



УДК 712.2, 712.6

doi: 10.48612/dnitii/2025_57_84-90

УСТОЙЧИВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЛИВНЕВЫМИ СТОКАМИ: ПОТЕНЦИАЛ ЗЕЛЕНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ МЕГАПОЛИСА НА ПРИМЕРЕ Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

А. Ю. Соловьева

М. А. Торопкина

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

Аннотация

В последние десятилетия проблема управления ливневыми стоками становится все более актуальной в условиях глобальных изменений климата и урбанизации. Традиционные методы показывают неспособность полностью справится с назревающей проблемой с чем могут помочь методы приближенные к естественному круговороту природы — «зеленая инфраструктура».

Ключевые слова

Серая инфраструктура, зеленая инфраструктура, ливневые стоки, урбанизация, дождевой сад, биодренаж.

Дата поступления в редакцию

14.11.2025

Дата принятия к печати

20.11.2025

В современном мире процесс урбанизации происходит в ускоренном темпе. С каждым годом наблюдается все больший рост населения в городах, а следовательно, увеличивается и плотность городской застройки. В таких условиях город сталкивается с комплексной проблемой управления ливневыми стоками, усугубляемой износом существующих инженерных сетей, климатическими изменениями и особенностями урбанизированной среды. «Серая» инфраструктура города смещает границы зеленых насаждений, а следовательно, при такой тенденции увеличивается нагрузка на ливневую канализацию, и даже ввод в эксплуатацию новых водоотводных сооружений не уменьшает нагрузки.

«Серая» инфраструктура — это традиционные системы управления водными ресурсами. «Серая» инфраструктура опирается на прочные инженерные коммуникации, такие как коллекторы для ливневых вод, бетонные водосточные канавы и трубы ливневого стока необходимые чтобы собирать и направлять ливневую воду (иногда обработанную и очищенную, часто нет) в водотоки [1].

Согласно данным Росгидромета, количество осадков на территории России увеличивается на 1–2% каждое десятилетие [2]. И любой человек в целом замечает на себе изменения климата, будь то увеличение числа магнитных бурь или движение сезонов по календарю, где зима все чаще становится бесснежной, а лето сочетает в себе резкие перепады температур. При этом меняется характер дождей: вместо затяжных слабых дождей преобладают короткие интенсивные ливни, приводящие к резкому

возрастанию нагрузки на водную инфраструктуру. Все это оставляет существенный след, как на безопасности людей, так и экономике страны.

Особую актуальность эта проблема приобретает в условиях высокого уровня грунтовых вод и сложного рельефа местности Санкт-Петербурга, показывая, что прежнее городское планирование не было рассчитано на изменение климата и не готово к глобальному потеплению. Традиционные системы ливневой канализации тем самым не справляются с современными объемами поверхностного стока, что приводит к регулярным подтоплениям территорий, нарушению транспортной инфраструктуры, повреждению зеленых насаждений, а также вызывает появление загрязнений и наледи, снижая качество жизни и уровень безопасности населения [2].

Ситуация усугубляется тем, что интенсивная урбанизация приводит к увеличению доли водонепроницаемых покрытий — асфальта и бетона, которые предотвращают естественное проникновение влаги в почву. В результате до 90% осадков превращаются в поверхностный сток, требующий принудительного отведения [3].

Ключевыми проблемами существующей системы являются:

- неспособность инфраструктуры справляться с пиковыми нагрузками во время сильных ливней;
- высокая стоимость строительства и обслуживания традиционных дренажных систем;
- быстрое засорение коллекторов взвешенными частицами и мусором, снижающим эффективность водоотвода;
- отсутствие эффективной системы фильтрации, приводящее к загрязнению водоемов тяжелыми металлами и нефтепродуктами;

Особые опасения вызывает комплексный характер воздействия неочищенных ливневых стоков на окружающую среду и здоровье населения. Загрязняющие вещества не только ухудшают качество воды в реках и водоемах, негативно сказываясь на здоровье человека, но и проникают в грунтовые воды, создавая долгосрочные экологические риски.

Дополнительным фактором, усугубляющим ситуацию, является эффект теплового острова, характерный для мегаполисов. Преобладание непроницаемых покрытий и недостаток растительности приводят к повышению температуры в урбанизированной среде, что в свою очередь усиливает испарение и конвекцию, способствуя увеличению количества осадков.

В этих условиях становится очевидной необходимость пересмотра традиционных подходов к градостроительству и внедрения инновационных решений, основанных на принципах имитации природных процессов. Одним из наиболее перспективных направлений является создание многофункциональных систем управления ливневыми стоками, интегрированных в городское пространство и способных не только эффективно отводить воду, но и очищать ее, пополнять грунтовые воды и улучшать микроклимат территорий.

Такой комплексный подход с внедрением альтернативных методов, приближенных к природному круговороту воды — методов «зеленой инфраструктуры», в отличие от традиционной «серой» инфраструктуры ориентирован на предельное использование воды в городской экосистемы.

«Зеленая инфраструктура» — это система искусственных сооружений, имитирующих природные системы, принимающие ливневые стоки и позволяющие им медленно просачиваться в почву, а затем в водоемы [1]. Она же включает в себя разнообразные пути управления водными ресурсами, такие как озеленение крыш, придорожных территорий, создание абсорбирующих садов/дождевых садов,

с помощью которых собирается, фильтруется и сокращается количество ливневых стоков. При этом «зеленая инфраструктура» уменьшает количество наводнений и загрязненный сток, поступающий в канализацию, реки, озера и т. д. С чем «серая» инфраструктура по своей сущности справится не всегда в состоянии, ведь ее подходы систем инженерных коммуникаций, коллекторов, водосточных канав и труб не уменьшает количество ливневых стоков и уже тем более не дает такого спектра выгод, как «зеленая инфраструктура».

К зеленой инфраструктуре можно отнести проницаемое покрытие проездов, парковок и тротуаров, биоплато, сбор дождевой воды, устройство дождевых садов и биодренажей. Применение этих методов в современной инженерной инфраструктуре позволит эффективно препятствовать загрязнению ливневых вод. В контексте экологической целесообразности и визуальной ценности увеличение зеленых насаждений позволит улучшить качество городской среды. В первую очередь это проявляется в увеличении открытого озелененного пространства для отдыха, очистке воздуха от пыли и загазованности и создании благоприятных эстетически привлекательных общественных пространств.

Такая стратегия позволит не только увеличить объём очищенных дождевых стоков, вовлекаемых в естественный процесс, но также использовать её в качестве альтернативного источника, например, для поливки газонов. Решение проблемы ливневых стоков путём комплексного подхода, совмещающего искусственные инженерные системы и естественные методы очистки воды, позволит повысить экономическую эффективность управления ливневыми стоками, а также улучшит внешний вид города и повысить качество жизни горожан, возвращая экологические и природные элементы в повседневность населения и открывая новые возможности для досуга.

Нельзя не отметить, что данный вопрос уже занимает достаточное место в повестке дня устойчивого развития на 2030 г. и расширенное внедрение зеленой инфраструктуры имеет важнейшее значение в решении сегодняшних ключевых задач, в частности, в рамках Целей устойчивого развития пункт 6 (Чистая вода и санитария), пункт 11 (Устойчивые города и сообщества) и пункт 13 (Борьба с изменением климата) [4]. Однако в Российской Федерации отсутствует отдельный специализированный нормативный акт, регламентирующий использование дождевых садов. Тем не менее, их проектирование, строительство и эксплуатация осуществляются в рамках общей правовой базы, регулирующей сферу водоотведения, благоустройства и охраны водных ресурсов.

Понятия «дождевой сад» и «биодренажная канава» были относительно недавно введены в российскую нормативную базу. Их определения приводятся в актуализированной редакции СП 82.13330.2016, где дождевой сад определяется как элемент озеленения, представляющий собой искусственное понижение в рельефе [5].

Согласно пункту 6.4.1 СП 104.13330.2016, дождевые сады и биодренажные канавы рекомендуются к применению для отвода атмосферных осадков и обеспечения их постепенной инфильтрации в грунт [6].

Ключевыми документами, регулирующими данную сферу, являются:

1. СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения» (актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85) [7]:
 - является основным нормативным документом, предписывающим очистку поверхностного стока с селитебных территорий, автодорог и промышленных площадок перед сбросом в водные объекты (п. 4.5.1);
 - устанавливает нормативы очистки по концентрации взвешенных веществ, нефтепродуктов, БПК и других загрязняющих веществ (таблица 16);

- допускает использование сооружений биологической очистки и фильтрующих сооружений (п. 4.5.4), что позволяет классифицировать дождевой сад как очистное сооружение малой производительности.
2. **Федеральный закон №416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» [8]:**
- регулирует отношения в сфере водоотведения, включая обращение с поверхностными сточными водами.
3. **СП 82.13330.2016 «Благоустройство территорий» (актуализированная редакция СНиП III-10-75) [6]:**
- регламентирует создание зеленых насаждений, покрытий и малых архитектурных форм;
 - предписывает обеспечение отвода поверхностных вод средствами вертикальной планировки территории (п. 5.7);
 - рекомендует применение водопроницаемых видов покрытий (газонные решетки, щебень, пористый асфальт), что соответствует принципам организации дождевых садов (п. 6.2).
4. **СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» [9]:**
- устанавливает предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в водных объектах;
 - требует соблюдения нормативов качества для любых сбросов сточных вод, включая прошедшие обработку в дождевых садах.

Важно отметить, что создание дождевых садов в России не запрещено, а в многих случаях их использование вытекает из обязанности по очистке ливневых стоков. Основным аргументом для обоснования применения дождевых садов является их соответствие требованиям СП 32.13330.2018 как сооружений для очистки поверхностных сточных вод.

При этом необходимо учитывать требование обязательного согласования параметров дождевых садов с региональным оператором «Водоканала» и органами Росприроднадзора в случаях, когда они предназначены для очистки стоков с территорий предприятий или крупных жилых комплексов, а их выпуск присоединяется к городской канализации или водным объектам.

Основной проблемой внедрения дождевых садов является отсутствие отечественных стандартов их проектирования, что вынуждает проектировщиков ориентироваться на зарубежные руководства (США, ЕС) и адаптировать их к российским климатическим и нормативным условиям.

Таким образом, нормативная база не только не препятствует созданию дождевых садов, но и создает предпосылки для их внедрения через требования по очистке стоков и благоустройству. Однако отсутствие четких федеральных стандартов существенно осложняет этот процесс, требуя индивидуальных решений и согласований для каждого конкретного случая.

Для подведения итогов логично будет провести сравнительный анализ по перечню критериев каждой из рассматриваемых структур.

Традиционные методы управления ливневыми стоками (методы серой инфраструктуры) основываются на принципе технического отвода воды с использованием инженерных сооружений. Среди них основными технологиями являются: ливневая канализация, подземные резервуары, бетонные каналы и водопропускные системы. Чаще всего такие системы создаются для быстрого отвода воды с территории без фильтрации и других очистительных мероприятий.

Она не обеспечивает того же спектра выгод, что и «зеленая инфраструктура», поскольку она не уменьшает количество ливневых стоков, которые попадают в водотоки, и, по большей части, не улучшает качество этого стока. «Серая» инфраструктура также не обеспечивает тех же экосистемных преимуществ для человека и государства, о которых говорилось выше.

Компенсационные системы водоно-зелёной инфраструктуры включают в себя различные способы и технологии озеленения и отведения атмосферных осадков: биоинженерные сооружения, дождевые сады, задерживающие бассейны, водоно-болотные угодья, зеленые крыши, резервуары, водопроницаемые покрытия и пр. Такие компенсационные системы имеют несколько функций в зависимости от назначения и конструкции: накопление стока, транспортировка стока, фильтрация, инфильтрация, транспирация и испарение. В различных зарубежных источниках при упоминании о природных инструментах регулирования дождевого стока, чаще всего, все перечисленные способы и технологии объединяют в термин «компенсационные системы поверхностного водоотвода» (SUDS) [10].

Системы «зеленой инфраструктуры» неприхотливы в обслуживании и показывают свою эффективность в сравнении с «серыми» методами организации поверхностного водоотвода, имея так же меньшую стоимость и более высокий уровень адаптации к изменяющимся климатическим условиям (*таблица 1*).

Таблица 1

Сравнительный анализ объектов серой и зеленой инфраструктур

Параметр	Серая инфраструктура	Зеленая инфраструктура
Стоимость реализации	Высокая	Средняя/низкая
Очистка воды	Требуются отдельные сооружения	Естественная фильтрация
Биоразнообразие	Не поддерживает	Повышает
Адаптация к климату	Низкая	Высокая

Сравнительный анализ «серой» и «зеленой инфраструктур» показал, что применение элементов последней может дать большой спектр преимуществ, а в комплексной системе оба подхода будут демонстрировать эффективную и гибкую стратегию по урегулированию ливневых стоков в условиях изменения климата в урбанизированной среде городов и, в частности, Санкт-Петербурга.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта СПбГАСУ на 2025 год.

Библиографический список

1. Шелковкина, С. В. Зеленая инфраструктура для организации урбанистических пространств: как рационально управлять ливневыми осадками? / С. В. Шелковкина // Государственное управление и развитие России: глобальные угрозы и структурные изменения: Сборник статей международной конференц-сессии, Москва, 01 октября 2020 года. Том 1.— Москва: Издательский дом «Научная библиотека», 2020.— С. 772 – 789. (дата обращения: 20.09.2025).

2. Русинова, А. Д. Система дождевого сада, как часть системы поверхностного водоотвода города / А. Д. Русинова // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: Материалы X Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 24–29 апреля 2023 года / Под общей редакцией Н. Ю. Ермиловой, И. Е. Степановой. — Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2023. — С. 71–72. (дата обращения: 20.09.2025).
3. Голдобин, М. В. Внедрение зеленой инфраструктуры для снижения нагрузки на ливневую канализацию / М. В. Голдобин, И. Л. Бартоломей // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса: сборник трудов Международной научно-практической конференции: в 2 ч., Волгоград, 07–08 декабря 2021 года / Волгоградский государственный технический университет. Том Часть 2. — Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2021. — С. 296–301. (дата обращения: 20.09.2025).
4. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development [Электронный ресурс] // United Nations. — 2015. — URL: <https://sdgs.un.org/2030agenda> (дата обращения: 30.09.2025).
5. СП 82.13330.2016. Благоустройство территорий [Электронный ресурс]: Актуализированная редакция СНиП III-10-75: утв. приказом Минстроя России от 16.12.2016 № 972/пр: введ. 2017-06-17. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054206> (дата обращения: 20.09.2025).
6. СП 104.13330.2016. Инженерная защита территории от затопления и подтопления [Электронный ресурс]: Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85: утв. приказом Минстроя России от 16.12.2016 № 973/пр: введ. 2017-06-17. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054207> (дата обращения: 20.09.2025).
7. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения [Электронный ресурс]: Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85: утв. приказом Минстроя России от 29.12.2016 № 1038/пр: введ. 2017-06-17. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/554475029> (дата обращения: 20.09.2025).
8. О водоснабжении и водоотведении [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ: ред. от 24.04.2020. — URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=102476407&backlink=1&&nd=102148291> (дата обращения: 20.09.2025).
9. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод [Электронный ресурс]: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.06.2000: введ. 01.01.2001. — URL: https://www.rosпотребнадзор.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=5064 (дата обращения: 20.09.2025).
10. Алтунин, Г. В. Дождевые сады как часть экологической и инженерной системы города / Г. В. Алтунин // Архитектурные исследования. — 2024. — № 1 (37). — С. 99–105. (дата обращения 05.10.2025).

SUSTAINABLE MANAGEMENT OF STORAGE WASH: POTENTIAL OF GREEN INFRASTRUCTURE IN MEGA-CITY ON THE EXAMPLE OF ST. PETERSBURG

**A. Yu. Solovyova
M. A. Toropkina**

Abstract

In recent decades, the problem of stormwater management has become increasingly relevant in the context of global climate change and urbanization. Traditional methods show an inability to cope with the emerging problem in full, with which methods close to the natural cycle of nature – “green infrastructure” can help.

The Keywords

Gray infrastructure, green infrastructure, stormwater runoff, urbanization, rain garden, bioretention.

Date of receipt in edition

14.11.2025

Date of acceptance for printing

20.11.2025

Ссылка для цитирования:

A. Ю. Соловьева, М. А. Торопкина. Устойчивое управление ливневыми стоками: потенциал зеленой инфраструктуры мегаполиса на примере г. Санкт-Петербурга. — Системные технологии. — 2025. — № 4 (57). — С. 84 – 90.