10, pp. 725-731.

Сведения об авторе:

Махкамов Бехзоджон Ровшан угли – Комитет по Автомобильным дорогам (Ташкент, Узбекистан), главный специалист. E-mail: slimcher@mail.ru

Information about the author:

Bekhzodjon Makhkamov – Committee on Automobile Roads (Tashkent, Uzbekistan), chief specialist. E-mail: slimcher@mail.ru

Для цитирования:

Махкамов Б.Р. Селепаводковые процессы в Узбекистане: комплексный анализ факторов, динамики, рисков и методов управления // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2025. № 1-2. С. 102-113.

For citation:

Makhkamov B.R. (2025), Mudflow processes in Uzbekistan: comprehensive analysis of factors, dynamics, risks, and management methods, *Central Asian Journal of Geographical Researches*, No. 1-2, pp. 102-113. (In Russ.).