

**РАЗВИТИЕ ЗЕЛЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ЗАЩИТУ
ОТ НАВОДНЕНИЙ, НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**
**Development of green infrastructure for flood protection
on the example of St. Petersburg**

О. А. Новикова, магистрант

И. А. Старицына, кандидат геолого-минералогических наук, доцент
Уральский государственный аграрный университет
(Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42)

Аннотация

В статье исследуется планирование зеленой инфраструктуры для защиты города от наводнений. Рассматривается оценка риска наводнений. Особое внимание уделяется территориальному планированию города, проектированию зеленых элементов и устойчивому использованию территории для создания зеленой инфраструктуры. Рассматриваются социальные аспекты, включая общественное участие и преимущества зеленой инфраструктуры в контексте защиты от наводнений.

Ключевые слова: зеленая инфраструктура, наводнение, климатическое изменение, территориальное планирование, городская инфраструктура, защита от наводнений.

Summary

The article investigates the planning of green infrastructure for flood protection in the city. Flood risk assessment is considered. Particular attention is paid to the spatial planning of the city, the design of green elements and the sustainable use of the area for green infrastructure. Social aspects including public participation and the benefits of green infrastructure in the context of flood protection are considered.

Keywords: green infrastructure, flooding, climate change, spatial planning, urban infrastructure, flood protection.

Современное изменение климата приводит к увеличению интенсивности и частоты осадков, что в свою очередь увеличивает риск наводнений как речных, так и дождевых, особенно в городских районах с устаревшей дренажной инфраструктурой [3]. Этот факт подчеркивает процессы неравномерного городского развития, в результате чего районы с низким уровнем дохода становятся наиболее уязвимыми перед опасностью наводнений. Структурная уязвимость этих районов обусловлена историческим господством рыночного и технократического подходов к городскому планированию, а также несправедливой политикой зонирования, которая часто вынуждает заселять неблагоприятные для жизни и развития территории с низкой рыночной стоимостью [10].

В городской инфраструктуре, предназначенной для защиты от наводнений, можно выделить два основных подхода: серая и зеленая инфраструктура [1]. Серая инфраструктура включает в себя крупные инженерные сооружения, такие как системы канализации, коллекторные сети, дамбы и очистные сооружения. Эта концепция возникла в период индустриализации, когда активно развивался городской транспорт, использовались непроницаемые поверхности для строительства и формировался специфический гидрологический режим. К сожалению, «се-

рая» инфраструктура не всегда справляется с большим объемом воды во время сильных дождей или наводнений. В таких ситуациях ее водоотводящая способность оказывается недостаточной.

Зеленая инфраструктура охватывает различные методы управления водными ресурсами, включая озеленение крыш, придорожных зон, создание впитывающих садов и других приемов, которые направлены на сбор, фильтрацию и сокращение ливневых стоков. Главной целью такой инфраструктуры является уменьшение риска наводнений и препятствование попаданию загрязненных вод в канализацию, ручьи, озера, моря и океаны. Зеленая инфраструктура направлена на сбор и сохранение дождевой влаги, и подражает естественным гидрологическим процессам с использованием природных элементов, таких как растения и почва, чтобы превратить дождевую воду в ценный ресурс, а не в отходы [2]. Такой подход к управлению водными ресурсами способствует улучшению качества и количества местных водных ресурсов, приносит экологические, экономические и здоровьесберегающие выгоды для населения, особенно в городских районах, где недостаток природных ресурсов является актуальной проблемой.

В рамках изучения концепции зеленой инфраструктуры следует обратить внимание на серую инфраструктуру. Серая инфраструктура представляет собой традиционные (и зачастую более дорогостоящие) системы управления водными ресурсами, которые дополняют и, в некоторых случаях, могут заменять зеленую инфраструктуру. Серая инфраструктура оперирует на основе надежных инженерных коммуникаций, таких как дренажные системы для стока дождевых вод, бетонные водоотводные каналы и дождевые стоки, которые необходимы для сбора и направления дождевой воды (иногда подвергнутой обработке и очищению, часто нет) в водотоки [4]. В отличие от зеленой инфраструктуры, серая инфраструктура не обеспечивает того же диапазона преимуществ, поскольку она не сокращает количество сточных вод, попадающих в водотоки, и, во многом, не улучшает качество этого стока.

В настоящее время наблюдается тенденция климатических перепадов, особенно отмечается увеличение интенсивности осадков. Большой проблемой становится очистка ливневого стока и сохранение качества воды городских объектов. В связи с этим необходимо пересмотреть несколько положений формирования городской среды. С учетом принципов устойчивого развития в постиндустриальном мире, зеленая инфраструктура представляет собой набор методов управления водными ресурсами, с целью привести современные системы дренажа в соответствие с природными водными процессами [9]. Реализация этой концепции предусматривает комплексный подход на четырех уровнях - бассейна водосбора, зоны подтопления, местного и домашнего уровней.

Экономическая и социокультурная оценка экосистем и их услуг

Многие синонимичные термины используются для обозначения природных особенностей в городских районах, включая городские экосистемы, зеленую инфраструктуру и решения, основанные на природе. Зеленая инфраструктура считается малозатратным и не требующим особых усилий способом улучшения экологии. Зеленая инфраструктура имитирует естественные процессы инфильтрации, медленного стока, задержания, сохранения и испарения воды, тем самым дополняя централизованную серую дренажную инфраструктуру в управлении наводнениями, вызванными климатом [10].

Принятие решений в отношении зеленой инфраструктуры основано на экономической оценке экосистемных услуг. Экосистемные услуги включают ресурсные, регулирующие, культурные и другие услуги и определяются как выгоды, которые люди получают от экосистем [10]. Действительно, эмпирические данные показывают, что подходы к экономической оценке

отдают приоритет инвестициям в зеленую инфраструктуру на землях с высокой рыночной стоимостью. Способность государственных структур выявлять исторические, политические и культурные структуры, которые сформировали взаимодействие между населением и городской зеленой инфраструктурой, добавляет нюансов к решениям по планированию [11]. Вовлеченность государственных структур открывает новые способы освоения, контроля и использования городских земель, она делает социокультурную оценку подходящей основой, которая учитывает потребности жителей.

Нормативная база

Законодательной базой РФ [7] регулируются элементы серой инфраструктуры. Внедрение ограниченного числа элементов зеленой инфраструктуры может осуществляться согласно своду правил «Инженерная защита территории от затопления и подтопления» (п. 4.10 [7]), зачастую подпадая под определение «агролесотехнических мероприятий» или отражаясь в смежном правовом поле деятельности по благоустройству территорий [8]. В международной практике наибольшего прогресса в многоступенчатом внедрении зеленой инфраструктуры в правовое поле достигнуто в США, Великобритании, Австралии, Германии, Нидерландах и Китае [9]. Реализация объектов зеленой инфраструктуры в этих странах легализована на различных уровнях – от придомового до уровня административной единицы. В таблице 1 представлены основные международные концепции, основывающиеся на реализации элементов зеленой инфраструктуры.

Таблица 1

Основные концепции устойчивого развития урбанизированных территорий, использующих зеленую инфраструктуру

Концепция	Страна
Решения на основе природных факторов (Natural-based solutions)	ЕЭС
Малозатратное развитие (Low-impact development)	США, Канада
Губчатый город (Sponge city)	Китай, Германия
Водочувствительный городской дизайн (Water-sensitive urban design)	Австралия
Устойчивая дренажная система (Sustainable Drainage System)	Великобритания

Основываясь на общих принципах устойчивого развития урбанизированных территорий и зеленых подходах к управлению городскими водами, концепции различаются в адаптации к местным гидрометеорологическим условиям, степенью внедрения в правовое поле и охватом областей регулирования городского стока.

Рекомендации по применению зеленой инфраструктуры для Санкт-Петербурга

Коллективом проекта «Повышение адаптивного потенциала при управлении городскими водными ресурсами» (RAINMAN KS 1038) – программы приграничного сотрудничества «Юго-восточная Финляндия – Россия (2014-2020)» совместно со специалистами ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» [6] было выделено 4 функциональные зоны города, наиболее подверженных затоплениям и имеющих различную типологию ландшафта или историю развития городской среды и инфраструктуры (рис. 1).

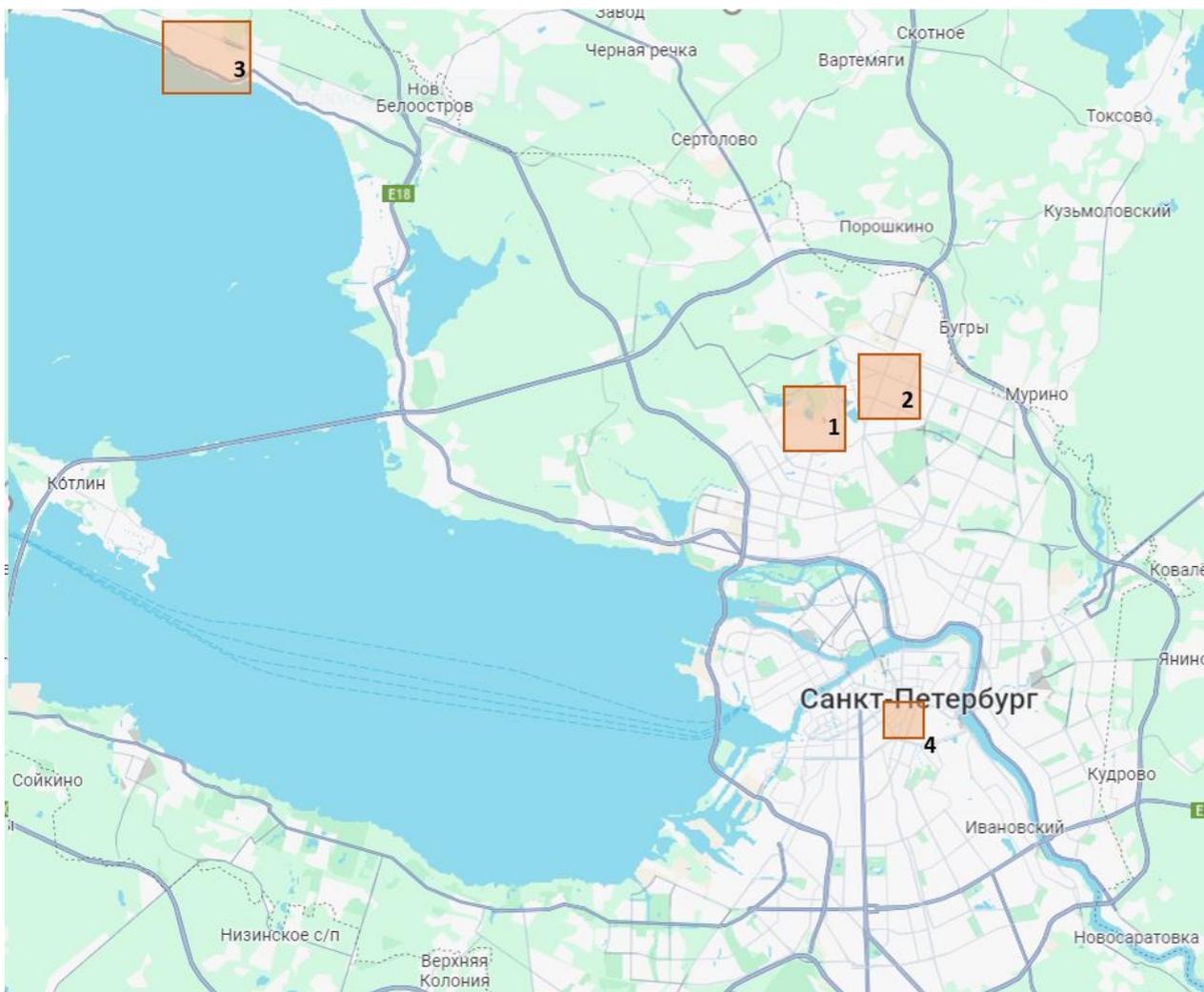


Рис. 1. Карта расположения функциональных зон (источник изображения Яндекс карты) [5]

Первая зона – район новых построек, вторая зона – с уже сформированной инженерной инфраструктурой, третья зона – территория с естественным ландшафтом, четвертая зона – исторической застройки. Характеристика зон представлена в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика функциональных зон, подверженных затоплениям

Зона	Характеристика	Площадь, га
Новое строительство (1)	Активно развивающаяся территория новой застройки на севере города	1126
Сложившаяся (2)	Территория со сложившейся инженерной инфраструктурой и большим количеством зеленых зон, сохранившихся с советских времен	1157
Зеленые зоны (3)	Характеризуется наводнениями на малых реках, вызванными нагонными явлениями или паводками/половодьями	509
Историческая (4)	Характеризуется сложностью доступа к дренажной инфраструктуре, ее устареванием, а также большой площадью непроницаемых поверхностей	121

Перечень рекомендаций с привлечением элементов зеленой инфраструктуры представлен в таблице 3.

Таблица 3

Перечень элементов зеленой инфраструктуры для каждой из функциональных зон [4]

Структурный уровень	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 4
Домохозяйства	Придомовые или дворовые дождевые сады и биодренаж, проницаемые поверхности			
	Придомовые водонакопители			Зеленые острова
Местный	Биоотводы в придорожной зоне и зоне парковок			Редуцирующие крыши
	Зеленые острова, замена непроницаемых поверхностей			
	Удерживающие пруды			Искусственные пруды и обводнения парков
Активной зоны затопления	Восстановление естественных путей поверхностного стока		Пойменные зеленые валы	Искусственные накопители воды «в бетоне»
	Проницаемые поверхности, биоотводы			
Водосбор	Зеленый коридор (современный)	Зеленый коридор (на базе советской инфраструктуры)	Паводковые леса, расчистка русла	Максимальная разгрузка ливневки средствами зеленой инфраструктуры

В первых трех зонах возможно реализовать концепцию зеленой инфраструктуры путем проектирования новых или модернизации существующих элементов инфраструктуры. Однако в четвертой зоне такие меры практически невозможны, и возможно только ограниченное дополнение существующей инфраструктуры современными зелеными элементами, такими как "островки" или линейные элементы. Существующие парковки и пешеходные зоны можно заменить на проницаемые покрытия.

Реализация предложенных мер позволит серьезно изменить пространственно-временное распределение элементов водного баланса на этих территориях. В результате реакция основных поверхностей станет более инертной, что значительно снизит пиковую нагрузку во время риска затоплений и отрицательного воздействия воды. Для примера, в смежной климатической зоне использование «умных» крыш и проницаемых поверхностей позволило снизить дождевые паводки на 90% и сдвинуть их на период от 1 до 7 часов.

Проекты по внедрению зеленой инфраструктуры подтверждают свою эффективность. Например, в рамках концепции «губчатого» города в Шанхае и Пекине 85% паводочного стока

успешно регулируется за счет внедрения зеленой инфраструктуры [11]. Более того, такие меры также оказываются экономически выгодными. Зеленая инфраструктура способна эффективно дополнять инженерную систему защиты от наводнений городских территорий, улучшая качество вод в городских водных объектах, создавая комфортную экологически чистую окружающую среду для жителей [4]. С другой стороны, очевидна недостаточная проработка тематики научным сообществом в нашей стране – для точных количественных оценок эффективности зеленой инфраструктуры требуется дальнейшая вдумчивая и междисциплинарная научно-исследовательская работа на базе высокотехнологичных подходов.

Библиографический список

1. Карпенко Е. О., Самойлова Т. М. Роль зеленой инфраструктуры в адаптации городов России к климатическим изменениям // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 5. С. 56-58.
2. Мельник Е. А., Карпунин М. Ю. Ландшафтное проектирование жилой среды // Актуальные вопросы садоводства и ландшафтной архитектуры. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2023. С. 85-93.
3. Старицына И. А., Старицына Н. А. Анализ международного опыта управления земельными ресурсами // Перспективы развития отрасли и предприятий АПК: отечественный и международный опыт. 30 марта 2020, Омск: Омский государственный аграрный университет, 2020. С. 469-475.
4. Южно А. В., Задонская О. В. Гидрологические аспекты устойчивых мер по защите урбанизированных территорий от затоплений на примере функциональных зон Санкт-Петербурга // Сборник трудов VI Международной конференции «Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития» имени Л. Н. Карлина. МГО-2022. – 14–15 декабря 2022, СПб. – М.: Перо, 2022. С. 261-265.
5. Карта Санкт-Петербурга // Яндекс Карты [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://yandex.ru/maps/geo/sankt_peterburg/53000093/?ll=30.092569%2C59.940675&z=9.32 (дата обращения: 17.02.2024).
6. Повышение адаптационного потенциала при управлении городскими водными ресурсами (RAINMAN KS 1038) // ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.vodokanal.spb.ru/kanalizovanie/perspektivnye_proekty/proekt_rainman/ (дата обращения: 17.02.2024).
7. СП Благоустройство территорий. Актуализированная редакция СНиП III-10-75 (с Изменениями № 1, 2) от 17.06.2017 № 82.13330.2016 // Официальный интернет-портал правовой информации. 2017 г. С изм. и допол. в ред. от 23.12.2019. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054208> (дата обращения: 21.02.2024).
8. СП Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85 (с Изменением № 1) от 17.06.2017 № 104.13330.2016 // Официальный интернет-портал правовой информации. 2017 г. С изм. и допол. в ред. от 23.12.2020 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054204> (дата обращения: 21.02.2024).
9. Ashok K. Sharma, Gardner T., Begbie D. Approaches to Water Sensitive Urban Design // 1st Edition – Melbourne, Australia: Elsevier Book, 2019. 631 p.

10. *Niloofar M., Luna K.*, Epistemic justice in flood-adaptive green infrastructure planning: The recognition of local experiential knowledge in Thorncliffe Park, Toronto // *Urban Forestry & Urban Greening*. 2023. № 238. P. 2-5.

11. *Wouters P., Dreiseitl H., Van Schura B., Worlen M., Mondashl M., Wercoat J., Noiva K.* Integrating Concepts of Blue-green Infrastructure to Support Multidisciplinary Planning of Sustainable Cities // *Problemy ekorozwoju – problems of sustainable development*. 2021. № 1. P. 137-146.