



УДК 625.712: 628.212.2

Логинова Ольга Анатольевна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: loginova@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Азаревич Эльза Николаевна

инженер

E-mail: azarevich.elza@mail.ru

ООО «Инжиниринговая компания «Спектр»

Адрес организации: 420061, Россия, г. Казань, ул. Космонавтов, д. 44

Улучшение организации водоотвода на улично-дорожной сети Казани

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования выявить наиболее приемлемые для улично-дорожной сети города биоинженерные сооружения, способные накапливать и дренировать ливневые воды. В рамках исследования проанализированы изменения жидких осадков по городу Казани, отечественные и зарубежные нормативные документы, регламентирующие деятельность биоинженерных сооружений, определены наиболее эффективные биологические методы регулирования дождевого стока.

Результаты. Основные результаты исследования: рассмотрены максимальные суточные осадки города Казани за весь период их наблюдений, предложены пути решения для быстрого отвода ливневых вод с проезжей части, позволяющие их накапливать и дренировать.

Выводы. Значимость полученных результатов для вертикальной планировки города состоит в возможности решения проблем отвода ливневых вод за счет формирования новых средств озеленения города.

Ключевые слова: городская улица, дождевой сад, отвод ливневых вод.

Для цитирования: Логинова О. А., Азаревич Э. Н. Улучшение организации водоотвода на улично-дорожной сети Казани // Известия КГАСУ. 2020. № 4 (54). С. 112–120.

1. Введение

Для большинства российских городов остается актуальным вопрос безотказной работы сооружений по отводу ливневых вод.

Последствия ливней нередко заметны на городских улицах и площадях. Очень часто во время дождей можно наблюдать подтопление отдельных улиц и дворов, входов в метро и торговые центры. Это происходит даже на улицах оборудованных системой ливневой канализации [1]. Во многом это стало следствием непродуманности вертикальной планировки территории, недостаточной пропускной способностью ливневой сети, и пренебрежения тем, что ливневые воды могут стать ресурсом для устойчивого развития городских территорий. Застой дождевых вод на поверхности проезжей части приводит к снижению качества и долговечности дорожного покрытия, к дорожно-транспортным происшествиям [2].

Система отведения ливневых вод – это один из главных элементов благоустройства территории города, обеспечивающая экологическое благополучие городской среды. Обеспечение эффективного отвода поверхностных вод с тротуаров и проезжей части приобретает все большее значение.

Правильное решение задачи отвода поверхностных ливневых вод при проектировании городских улиц имеет большое значение для обеспечения сохранности дорожных одежд и городских инженерных коммуникаций.

Основным отличием проектирования отвода ливневых вод с городских улиц от проектирования водоотвода на автомобильных дорогах является необходимость

комплексного решения задачи отвода воды не только с улиц, но и с прилегающей территории – дворов, парковок и площадок промышленных предприятий.

С ростом благоустройства городов значение поверхностного водоотвода многократно возрастает [3, 4]. Когда в городах преобладали грунтовые поверхности и газоны, а дорожные одежды были водопроницаемы (щебеночные, брусчатые и булыжные проезжие части, и тротуары), большая часть дождевой воды впитывалась в грунт.

Современные города имеют большую площадь водонепроницаемых поверхностей – непроницаемую дорожную одежду проезжей части, тротуаров и парковок, кровли и отмостки зданий [5].

Отвод поверхности вод в городских условиях может осуществляться открытым способом, когда вода отводится по лоткам вдоль бортового камня проезжей части или закрытым способом, когда вода через ливнеприёмники поступает в ливневую закрытую канализационную систему.

В России появились документы, регламентирующие экологические принципы благоустройства и отвода ливневых вод [6]. Отдельные аспекты применения биоинженерных сооружений описаны в работах таких авторов, как С.С. Тимофеева, С.С. Тимофеев, Д.В. Ульрих [7].

Использование биотехнологий является частью экологического развития городов. В Великобритании, США и Австралии, например, существуют государственные программы, связанные с применением систем регулирования поверхностного стока. Эти программы направлены на организацию поверхностного стока, где биотехнологии отвода воды являются ключевыми компонентами этих систем.

Известны некоторые программы, предусматривающие водосберегающие подходы в проектировании городов. «Метод пониженного воздействия» [8] применяется в США, Канаде, Новой Зеландии. «Устойчивая система городского водоотвода» [9] применяется в Великобритании. «Водочувствительный городской дизайн» [10] используется в Австралии. Все они объединены процессом управления водным балансом городских территорий. Данные руководства входят в часть программ «устойчивого развития территорий», суть которых заключается в защите и охране окружающей среды [11, 12]. Помимо вышеупомянутых руководств, подобные методики существуют в скандинавских странах [13, 14].

Вопросы проектирования альтернативных систем водоотвода в Швеции, Норвегии, помимо стандартных проблем относительно ускорения процесса поверхностного водоотвода в плотной городской застройке, охватывают решения по исключению загрязнения снег.

Так, в соответствии с [9], в городской застройке используются 4 типа сооружений по способу регулирующих естественный сток: направляющие, поглощающие, накопительные и водопонижающие. К ним относятся: суходолы, дождевые сады, биодренажные каналы, проницаемые покрытия, водопроницаемые газоны. Применение данных технологий дает возможность улучшить в городах микроклимат и сделать воздух чище, а общественную среду – комфортнее [15].

Целью данной работы является выявление современных биоинженерных сооружений, способных регулировать ливневой сток на застроенной городской территории и установления причин возможного подтопления улично-дорожной сети города во время и после прохождения ливней.

Задачи исследования:

1. Провести анализ архивных метеорологических данных по городу Казани.
2. Выявить факторы, влияющие на увеличение расхода ливневого стока.
3. Рассмотреть современные экологические технологии регулирования ливневого стока.

2. Материалы и методы

В первой части исследования проанализированы максимальные суточные суммы осадков по литературным источникам и данным электронных ресурсов по городу Казани с 1882 г. по 2019 г. [16].

Во второй части исследования проведен критический анализ современной проектной практики отвода ливневых вод. На сегодняшний день методической базой для расчета и проектирования систем поверхностного стока на территории РФ является СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85» с обязательным приложением «Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты» [15], разработанным НИИ ВОДГЕО. В отечественной практике количество атмосферных осадков, подлежащих приему в дождевую сеть для их отвода (расход дождевых вод), рассчитывается по методу предельных интенсивностей, описанному в СП 32.13330.2018.

В третьей части рассматривались документы регламентирующие применение биоинженерных сооружений в отечественной и зарубежной практике.

3. Результаты

Анализ максимальных суточных сумм выпавших осадков в Казани [16] не выявил какого-либо увеличения суточной суммы осадков за период теплый период года (май – сентябрь) с 1882 г. по 2019 г. За последние 50 лет максимальные суточные осадки колеблются в пределах от 42 мм до 69 мм. То есть в период строительства современной городской ливневой канализации существенных изменений в количестве выпавших осадков в Казани не наблюдается.

В крупных и средних городах основная система водоотвода – закрытая, на ранних стадиях развития города в ней используют элементы открытой системы.

Если в загородной местности с помощью глубокой и поверхностной инфильтрации удаляется до 40 % осадков, то в условиях города этот показатель составляет всего 15 %. С помощью ливневой канализации вне города отводится только 20 % от общего объема поверхностных вод. В городе этот показатель возрастает до 55 % (рис. 1).

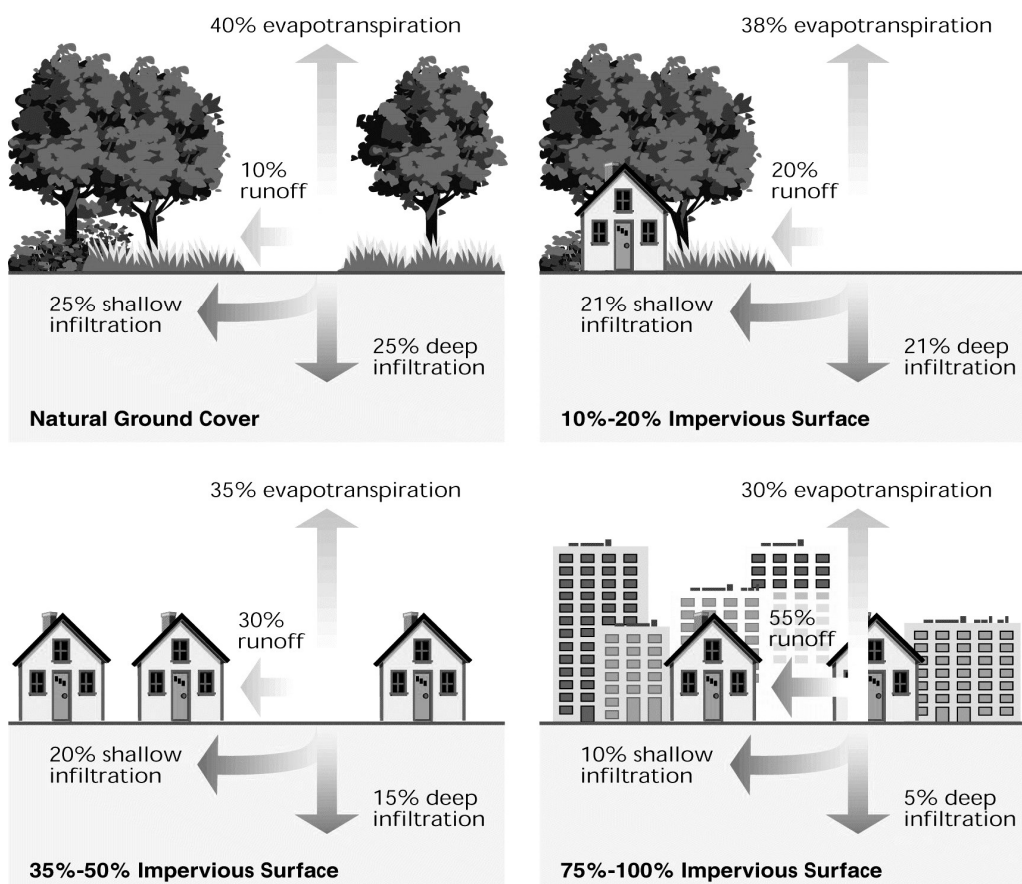


Рис. 1. Влияние урбанизации на естественный водный баланс [17]

Площадь зелёных насаждений Казани составляет 98 км², это 23 % от площади всего города. То есть, почти вся поверхностная вода за очень короткое время поступает на проезжую часть улиц и в пониженные места рельефа.

В основе методики, описанной в СП 32.13330.2018, лежит метод предельных интенсивностей, разработанный еще в 1920 г. Он состоит из определения расчетных расходов дождевых вод и обобщенного способа вывода расчетных формул интенсивности дождей. В дальнейшем в данный способ ввели уточнения, учитывающие климатические условия конкретных регионов. Исходными данными для расчета по методу предельных интенсивностей являются климатическая зона, тип покрытия и площадь стока.

«Метод пониженного воздействия» используется для описания подходов к планированию и проектированию, устройству применительно к управлению ливневыми стоками с практикой устойчивого управления ливневыми водами. Целью данной программы является достижение такого состояния водного баланса застроенных территорий, которое было до их освоения.

«Устойчивая система городского водоотвода» позволяет контролировать количество стока, способствует уменьшению риска затопления и эрозии путем регулирования потока, объема поверхностного стока.

«Водочувствительный городской дизайн» позволяет свести к минимуму образования сточных вод и очистки сточных вод традиционным методом; путем задержания воды на территории города.

Таким образом, есть небольшие различия в том, как эти программы используются в странах происхождения, однако они все объединены процессом управления водным балансом городских территорий.

Рассмотрим биоинженерные сооружения, которые могут применяться на улично-дорожной сети города и регулировать ливневой сток.

Дождевой сад (рис. 2) это локальное понижение рельефа участка озеленения городского пространства. Он позволяет собирать, удерживать и впитывать воду во время сильных дождей, а остальное время остается сухим [16].



Рис. 2. Дождевой сад [18]

Как правило, конструкция дождевого сада может предусматривать устройство дренажной трубы. Однако если подстилающий грунт имеет высокий коэффициент фильтрации и скорость фильтрации не меньше 50 мм/ч, то дождевая вода может непосредственного поступать сразу же через основание в грунт и устройство трубы не требуется.

Озеленение высаживается в верхнем слое почвы толщиной 0,15-0,3 м. Под почвой размещается песчаное основание не менее 0,2 м. Заложение откосов принимается 1:2- 1:3. Для каждой климатической зоны должны использоваться подходящие растения.

Входное отверстие или «коридор» для ливневых потоков, выполняется в виде прерывистого бордюрного камня. Оно позволяет собирать ливневые стоки, минимальная ширина которого составляет 30 см. Так же входное отверстие дополняется разнообразными «ловушками», которые очищают потоки воды от разного мусора.

Дождевой сад может располагаться на месте классического газона, расположенного вдоль проезжей части улицы, занимая всю его площадь, или это могут быть небольшие по площади островки, отделенные от классического газона.

Одним из примеров действующих дождевых садов может послужить дождевой сад Эдинбурга (Мельбурн, Австралия). Его площадь составляет 700 км² [19].

Биодренажная канава представляет собой открытый канал глубиной до 1,0 м треугольного или трапециевидального поперечного сечения, засаженный растительностью. Дну канавы придается продольный уклон 20-30 ‰ для отвода воды. По дну канавы может быть устроен дренирующий слой, под которым может укладываться дренаж.



Рис. 3. Биодренажная канава [20]

На улично-дорожной сети города биодренажной канаве сложно найти применение, но она будет незаменима при регулировании дождевого стока в парках и пригородных лесных массивах, на автомобильных дорогах с разделительной полосой, и применяться в качестве кюветов на поселковых улицах.

Биофильтрационный склон представляет собой засаженную растительностью площадку, имеющую незначительный уклон. Биофильтрационный склон лучше всего устраивать на суглинках и песчанистых суглинках. Его основное назначение это фильтрация загрязняющих веществ и их поглощение растения и микроорганизмами. В городском пространстве такие склоны модно расположить вокруг парковок, может применяться как первая ступень очистки стока перед дождевым садом.

Таким образом, из всех перечисленных биоинженерных сооружений, для отвода ливневых с улично-дорожной сети городов более всего подходят дождевые сады, расположенные на месте газонов.

Их применение позволит достичь сокращения объема дождевого стока. Ливневые воды накапливаются на территории дождевого сада, что приводит к уменьшению объема стока на проезжей части улиц. Расположенная в саду растительность очищает сток от загрязняющих веществ. Дождевые сады могут органично вписаться в городскую среду.

4. Обсуждение

Так как анализ архивных данных максимальных суточных осадков по городу Казани не выявил увеличения осадков, то можно предположить, что на подтопление тех или иных участков улично-дорожной сети оказывает влияние рост непроницаемой территории города.

По мере того как города сталкиваются с устаревшей инженерной инфраструктурой, всё большее значение приобретают биологические методы регулирования дождевого стока. В некоторых случаях они могут снизить долгосрочные затраты на строительство и техническое обслуживание, уменьшить опасность наводнений и предоставить возможности для инновационного проектирования. Применение биологических методов отвода воды позволяет улучшить экологическую ситуацию

За рубежом биоинженерные сооружения нашли самое широкое применение. Самым распространенным видом биоинженерных конструкций является дождевой сад. Дождевые сады применяются не только в южных регионах, но и в скандинавских странах, климатические условия которых аналогичны российским.

Дождевые сады, могут помочь уменьшить объем стока и снизить нагрузку на городскую систему канализации.

Создание дождевых садов в России пока не нашло широкого применения.

При развитии города и его улично-дорожной сети необходимы мероприятия по обеспечению экологической безопасности, сбережению природных ресурсов, сохранения и восстановления естественной среды. В рамках таких мероприятий рекомендуется осуществить устройство дождевых садов и стремиться к уменьшению площади непроницаемых поверхностей.

Заключение

1. Проанализированы максимальные суточные суммы выпавших осадков в Казани.
2. Рассмотрены основные программы, использующие водосберегающие подходы при проектировании улично-дорожной сети городов.
3. Обоснована актуальность применения биологических методов регулирования стока.
4. Показана перспективность применения дождевых садов на улично-дорожной сети городов для аккумуляции поверхностных ливневых вод.

Список библиографических ссылок

1. Стрелков А. К., Гриднева М. А., Набок Т. Ю., Дрёмина Э. В., Кондрина Е. Е. Влияние урбанизации города на системы водоотведения и очистки поверхностного стока (на примере Самары) // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. № 4 (17). С. 55–62. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.04.9.
2. Николаева Р. В., Газизова З. С. Управление безопасностью дорожного движения в Республике Татарстан // Вестник ИЦБЖД. 2018. № 2 (36). С. 87–92.
3. Bajracharya A., Rai R., Rana S. Effects of Urbanization on Storm Water Run-off: A Case Study of Kathmandu Metropolitan City, Nepal // Journal of the Institute of Engineering. 2015. Vol. 11. № 1. P. 36–49. DOI: 10.3126/jie.v11i1.14694.
4. Sheetal Sharma. Effects of urbanization on water resources-facts and figures // International Journal of Scientific & Engineering Research. 2017, Vol. 8. P. 433–459.
5. Тиганова И. А. Водонепроницаемые покрытия: эволюция инженерного благоустройства города // Архитектон: известия вузов. 2015. № 3 (51).
6. Методические рекомендации по организации водоотвода на улично-дорожной сети городов, не имеющих подземной (трубопроводной) ливневой канализации. М. : Минстрой России. 2019. 165 с.
7. Тимофеева С. С., Ульрих Д. В., Тимофеев С. С. Фитофильтры для очистки сточных вод // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19, № 16. С. 162–166.
8. Low Impact Development. Design Guidance Manual. URL.: https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/lid_design_guidance_uskh.pdf (дата обращения: 16.10.2020).
9. Sustainable Drainage Systems (SUDS) 2018. Design and Technical Guidance. 2018. URL.: <http://moderngov.sthelens.gov.uk/mgConvert2PDF.aspx?ID=89588> (дата обращения: 16.10.2020).
10. Water Sensitive Urban Design. Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater. Management in the City of the Future. URL: <http://www.switchurbanwater.eu/>

- outputs/pdfs/W5-1_GEN_MAN_D5.1.5_Manual_on_WSUD.pdf (дата обращения: 16.10.2020).
11. Activities of the European Union on sustainable urban development. A brief overview. European Urban Knowledge Network. URL: <https://www.eukn.eu/fileadmin/Lib/files/EUKN/2013/Activities%20of%20the%20European%20Union%20on%20sustainable%20urban%20development.pdf> (дата обращения: 16.10.2020).
 12. Stigsdotter U. A. Landscape architecture and health. Evidence-based health-promoting design and planning. Swedish University of Agricultural Sciences. URL: <https://pub.epsilon.slu.se/864/1/UlrikaStigsdotter.pdf> (дата обращения: 16.10.2020).
 13. Urban Stormwater Management in Oslo, Norway. 2018. URL: https://newwaterways421475860.files.wordpress.com/2018/11/final-version-thesis-urban-stormwater-management-oslo-sjoerd-van-megen_2018_bachelor_thesis.pdf (дата обращения: 16.10.2020).
 14. Urban drainage in cold climates // Urban drainage in specific climates. 2020. Vol. 2. 199 p.
 15. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. М. : ФГУП НИИ ВОДГЕО, 2006. 57 с.
 16. Летопись погоды в Казани // Погода и климат: справ.-информ. портал. 2020. URL: http://www.pogodaiklimat.ru/history/27595_3.htm (дата обращения: 16.10.2020).
 17. Stormwater issues // WNCStormwaterPartnership: Land of Sky Regional Council. 2017. URL: <http://www.wncstormwater.org/issues.html> (дата обращения: 16.10.2020).
 18. What do rain gardens have to do with CSOs? // Environmental Services: Oregon relay service 2020. URL: <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/565073> (дата обращения: 20.10.2020).
 19. Михайлова С., Бродач М. Дождевые сады как элемент системы устойчивого развития города // Здания высоких технологий. 2017. № 1. С. 54–60. URL: http://zvt.abok.ru/upload/pdf_articles/369.pdf (дата обращения: 16.10.2020).
 20. Евстигнеева Ю. В., Трофименко Ю. В., Евстигнеева Н. А. Биоремедиационные технологии очистки поверхностного стока с улично-дорожной сети населенных пунктов // European journal of natural history. 2020. № 1. С. 81–87.

Loginova Olga Anatolyevna

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: loginova@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Azarevich Elza Nikolaevna

engineer

E-mail: azarevich.elza@mail.ru

LLC «Engineering company «Spektr»

The organization address: 420061, Russia, Kazan, Kosmonavtov st., 44

Improving the organization of drainage on the street and road network of Kazan**Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to identify the most suitable bioengineering structures for the city's road network, capable to accumulate and drain stormwater. As part of the study changes in liquid precipitation in the city of Kazan, domestic and foreign regulations governing the activities of bioengineering facilities were analyzed, and the most effective biological methods for regulating rainfall runoff were determined.

Results. The main results of the study: the maximum daily precipitation of the city of Kazan for the entire period of their observations was considered, solutions for the rapid drainage of stormwater from the roadway were proposed, allowing accumulating and draining them.

Conclusions. The significance of the results obtained for the vertical planning of the city lies in the possibility of solving the stormwater drainage problems through the formation of new means of greening the city.

Keywords: city street, rain garden, stormwater drainage.

For citation: Loginova O. A., Azarevich E. N. Improving the organization of drainage on the street and road network of Kazan // *Izvestiya KGASU*. 2020. № 4 (54). P. 112–120.

References

1. Strelkov A. K., Gridneva M. A., Nabok T. Yu., Dryomina E. V., Kondrina E. E. The impact of urbanization of the city on the drainage and purification systems of surface runoff (on the example of Samara) // *Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arkhitektura*. 2014. Iss. 4 (17). P. 55–62.
2. Nikolaeva R. V., Gazizova Z. S. Management of road safety in the Republic of Tatarstan // *Vestnik NCzBZhD*. 2018. № 2 (36). P. 87–92.
3. Bajracharya A., Rai R., Rana S. Effects of Urbanization on Storm Water Run-off: A Case Study of Kathmandu Metropolitan City, Nepal // *Journal of the Institute of Engineering*. Vol. 11. № 1. P. 36–49. 2015. DOI: 10.3126/jie.v11i1.14694.
4. Sheetal Sharma. Effects of urbanization on water resources-facts and figures // *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 2017. Vol. 8. P. 433–459.
5. Tiganova I. A. Waterproof coverings: evolution of engineering improvement of the city // *Arkhitkton: izvestiya vuzov*. 2015. № 3 (51).
6. Methodological recommendations for the organization of drainage on the road network of cities that do not have underground (pipeline) storm sewage. M. : Minstroy Rossii. 2019. 165 p.
7. Timofeeva S. S., Ulrikh D. V., Timofeev S. S. Phyto-filters for wastewater treatment // *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*. 2016. Vol. 19, № 16. P. 162–166.
8. Low Impact Development. Design Guidance Manual. URL.: https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/lid_design_guidance_uskh.pdf (дата обращения: 16.10.2020).
9. Sustainable Drainage Systems (SUDS) 2018. Design and Technical Guidance 2018. URL.: <http://modern.gov.sthelens.gov.uk/mgConvert2PDF.aspx?ID=89588> (reference date: 16.10.2020).
10. Water Sensitive Urban Design. Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater. Management in the City of the Future. URL: http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/W5-1_GEN_MAN_D5.1.5_Manual_on_WSUD.pdf (reference date: 16.10.2020).
11. Activities of the European Union on sustainable urban development. A brief overview. European Urban Knowledge Network. URL: <https://www.eukn.eu/fileadmin/Lib/files/EUKN/2013/Activities%20of%20the%20European%20Union%20on%20sustainable%20urban%20development.pdf> (reference date: 16.10.2020).
12. Stigsdotter U. A. Landscape architecture and health. Evidence-based health-promoting design and planning. Swedish University of Agricultural Sciences. URL: <https://pub.epsilon.slu.se/864/1/UlrikaStigsdotter.pdf> (reference date: 16.10.2020).
13. Urban Stormwater Management in Oslo, Norway. 2018. URL: https://newwaterways421475860.files.wordpress.com/2018/11/final-version-thesis-urban-stormwater-management-oslo-sjoerd-van-megen_2018_bachelor_thesis.pdf (reference date: 16.10.2020).
14. Urban drainage in cold climates // *Urban drainage in specific climates*. 2020. Vol. 2. 199 p.
15. Recommendations for calculating systems for collecting, diverting and treating surface runoff of residential areas, sites of enterprises and determining the conditions for its release into water bodies. M. : FGUP NII VODGEO, 2006. 57 p.
16. Chronicle of weather in Kazan // *Weather and climate: reference-inform. portal*. 2020. URL: http://www.pogodaiklimat.ru/history/27595_3.htm (reference date: 16.10.2020).

17. Stormwater issues // WNCStormwaterPartnership: Land of Sky Regional Council. 2017. URL: <http://www.wncstormwater.org/issues.html> (reference date: 16.10.2020).
18. What do rain gardens have to do with CSOs? // Environmental Services: Oregon relay service 2020. URL: <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/565073> (reference date: 20.10.2020).
19. Mikhailova S., Brodach M. Rain gardens as an element of the city's sustainable development system // *Zdaniya vysokikh tekhnologiy*. 2017. № 1. P. 54–60. URL: http://zvt.abok.ru/upload/pdf_articles/369.pdf (reference date: 16.10.2020).
20. Evstigneeva Yu. V., Trofimenko Yu. V., Evstigneeva N. A. Bioremediation technologies for treating surface runoff from the road network of settlements // *European journal of natural history*. 2020. № 1. P. 81–87.