УДК 556.5:556.16:551.583(470.5)

Мягков С.В., Дергачева И.В., Мягков С.С.

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт,
Ташкент, Узбекистан

ВЛИЯНИЕ ГОРОДСКОГО ЛАНДШАФТА НА ОПАСНОСТЬ НАВОДНЕНИЙ ОТ ЛИВНЕВЫХ ОСАДКОВ

Аннотация. *В работе рассматривается проблема затопления городских территорий. В связи с изменением климата произошли изменения режима осадков в глобальном масштабе. Ситуацию усугубляют процессы изменения ландшафтов городов. Широко используются асфальт при создании автомобильных дорог, строительство зданий и сооружений приводит к повышению скорости течения ливневых вод в городские понижения. Увеличение антропогенного влияния снижает фильтрационные свойства покрытия площади водосборной поверхности. Антропогенное влияние повышает скорость возникновения затоплений городских территорий и общее количество воды во впадинах. Для анализа происходящих процессов предлагается использовать ГИС технологии и данные дистанционного зондирования для построения цифровой модели рельефа.*

Ключевые слова: *затопление городов, ливневые осадки, ландшафт города, изменение климата, ГИС технологии, цифровая модель рельефа.*

Myagkov S.V., Dergacheva I.V., Myagkov S.S.

Hydrometeorological Research Institute, Tashkent, Uzbekistan

IMPACT OF URBAN LANDSCAPE ON FLOOD HAZARD

Abstract. *The paper considers the problem of flooding of urban areas. Due to climate change, there have been changes in the precipitation regime on a global scale. The situation is aggravated by the processes of changing the landscapes of cities. Asphalt is widely used in the creation of highways; the construction of buildings and structures leads to an increase in the flow rate of stormwater into urban depressions. An increase in anthropogenic influence reduces the filtration properties of the coverage of the catchment area. Anthropogenic influence increases the rate of flooding of urban areas and the total amount of water in the depressions. To analyze the ongoing processes, it is proposed to use GIS technologies and remote sensing data to build a digital terrain model.*

Key words: *urban flooding, heavy rainfall, urban landscape, climate change, GIS technology, digital terrain model.*

Введение и постановка проблемы. В докладе Всемирной Метеорологической организации (ВМО) [15] отмечается, что население земного шара испытывает воздействие изменения климата в опасных явлениях, связанных с водой. Количество стихийных бедствий, обусловленных гидрологическими процессами, растет в связи с увеличением интенсивности осадков, ураганов, сильных ветров.

За период 1990-2020 годы количество людей, проживающих в бассейнах рек подверженных наводнениям, увеличилась в среднем до 114%. Человеческие и экономические потери предстали в трагическом свете после проливных дождей и разрушительных паводков, и человеческих жертв, произошедших в Центральной Европе и Китае в 2020-2021 годах [9].

В результате антропогенного изменения городских ландшафтов происходят изменения гидрологических процессов - изменение скоростей движения ливневых потоков по поверхности и фильтрационных свойств самой поверхности, на которую выпадают осадки.

Серьёзные наводнения, произошедшие в одно время с наводнением в Западной и Центральной Европе, произошли в Турции (погибли 6 человек), Индии (погибли 33 человека), Китае (12 погибших), непогода накрыла Украину и Белоруссию [5].

Изученность проблемы. По данным научного анализа, проведенного Всемирной метеорологической организацией (ВМО) [10,14], «На протяжении последних 50 лет опасные явления, связанные с водой, занимали лидирующее место в списке стихийных бедствий как по количеству человеческих жертв, так и по размеру причиненного экономического ущерба».

Согласно публикации [7] - Атлас смертности и экономических потерь в результате экстремальных метеорологических, климатических и гидрологических явлений за 1970—2019 годы- «…из 10 видов стихийных бедствий в верхней части списка, опасные явления, которые приводили к наибольшим человеческим жертвам за период 1990-2020 годы, включают засухи (650 000 смертей), штормы (577 232 смерти), паводки (58 700 смертей) и экстремальные температуры (55 736 смертей)».

Относительно экономического ущерба, согласно [7] в десятку наиболее разрушительных явлений входят штормы (521 миллиард долларов США) и паводки (115 миллиардов долларов США). Паводки и штормы нанесли наиболее значительный экономический ущерб в Европе в размере 377,5 миллиарда долларов США. Наводнение 2002 года в Германии причинило ущерб на сумму 16,48 миллиарда долларов США и стало самым разорительным явлением в Европе в период с 1970 по 2019 год.» [7].

Метеорологическая служба Германии заявила – «что за 2 дня (14 и 15 июля 2021 года) в наиболее пострадавших регионах Германии, Бельгии, Нидерландов и Люксембурга на почву, которая уже были близка к пределу насыщения, выпало до двухмесячной нормы осадков. Швейцария и Австрия также пострадали от сильных наводнений».

В течение 24 часов с 14 по 15 июля 2021 года выпало от 100 до 150 мм осадков. Метеорологическая станция в Випперфюрте-Гардевеге (земля Северный Рейн-Вестфалия) зарегистрировала 162 мм осадков, за ней следуют Кельн-Штаммхайм (Северный Рейн-Вестфалия) с показаниями в 160 мм, Калл-Систих (Северный Рейн-Вестфалия) — 152 мм и Вуппертальь-Бухенхофен (Северный Рейн-Вестфалия) — 151 мм.

По сообщениям Метеорологической службы Китая [7] в некоторых районах центральной провинции Хайнань общий объем осадков, выпавших в период с 17 по 21 июля 2021 года, превысил среднегодовые величины. На национальной станции метеорологических наблюдений в Чжэнчжоу уровень осадков достиг отметки в 720 мм по сравнению со среднегодовым значением в 641 мм.

В Чжэнчжоу, столице провинции Хайнань, в течение шести часов выпала половина годового количества дождевых осадков. За 6 часов выпало 382 мм осадков, а в промежуток с 16:00 до 17:00 20 июля за 1 час количество дождевых осадков, выпавших в Чжэнчжоу, превысило 200 мм.

На более чем 600 станциях был зарегистрирован уровень осадков свыше 250 мм. Максимальное значение количества осадков составило 728 мм. Метеорологическое управление провинции Хайнань ввело режим высшего уровня реагирования на чрезвычайные ситуации для борьбы с последствиями наводнения.

Все большее число научных исследований [2,3] обращает внимание на влияние антропогенного фактора в риске наступления явлений экстремальных ливневых осадков. Одним из примеров являются экстремальные ливневые осадки, выпавшие в восточном Китае в июне и июле 2016 года, когда было установлено, что антропогенное воздействие значительно повысило вероятность этого события, тогда как в третьем исследовании с внешним рецензированием, опубликованном в Бюллетене Американского метеорологического общества [9], эта связь не прослеживалась столь четко.

Ожидается, что в некоторых частях света годовой уровень осадков в долгосрочной перспективе снизится, в то время как в других регионах колебания уровня

осадков и температуры заметно отразятся на вегетационном периоде некоторых растений. В других местах годовое количество осадков может остаться прежним, но выпадать они могут с большими интервалами, в виде гораздо более сильных и кратковременных ливней, вызывающих усиление засух и наводнений [12,14].

Изменение климата приводит к значительному увеличению интенсивных медленно движущихся ливней. Об этом стало известно из исследования Университета Ньюкасла и лондонского университета Метрополитен [6].

Изменение климата привело к тому, что в России дожди низкой и средней интенсивности сменились мощными ливнями [1]. Это уже происходит и сейчас зафиксировано. На смену, если так можно сказать, "грибным", легким дождичкам приходят ливневые дожди. Ситуация характерна для всех территорий России. Общее количество осадков незначительно увеличивается за счет летних осадков, но осадки выпадают более интенсивно. В среднем годовое количество осадков увеличилось за последние десять лет незначительно - всего на 2,2 процента. Но теперь нет затяжных дождей, которые длятся несколько часов, а проходят более короткие, но мощные ливни [1].

Выявлено, что замедление движения штормов приводит к увеличению количества осадков, которые накапливаются на местах, повышая риск внезапных наводнений по всей Европе сверх того, что ожидалось на основе предыдущих исследований.

Результаты вычислений, опубликованные в журнале Geophysical Research Letters [8], показывают, что штормы, вызывающие интенсивные дожди, могут двигаться медленнее с изменением климата, увеличивая продолжительность воздействия этих экстремальных явлений.

Климатические модели также согласованно показывают, что экстремальные погодные явления во многих регионах станут более частыми.

Фридерике Отто из Института изменений окружающей среды Оксфордского университета говорила: «Ливни, которые мы наблюдали в Европе за последние несколько дней, это экстремальные погодные условия. Их интенсивность усилилась вследствие изменений климата. И эта интенсивность будет продолжать усиливаться с дальнейшим потеплением».

В работе [4] рассматриваются процессы, происходящие в атмосфере, которые приводят к возникновению ливневых осадков в результате изменения климатических характеристик над территорией Центральной Азии, в том числе и над Узбекистаном.

Сильные ливни являются основной причиной естественных наводнений во всем мире. По материалам исследований [13] в Узбекистане причиной возникновения селей 84% приходится на ливневые дожди.

В некоторых случаях наводнения происходят в результате продолжительных дождей. В результате продолжительных (2-3 суток) дождей малой интенсивности происходит насыщение водой зоны аэрации, вода перестаёт фильтроваться в почву и грунт, и начинается образование склонового стока на всей площади водосборного бассейна практически одновременно, что приводит к образованию паводка и наводнению в нижней части речной долины. Этот подход используется при моделировании формирования внезапных паводков в системе прогнозирования Flash Flood Guidance System with Global Coverage (FFGS) Hydrologic Research Center (HRC) [11].

В данной работе рассматривается динамика изменения потоков ливневых вод по городской территории в результате изменения характеристик ландшафта и ливневых осадков.

Цель и задачи работы. На основе анализа антропогенного изменения гидравлических характеристик в структуре городского ландшафта рассматриваются процессы затопления территорий средствами ГИС технологий.

В работе решена задача адаптации интегральной спутниковой информации к условиям города и проведения аналитического подхода по отображению зданий и автомобильных дорог.

Построены слои ГИС для проведения численных экспериментов по возникновению зон затоплений городских территорий в результате выпадения ливневых осадков.

Материалы и методы. При выполнении данной работы были использованы опубликованные гидрометеорологические материалы наблюдений на пунктах Центра гидрометеорологической службы при Кабинете Министров Республики Узбекистан (Узгидромета). В основу теоретических методов положены математические модели, опубликованные в научных работах, представленных в списке использованной литературы. Статистическая обработка данных, построение графиков проведены методами общедоступной программы MS EXEL. Для работы с системой ГИС использовались программные продукты SURFER.

Основная часть. Для анализа выбрана окружающая территория площади Чорсу в городе Ташкенте (рис. 1). Изменение глобального климата в Центральной Азии определяет рост количества экстремальных явлений. Весной в период март - май возрастает количество интенсивных ливневых осадков. В 2019 году в апреле по Узбекистану выпало экстремальное количество ливневых осадков. Сумма осадков за период март-апрель по большей части территории более чем в два раза превысила среднемноголетние значения. Максимальное количество осадков за сутки достигало более 30 мм. Экстремальные осадки привели к возникновению чрезвычайных ситуаций в городах Узбекистана, в частности в Ташкенте, Самарканде, Бухаре.

Во всем мире, включая Узбекистан, растут города, как по занимаемой площади, так и по количеству населения. Инфраструктура городов определяется ростом площади занимаемой административными зданиями, жилыми комплексами, протяженностью дорог, тротуаров и иными строениями, препятствующими фильтрации дождевой воды в почву. Таким образом создаются благоприятные условия к возникновению затоплений, особенно во время ливневых осадков.

Кроме того, выпадающие осадки на непроницаемых фильтрации территориях приводят к увеличению скорости течения образующихся струй воды, которые с более быстрой скоростью текут по направлению впадин и приводят к более быстрому заполнений этих впадин, приводя к затоплению.

Эти два фактора обуславливают основную причину возникновения затоплений на территории городов, особенно таких, как Ташкент и Самарканд, расположенных на холмистой местности предгорий, в условиях равнинных городов, таких как Бухара, затопления могут занимать обширные площади.

Третий фактор, это засыпка старых естественных арыков и возведение на их месте транспортных коммуникаций или строительство зданий. Например, площадь Чорку в Ташкенте, расположенная между медресе Кукельдеш, торговым центром, гостиницей и другими зданиями ранее была некоторым водосбором. Этот водосбор нанесён на старые топографические карты Ташкента в виде арыка. Засыпав грунтом естественный дренаж и покрыв его непроницаемым слоем асфальта создалась впадина, в которой при ливне скапливается значительное количество воды, не находящей себе выхода. Такая же ситуация возникает и в других частях города.

Засыпав грунтом естественный дренаж и покрыв его непроницаемым слоем асфальта создалась впадина, в которой при ливне скапливается значительное количество воды, не находящей себе выхода. Такая же ситуация возникает и в других частях города.

На рисунке 1 видно значительное изменение ландшафта площади Чорсу. В процессе изменения ландшафта были засыпаны истоки двух естественных дренажных каналов, что в процессе привело к созданию бесстокового понижения, в которое стекается вода с окружающих территорий.

Затопление площади Чорсу происходит часто во время ливневых осадков. Однако и во время дождей нормальной и средней интенсивности также происходит затопление площади Чорсу и дорожных автомобильных трасс.

Изменена сама топография местности, например к центру площади Чорку практически со всех сторон наблюдается понижение рельефа по асфальтированным дорогам, что обеспечивает быстрый приток воды к впадине и быстрое наполнение впадины, что приводит к опасности затопления подземного перехода, а при наличии в подземном переходе людей возникает риск их здоровью, а возможно и гибели. Люди, спасающиеся от ливня, начинают искать убежище в подземном переходе, но в это время сам подземный переход является угрозой их здоровью, а возможно и жизни. Угроза возрастает особенно для детей и людей пожилого возраста (рис. 2).



Рис.1. Ландшафт площади Чорсу в 1900 году (слева) и в 2017 году (справа)
Источник https://mytashkent.uz/



Рис. 2. Затопление площади Чорсу в Ташкенте (19 мая 2019 года). Наводнение на автодороге и затопленный подземный переход. При этом создалась угроза гибели человека
Источник: https://mover.uz/watch/MEYCCKNj.

В Ташкенте в результате строительства новых зданий и дорожной инфраструктуры происходит засыпка старых естественных арыков и возведение на их месте транспортных коммуникаций или строительство зданий. Например, площадь Чорсу в Ташкенте, расположенная между медресе Кукельдеш, торговым центром, гостиницей и другими зданиями ранее была некоторым водосбором. Этот водосбор нанесён на старые топографические карты Ташкента в виде арыка (рис. 3).

Само название Чорсу переводится как «Четыре воды-арыка или родника». Если посмотреть на старые карты видно, что на месте современной площади Чорсу

существовал естественный водоток в естественном понижении, который в сухое время года являлся оросителем, а при ливне отводящим каналом.

На рисунке 3 представлена схема древнего Ташкента. На схеме видно, что по территории рядом с медресе Кукельдеш протекает арык «Чорсу», который в летнее время являлся оросителем, а в период дождей являлся коллектором дождевых вод.

Рассмотрим карту, изданную до 1900 года в сравнении с современным состоянием застроек и дорожной инфраструктуры города Ташкент (рис.3). Обратим внимание на ландшафтные изменения города Ташкента в районе Чорсу.

На старых картах видно течение арыка Чорсу, который впоследствии был уложен в подземный трубопровод. Таким образом канале перестал осуществлять дренаж окружающих территорий. Этот факт подтверждают старые фотографии.



**Рис. 3. Старая карта площади Чорсу 1897 года (слева)
и современный ортофотоплан 2019 года (справа)**

Овраг являлся естественным дренажём дождевых и ливневых вод в районе окружающем медресе Кукельдеш. Далее овраг переходил в русло арыка с продолжением до Чиланзарского Актепа. Таким образом ливневые воды протекали далее по реке, не вызывая городских подтоплений. Русло арыка на всем протяжении протекало вдоль обрывистых берегов, на берегах которых располагались жилые территории. В период засухи арык являлся источником воды, а в период осадков служил естественным дренажём.

На рисунке 4 представлена схема размещения зданий и автодорог и горизонтали местности, проведенные по данным спутниковой информации системы ASTER. Система ASTER представляет земную поверхность посредством грид-сетки.

Рассмотрены яркостные и цветовые характеристики изображения типичных объектов (реки и прочие водные объекты, дороги, растительность, промышленная и жилая застройки), которые в результате синтеза тепловых каналов ASTER изобразились цветами, отличными от оттенков серого. На снимках хорошо выделяется гостиница Чорсу, характеризующиеся очень низким уровнем теплового излучения.

Пример изображений бетонных и асфальтированных покрытий и сельскохозяйственных полей на космических снимках.

Отображение покрытий дорог и открытого грунта сине-фиолетовыми оттенками на синтезированном тепловом снимке ASTER показывает преимущество использования узких участков спектра в разных частях теплового диапазона, позоляющим отобразить разные спектральные свойства материалов и пород в тепловом диапазоне.

При проведении спутникового зондирования городских территорий происходит интеграция высотных значений в один элемент изображения. Здания и непосредственно

рельеф местности попадают в одну область. И происходит осреднение высоты. Например, если здание высотой 30 метров, а отметка земли 400 метров, то в случае равного по площади элемента растра, отметка высоты самого растра составит 415 метров.

Таким образом, на городской территории происходит искажение цифровой модели рельефа. Особенно если сама территория представляет собой неравномерную по площади, и что особенно важно, по высоте поверхность. В этом случае цифровая модель будет представлять собой сглаженную поверхность, с неравномерно распространёнными отметками высот (рис. 5).

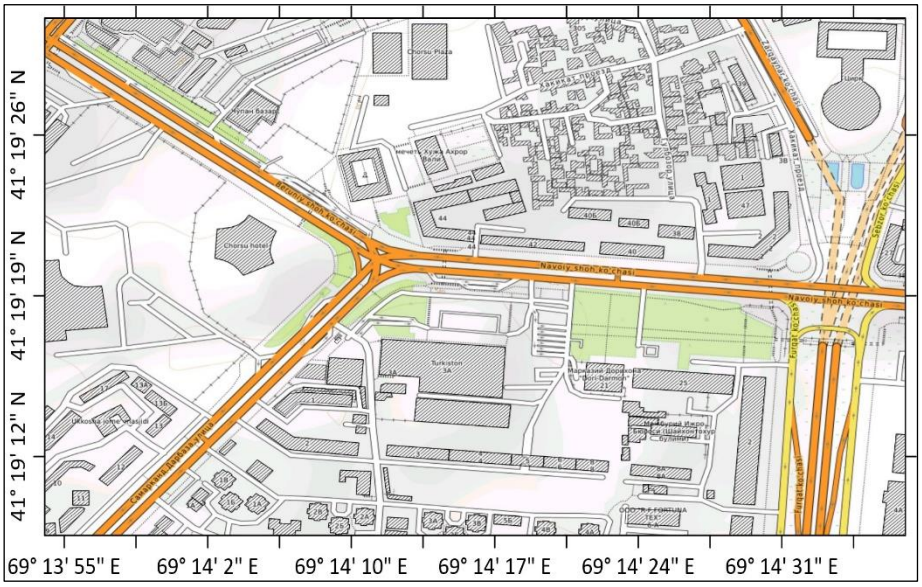


Рис. 4. Схема размещения зданий и автодорог, совмещенная с горизонталями, проведенными по данным спутниковой информации системы ASTER

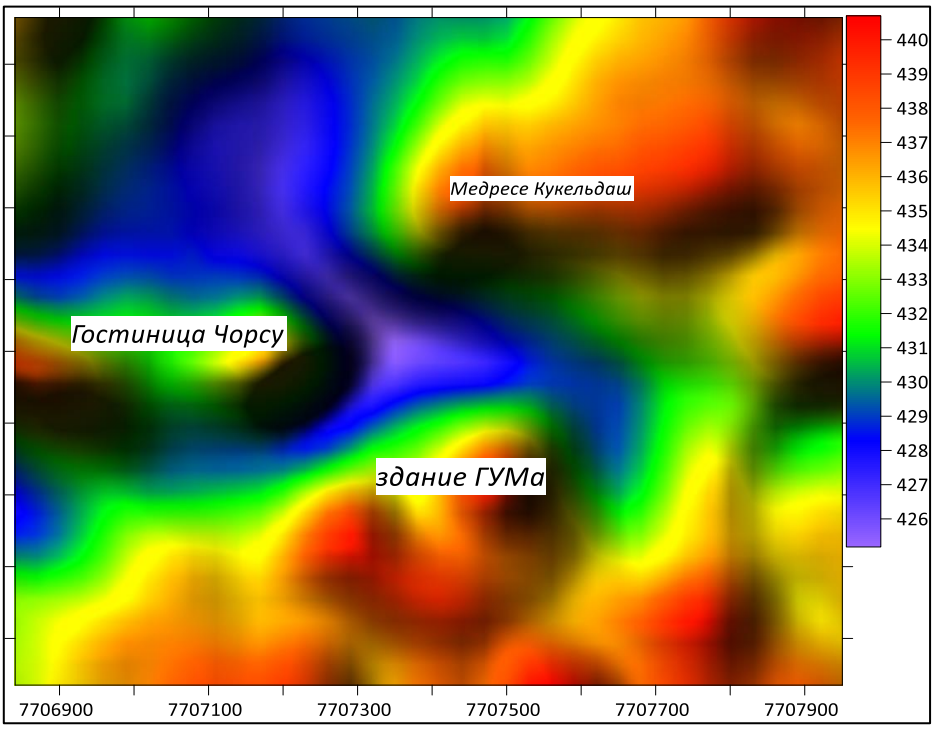


Рис. 5. Интегрированная сглаженная модель рельефа площади Чорсу

На шкале рисунка 5 отображены абсолютные отметки высот в метрах. Низшая отметка площади Чорсу 425 метров, крыша здания гостиницы Чорсу имеет высотную отметку 440 метров. Соседние растры уже имеют интегрированную величину, что объясняется размером пикселя, снимаемого спутником.

Сглаженный растр дает возможность реализовать математическую модель потока в виде сетки для решения разностными методами.

Ввиду того, что растр содержит только отметки высот и не отображает структуру поверхности, которая необходима для учета гидравлических и фильтрационных свойств поверхности, необходимо наложить слой состояния поверхности.

Например, асфальт или бетон для дорог, металл или соответствующий тип поверхности крыш зданий, растительный покров и другие. Данные слои могут быть подобраны из ГИС города. На котором имеются контуры зданий и отображены автомобильные дороги.

Выводы. В связи с изменением климата возникают ливневые осадки с катастрофическими последствиями. Все регионы мира подвержены этому явлению. Интенсивность и продолжительность ливневых осадков приводят к возникновению чрезвычайных ситуаций.

Антропогенное изменение ландшафта городов при проведении инженерно-строительных мероприятий и изменению городской инфраструктуры приводят к изменению скоростей и направлений потоков воды, образующихся на водосборных территориях.

Ландшафтные изменения городских территорий приводят к гидрологическим изменениям на подверженных территориях.

Строительство дорог и зданий снижают фильтрационные свойства поверхности водосбора и увеличивают скорости поверхностных потоков воды.

Безусловно невозможно остановить растущую урбанизацию городов, особенно многомиллионных мегаполисов, но учитывать и развивать городскую гидрологию необходимо. Кроме строительства дорог и зданий необходимо строительство против ливневых сбросов, в случае Ташкента это арыки и водосборные дренажные каналы, которые в летнее время используются в качестве оросительных систем для озеленения территорий.

В связи со значительной урбанизацией крупных городов, необходимо развивать направление науки в области городской гидрологии. Накопленный опыт необходимо использовать при проектировании крупных городов. В нашем резкоконтинетальном климате систему арыков и каналов необходимо совершенствовать на базе научных исследований.

Использованная литература:

1. Киселев А. Почему в России теплеет быстрее, чем в мире // Главная геофизическая обсерватория имени А.И. Воейкова. Москва, 2021. С. 37-39.
2. Кривенко В. Г. Концепция внутривековой и многовековой изменчивости климата как предпосылка прогноза // Климаты прошлого и климатический прогноз. Москва, 1992. С. 39-40.
3. Меркулова Н.Н., Михайлов М.Д. Разностные схемы для обыкновенных дифференциальных уравнений. Томск, 2014. 122 с.
4. Спекторман Т.Ю. Сценарии изменения климата для территории Узбекистана и зоны формирования стока рек Сырдарьи и Амударьи // Изменение климата, причины, последствия и меры реагирования. Бюллетень № 9. Ташкент, 2015. С. 29-39.
5. Almost 200 dead, many still missing after floods as Germany counts devastating cost. https://www.nbcnews.com/news/world/almost-200-dead-many-still-missing-after-floods-germany-counts-n1274330.
6. Andy Ridgwell and Paul J. Valdes, Climate and climate change Current, Vol. 19, No 14, 564 p.

7. *Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970-2019)* (WMO-No. 1267). Published by WMO, 2021.

8. *Bridging Weather and Climate: Subseasonal-to-Seasonal (S2S) Prediction*, 11 November 2020.

9. *Bulletin of the American Meteorological Society* (2021), Volume 102, Issue 11 (November 2021), ISSN:0003-0007.

10. Fillon R.H., Williams D.F. (1984), Dynamics of meltwater discharge from Northern Hemisphere ice sheets during the last deglaciation, *Nature*, No 310, pp. 674–677.

11. Flash Flood Guidance System: Vision 2030. News and Press Release. Source, WMO. Nov. 2021.

12. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007.

13. Rodriguez-Iturbe I., Eagleson P.S. (1987), Mathematical Models of Rainstorm Events in Space and Time, *Water Resources Research*, No 23, pp. 181–190.

14. Water and Climate Change (2020), UNESCO, 236 p. // www.unesco.org/water/wwap

15. *World Meteorological Organization (WMO)* (2021), 253 p.

References:

1. Kiselev A. (2021), Why is it getting warmer in Russia faster than in the world? *Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeykov*, Moscow, pp. 37-39. (In Russ.).

2. Krivenko V.G. (1992), The concept of intrasecular and centuries-old climate variability as a prerequisite for forecasting, *Climates of the past and climatic forecast*, Moscow, pp. 39-40. (In Russ.).

3. Merkulova N.N., Mikhaylov M.D. (2014), *Difference schemes for ordinary differential equations*, Tomsk, 122 p. (In Russ.).

4. Spektorman T.Yu. (2015), Climate change scenarios for the territory of Uzbekistan and the zone of flow formation of the Syr Darya and Amu Darya rivers, *Climate change, causes, consequences and response measures*. Bulletin No. 9, pp. 29-39. (In Russ.).

5. Almost 200 dead, many still missing after floods as Germany counts devastating cost. https://www.nbcnews.com/news/world/almost-200-dead-many-still-missing-after-floods-germany-counts-n1274330.

6. Andy Ridgwell and Paul J. Valdes, Climate and climate change Current, Vol. 19, No 14, 564 p.

7. *Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970-2019)* (WMO-No. 1267). Published by WMO, 2021.

8. *Bridging Weather and Climate: Subseasonal-to-Seasonal (S2S) Prediction*, 11 November 2020.

9. *Bulletin of the American Meteorological Society* (2021), Volume 102, Issue 11 (November 2021), ISSN:0003-0007.

10. Fillon R.H., Williams D.F. (1984), Dynamics of meltwater discharge from Northern Hemisphere ice sheets during the last deglaciation, *Nature*, No 310, pp. 674–677.

11. Flash Flood Guidance System: Vision 2030. News and Press Release. Source, WMO. Nov. 2021.

12. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007.

13. Rodriguez-Iturbe I., Eagleson P.S. (1987), Mathematical Models of Rainstorm Events in Space and Time, *Water Resources Research*, No 23, pp. 181–190.

14. Water and Climate Change (2020), UNESCO, 236 p. // www.unesco.org/water/wwap

15. *World Meteorological Organization (WMO)* (2021), 253 p.

Сведения об авторах:

Мягков Сергей Владимирович – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), зав. отделом гидрологии, доктор технических наук. E-mail: sergik1961@yahoo.com

Дергачева Ирина Викторовна – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), заведующий Лабораторией опасных явлений, доктор философии (PhD) по географическим наукам

Мягков Сергей Сергеевич – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), младший научный сотрудник

Information about authors:

Myagkov Sergey V. – Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), Head of the Department of Hydrology, Doctor of Technical Sciences. E-mail: sergik1961@yahoo.com;

Dergacheva Irina – Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), Head of the Laboratory of Hazardous Phenomena, Doctor of Philosophy (PhD) in Geographical Sciences;

Myagkov Sergey S. – Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), Junior Researcher.

Для цитирования:

Мягков С.В., Дергачёва И.В., Мягков С.С. Влияние городского ландшафта на опасность наводнений от ливневых осадков // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2021. № 3-4. С. 105-114.

For citation:

Myagkov S.V., Dergacheva I.V., Myagkov S.S. (2021), Impact of urban landscape on flood hazard, *Central Asian journal of the geographical researches*, No 3-4, pp. 105-114. (In Russ.).