



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической
безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему «Природоподобные решения в мастер планировании»

Исполнитель _____ Тузовских Дмитрий Сергеевич

Руководитель _____ кандидат технических наук, доцент
Бобылев Николай Геннадьевич

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой


кандидат географических наук, доцент

Алексеев Денис Константинович

«13» 06 2025 г.

Санкт-Петербург

2025

Оглавление

Цели, задачи и актуальность работы.....	3
Введение.....	5
Глава 1. Введение в понятие мастер-планирование.....	8
1.1 Глоссарий	8
1.2 История развития мастер-планирования.	10
1.3 Роль мастер планирования в России и в мире.....	12
1.4 Связь экологии и мастер планирования	13
Глава 2. Экология в мастер-планировании	15
2.1.1 Целевые рекомендуемые показатели направления «Экология» при составлении мастер плана.	15
2.2.1 Экологически ориентированное развитие городских производств. .	16
2.2.2 Экологически ориентированное транспортное планирование	22
2.2.3 Экологически ориентированное развитие застройки	25
2.2.4 Экологически ориентированное развитие инженерной инфраструктуры	29
Глава 3. Реальные примеры.....	35
3.1 Анализ решения «Cloudburst Plan» (Копенгаген)	35
3.1.1 Физико-географическое положение объекта исследования и необходимость данного решения применительно к объекту исследования	35
3.1.2 Что такое дождевые сады?	37
3.1.3 Реализация проекта «Cloudburst Plan».....	38
3.1.4 Эффективность и результаты плана	40
3.1.5 Проблемы и ограничения в реализации плана.....	45
Заключение.....	50
Список использованных источников.....	52

Цели, задачи и актуальность работы

Целью данной научно-исследовательской работы является изучение современных тенденций в отделе экологии в мастер-планировании; анализ того, как мастер-планирование может минимизировать экологический ущерб, улучшить качество жизни населения и обеспечить долгосрочную и стабильную возможность развития городов и агломераций.

Задачи научно-исследовательской работы:

1. Рассмотрение термина «мастер-план» и установление его роли в развитии городов.
2. Изучение экологических(природоподобных) решений, которые могут быть внедрены в современный мастер-план
3. Анализ кейс-стадий, в которых будет рассмотрен успех применения экологических решений в мастер-планировании.
4. Предложение рекомендаций для планировщиков, политиков и заинтересованных сторон.

По состоянию на 2025 год более половины мирового населения, а это около 4 миллиардов человек, проживает в городах. К 2050 году эта доля, вероятно, достигнет 70%. Быстрый рост урбанизации создаёт серьёзное давление на природные ресурсы, городскую инфраструктуру и окружающую среду, что делает тему устойчивого развития в мастер-планировании особенно актуальной.

Города являются источником около 75% выбросов диоксида углерода, что существенно усиливает климатические изменения. Процесс урбанизации также приводит к утрате биоразнообразия и загрязнению прилегающих территорий, создавая угрозу для местных экосистем и здоровья городских жителей. Эти проблемы требуют немедленных действий, и природоподобные решения в мастер-планировании могут стать эффективным инструментом их решения.

Современные тенденции, такие как декарбонизация и цифровизация, подчёркивают необходимость устойчивого городского планирования. Примеры успешных практик можно увидеть в таких городах, как Бристоль, который

стремится достичь нулевого уровня выбросов к 2030 году, и Сингапур, где активно внедряются вертикальные сады для улучшения городской экологии. Эти примеры демонстрируют практическую реализуемость обсуждаемых подходов.

Данная работа полностью соответствует Целям устойчивого развития ООН, особенно Цели 11 (Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов), посвящённой устойчивым городам и сообществам. Это делает данное исследование важным элементом глобальных усилий по созданию устойчивого будущего.

В заключение следует отметить, что в условиях ускоряющейся урбанизации и растущих экологических вызовов изучение природоподобных решений в мастер-планировании приобретает особую актуальность для обеспечения устойчивого развития городских территорий.

Введение

В XXI веке мир переживает беспрецедентный рост урбанизации. По данным Организации Объединённых Наций, на данный момент более 55% мирового населения проживает в городских районах, и к 2050 году эта доля, вероятно, достигнет 68%. Города являются центрами экономического роста, инноваций и культурного обмена, но они также создают значительные экологические вызовы.

Исследования показывают, что городские территории ответственны за около 70% глобальных выбросов углерода и потребляют несоразмерно большую долю планетарных ресурсов. Например, города потребляют 78% мировой энергии и производят более 60% выбросов парниковых газов, что подчёркивает их роль в изменении климата [1][15].

Экологическая повестка становится критически важной для обеспечения устойчивого развития и благополучия городских жителей. Климатические изменения, утрата биоразнообразия и загрязнение окружающей среды требуют немедленных действий. Урбанизация приводит к деградации экосистем, фрагментации природных ландшафтов и увеличению выбросов загрязняющих веществ, что угрожает как природе, так и здоровью людей.

Одной из самых острых проблем является загрязнение воздуха. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), более 80% людей, проживающих в городских районах с мониторингом качества атмосферного воздуха, подвергаются воздействию уровней загрязнения, превышающих рекомендации ВОЗ. В странах с низким и средним уровнем дохода 98% городов с населением более 100 000 человек не соответствуют стандартам ВОЗ по качеству воздуха. Например, 41% городов мира имеют уровень загрязнения воздуха, превышающий рекомендации ВОЗ в 7 раз, а в странах Африки и Азии эта проблема особенно остра из-за быстрого роста городов [1].

Помимо воздуха, города страдают от: загрязнения воды; проблемами с утилизацией отходов, утрат зелёных зон и эффекта городского теплового острова, когда городские территории значительно теплее окружающих сельских районов

из-за человеческой деятельности. Эти проблемы не только вредят местным экосистемам, но и влияют на здоровье населения, как городского, так и близлежащих территорий. Данные проблемы вызывают множество проблем со здоровьем населения. Например, самые распространённые из них: респираторные, сердечно-сосудистые, онкологические заболевания.

Мастер-план представляет собой комплексный документ стратегического планирования развития территорий, разработанный на период от 20 до 30 лет. Согласно национальному стандарту мастер-планов, он включает в себя ключевые направления пространственного, экономического, социального и экологического развития региона, а также развитие инфраструктуры.

Документ содержит детальный анализ текущего состояния территории, прогноз развития на долгосрочную перспективу, четкие целевые показатели, конкретный план мероприятий и механизмы реализации поставленных задач. Мастер-план служит дорожной картой для развития как отдельных городских территорий, так и целых агломераций, охватывая все основные аспекты жизнедеятельности: зонирование земель, развитие транспортной и социальной инфраструктуры, обеспечение экологической безопасности и экономического развития.

Особое внимание в мастер-плане уделяется планировке новых жилых районов, развитию транспортной сети, обеспечению потребностей в социальной инфраструктуре (школы, больницы, учреждения безопасности), эффективному использованию природных ресурсов и сохранению экологического баланса территории. Такой подход обеспечивает согласованное и устойчивое развитие территорий, позволяя городам эффективно управлять своим развитием и решать возникающие вызовы [4][6].

Мастер-план играет ключевую роль в формировании будущего городов, он помогает избежать хаотичного роста городской застройки и обеспечивает баланс между экономическими, социальными и экологическими потребностями городов.

Интеграция экологических решений в мастер-план критически важна для создания устойчивой городской среды. Экологическое мастер-планирование

предполагает проектирование городских пространств в гармонии с природой, приоритетное внимание к зелёным зонам, биоразнообразию и экосистемным услугам. Такой подход помогает смягчить негативные последствия урбанизации, такие как загрязнение окружающей среды и утрата природных ландшафтов, а также улучшает качество жизни людей [16].

Успешные примеры экологического мастер-планирования, такие как парк Гленн У. Дэниел Кинг в Калифорнии или экогород Масдар в ОАЭ, демонстрируют реальную выгоду экологического подхода при составлении мастер-плана. Масдар спроектирован как углеродно-нейтральный город с акцентом на солнечную энергию и компактную застройку, что делает его примером для других городов.

Интеграция экологических решений также повышает устойчивость городов к климатическим изменениям, обеспечивая адаптацию к экстремальным погодным явлениям. Таким образом, экологическое мастер-планирование не только решает текущие проблемы, но и создаёт основу для устойчивого будущего, где города могут процветать в гармонии с природой [16].

Глава 1. Введение в понятие мастер-планирование

1.1 Глоссарий

Природоподобные технологии (решения) — это подход к разработке новых технологий, который вдохновляется формами, процессами и системами, существующими в природе. Идея заключается в том, чтобы учиться у природы, которая на протяжении миллионов лет эволюционировала и адаптировалась к окружающей среде [2].

Природоподобные решения [англ. Nature-based solutions (NBS)] – это подход к устойчивому управлению, заключающийся в использовании природы для решения следующих социально-экологических проблем: изменение климата, водная безопасность, загрязнение воды, продовольственная безопасность, здоровье человека, потеря биоразнообразия и управление рисками стихийных бедствий [3].

Стратегия — это совокупность последовательно применяемых действий и процессов, с помощью которых организации или отдельные лица достигают своих целей [4].

Стратегическое планирование — деятельность, связанная с целеполаганием, прогнозированием, планированием и программированием развития города, организации и иного объекта [7].

Стратегический мастер-план города (группы городов, агломерации) — комплексный документ стратегического планирования, устанавливающий приоритеты, цели и ожидаемые результаты управления социально-экономическим и пространственным развитием городов, групп городов или агломераций, а также определяющий необходимые для достижения установленных целей и ожидаемых результатов конкретные действия (мероприятия, проекты, механизмы), сроки выполнения и ресурсное обеспечение этих действий [4].

Стратегическое планирование — деятельность участников стратегического планирования по целеполаганию, прогнозированию, планированию и программированию социально-экономического развития Российской Федерации,

субъектов Российской Федерации и муниципальных образований, отраслей экономики и сфер государственного и муниципального управления, обеспечения национальной безопасности Российской Федерации, направленная на решение задач устойчивого социально-экономического развития Российской Федерации, субъектов Российской Федерации и муниципальных образований и обеспечение национальной безопасности Российской Федерации [5].

Инструментом стратегического планирования служит стратегический мастер-план. Он содержит комплекс мер для решения задач развития, определяет требуемые для этого ресурсы и устанавливает набор целевых показателей, позволяющих судить об успешности реализации стратегии [6].

ВИДЕНИЕ – целостное представление о социально-экономическом и пространственном развитии города, раскрывающее ожидаемый результат реализации мастер-плана [6].

ВОВЛЕЧЕНИЕ – процесс коммуникации между представителями публичной власти и широким кругом заинтересованных сторон (стейкхолдеров) [6].

ЗАИНТЕРЕСОВАННЫЕ СТОРОНЫ (СТЕЙКХОЛДЕРЫ) – группы, выделяемые по социальному, профессиональному, территориальному или иному признаку (например, по специфике опыта городской жизни). А также отдельные представители этих групп, чьи запросы, интересы, компетенции или обязанности затрагивает реализация мастер-плана [6].

ВОЗМОЖНОСТИ – объективные явления, которые город может использовать для успешной реализации своих потенциалов [6].

ВЫЗОВЫ – процессы, осложняющие жизнь города. Не отвечать на вызовы нельзя. Неадекватный ответ или его отсутствие могут привести к негативным для городского развития последствиям [6].

ЗАДАЧИ – действия, предполагающие реализацию мастер-плана и достижение конкретных результатов в четырех ключевых сферах городской жизни (общество, экономика и управление, природа, городская среда). Задачи проистекают из стратегических целей, ведут к достижению образа будущего и могут быть

кратко-, средне- или долгосрочными. Для оценки эффективности решения задач устанавливают целевые показатели (ЦП) мастер-плана [6].

НАПРАВЛЕНИЕ ГОРОДСКОГО РАЗВИТИЯ – комплекс мероприятий, нацеленных на усовершенствование определенной отрасли городского хозяйства или сферы жизнедеятельности города [6].

1.2 История развития мастер-планирования.

Зарождением понятия мастер-планирования можно считать период после Второй мировой войны, когда крупные европейские города, такие как Лондон (План Большого Лондона, 1944 г.) и Копенгаген (План Копенгагена, 1947 г.), разработали первые стратегические планы восстановления [6].

В России основы стратегического планирования были заложены еще в начале существования СССР. Тогда осуществлялась разработка как годовых отраслевых планов, так и долгосрочных планов развития страны, включая знаменитый план ГОЭЛРО. В дальнейшем стратегическое планирование развивалось через создание генерального плана развития СССР, включавшего планы развития поселений – прообраз современных мастер-планов.

После 1991 года с ликвидацией Госплана СССР система централизованного планирования была разрушена, и само понятие планирования исчезло из правовых документов. Однако уже в 1995 году появился Федеральный закон №115-ФЗ «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации», создавший основу для развития стратегического планирования [6].

Тем не менее, уже в 1995 году вышел первый документ, в котором было упоминание «стратегического планирования». Им стал Федеральный закон № 115-ФЗ «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации». В данном законе была создана база для дальнейшего развития стратегического планирования, и, мастер-планирования, в частности.

Новый этап развития законодательной базы начался в 2014 году с принятием Федерального закона №172-ФЗ «О государственном стратегическом планировании». Этот документ заложил правовую основу для разработки и функционирования стратегического планирования в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

Также, согласно этому закону, разрабатывается единственный документ стратегического планирования и прогнозирования в городах – стратегия социально-экономического развития (ССЭР). В данной стратегии содержатся приоритетные направления социально-экономического развития города, но не затрагиваются пространственные аспекты такого развития. Согласно градостроительному кодексу РФ, данные аспекты регулируются документами территориального планирования, градостроительного зонирования и планировки территории города. Даже в тех городах, где была разработана стратегия социально-экономического развития, с документами пространственного и территориального планирования она связана недостаточно. Из-за этого возникает необходимость создания инструментов согласования социально-экономического экологического и пространственного развития. Для эффективности данной реализации стратегического планирования в российских городах представляется целесообразным доработка нормативных документов для включения мастер-плана как компонента документа стратегического планирования. Благодаря этому мастер-план может прочно войти в практику планирования городов и обеспечить связь между социально-экономическим и пространственным развитием города в долгосрочной перспективе [6].

Перспективным решением является включение мастер-плана как компонента документа стратегического планирования. Это позволит обеспечить взаимосвязь между социально-экономическим и пространственным развитием городов в долгосрочной перспективе. В 2024 году был вынесен на рассмотрение проект изменений в Градостроительный кодекс РФ, направленный в том числе и на законодательное закрепление понятия мастер-плана [10].

1.3 Роль мастер планирования в России и в мире

Мастер-планирование представляет собой комплексный подход к разработке долгосрочной стратегии развития городских территорий. Оно включает пространственное планирование, интеграцию социальных, экономических и экологических аспектов, а также учет потребностей населения. В условиях стремительной урбанизации и глобальных вызовов, таких как изменение климата, дефицит ресурсов и социальное неравенство, мастер-планирование становится ключевым инструментом устойчивого развития городов во всем мире.

Международный опыт подтверждает эффективность мастер-планирования. Города, лидирующие в международных рейтингах качества жизни, такие как Вена, Мельбурн и Ванкувер, успешно используют мастер-планы для гармоничного сочетания инфраструктуры, зеленых зон и общественных пространств. Они интегрируют экологические решения, включая зеленую инфраструктуру и энергоэффективные технологии, что позволяет эффективно справляться с вызовами урбанизации [6].

Международные организации, такие как ООН через программу UN-Habitat, активно продвигают мастер-планирование как инструмент достижения целей устойчивого развития. UN-Habitat подчеркивает, что мастер-планы помогают городам рационально использовать земельные ресурсы, минимизировать экологический ущерб и обеспечивать равный доступ к инфраструктуре. Cities Alliance поддерживает проекты мастер-планирования в развивающихся странах, акцентируя внимание на участии местных сообществ и интеграции неформальных поселений в городскую ткань [8].

Показательным примером успешного мастер-планирования является Сингапур, где Urban Redevelopment Authority разработал долгосрочный план, включающий зеленые коридоры, эффективную транспортную систему и высокую плотность застройки при сохранении качества жизни. Сингапурский опыт демонстрирует, как стратегическое планирование может преобразовать ограниченные ресурсы в конкурентное преимущество [9].

В России мастер-планирование приобретает особую значимость в условиях неравномерного развития городов, устаревшей инфраструктуры и экологических проблем. Российские города, такие как Москва и Казань, уже используют мастер-планы для модернизации городской среды. Например, мастер-план Москвы до 2035 года включает развитие общественного транспорта, реновацию промышленных зон и расширение зеленых территорий. Однако многие малые и средние города России сталкиваются с недостатком финансирования и экспертизы для разработки качественных мастер-планов, что приводит к хаотичной застройке и экологическим проблемам. Это подчеркивает необходимость стандартизации и государственной поддержки мастер-планирования.

Российские города, такие как Москва и Казань, уже используют мастер-планы для модернизации городской среды. Например, мастер-план Москвы до 2035 года включает развитие общественного транспорта, реновацию промышленных зон и расширение зеленых территорий, что соответствует мировым тенденциям устойчивого развития. Однако многие малые и средние города России сталкиваются с недостатком финансирования и экспертизы для разработки качественных мастер-планов, что приводит к хаотичной застройке и экологическим проблемам. Это подчеркивает необходимость стандартизации и государственной поддержки мастер-планирования, как указано в «Национальном стандарте» [6].

1.4 Связь экологии и мастер планирования

Экологические вызовы современности становятся все более актуальными для жителей как России, так и всего мира. Крупные города, концентрируя промышленные мощности и значительную часть населения, являются одновременно серьезным источником загрязнения окружающей среды и наиболее уязвимыми территориями к последствиям этого загрязнения. [14].

Негативное воздействие на окружающую среду проявляется в увеличении выбросов в атмосферу и водные объекты, загрязнении почвы, изменении климата и разрушении экосистем. Постоянное расширение городских территорий

усугубляет ситуацию. Все эти факторы негативно влияют на здоровье как самих горожан, так и жителей прилегающих территорий. Недостаточные инвестиции в охрану окружающей среды в малых городах могут приводить к оттоку населения, а в отдельных случаях загрязнение среды может поставить под сомнение само существование населенного пункта [14].

Экологическая устойчивость городской среды требует комплексного подхода к развитию всех её элементов с учетом экологических аспектов. Экология не только влияет на другие направления развития города, но и становится неотъемлемой частью их реализации. Для городских жителей все большее значение приобретает благоприятная экологическая обстановка в местах проживания.

Общественная поддержка экологических инициатив растет, поскольку они способствуют улучшению качества воздуха и воды, положительно влияют на здоровье населения и создают возможности для отдыха на открытом воздухе. Улучшение экологической обстановки становится важным конкурентным преимуществом города, существенно повышая его привлекательность для жителей.

Экологический фактор стимулирует развитие новых отраслей экономики, в том числе малого и среднего бизнеса. Например, активно развивается сфера переработки отходов. Это создает дополнительные возможности для экономического роста городов и повышения качества жизни их жителей, демонстрируя взаимосвязь экологического благополучия и социально-экономического развития территорий.

Глава 2. Экология в мастер-планировании

Основные экологичные решения, которые можно внедрить в мастер-планирование

2.1.1 Целевые рекомендуемые показатели направления «Экология» при составлении мастер плана.

Целевые рекомендуемые показатели направления «Экология» при составлении мастер-плана приведены в таблице 2.1.1 ниже.

Таблица 2.1.1 Целевые рекомендуемые показатели направления «Экология» при составлении мастер плана [5].

1	Уровень загрязнения воды, воздуха, почвы (кол-во загрязняющих веществ в объеме), %.
2	Количество производимых отходов на душу населения, кг/чел./г.
3	Количество безотходных производств, ед.
4	Доля улавливаемых загрязняющих веществ в общем объеме выбросов на промышленных производствах, %.
5	Средний возраст автомобильного парка, лет.
6	Доля общественного транспорта с выбросами углекислого газа 300 г/км или менее от общего парка наземного общественного транспорта, %.
7	Объем жилой и общественно-деловой застройки, прошедшей экологическую сертификацию международных стандартов (LEED, BREEAM).
8	Средняя энергоэффективность зеленых зданий относительно общего уровня коммунального энергопотребления, кВт/ч.
9	Количество производимых отходов при строительстве, в том числе доля строительных отходов для вторичного использования и утилизации, тыс. т./г.
10	Объем электроэнергии, вырабатываемой с использованием альтернативных (возобновляемых) источников, кВт/ч.
11	Доля перерабатываемых ТКО, %.
12	Объем туристических услуг, оказанных экологическим туристам, млн руб./г.
13	Количество привлеченных волонтеров в сфере экологических инициатив, чел./г.
14	Ежегодный объем финансирования экологических инициатив, млн. руб.

2.2.1 Экологически ориентированное развитие городских производств.

Промышленные предприятия являются основным источником выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, водные объекты и почву. Городские власти обязаны содействовать сокращению объема выбросов загрязняющих веществ. Например, предприятия должны быть мотивированы устанавливать современные системы очистки от загрязняющих веществ, применять более экологичные методы производства, в том числе пользоваться наилучшими доступными технологиями – НДТ, пресекать нелегальные сбросы и выбросы вредных веществ в окружающую среду.

К рекомендуемым мероприятиям в сфере промышленности, являются:

◆ 1. Стимулирование модернизации производства направлено на сокращение сбросов и выбросов загрязняющих веществ, уменьшение образования твёрдых бытовых отходов, которые негативно воздействуют на водную среду, почву и атмосферу. Для поддержки предприятий в этом процессе предлагается выделение субсидий, которые покрывают часть затрат на модернизацию, связанную с внедрением новых технологий и заменой устаревшего оборудования. Такие технологии могут включать как совершенствование существующих технологических процессов, так и использование экологически чистых материалов и методов производства. Кроме того, модернизация способствует повышению энергоэффективности и снижению нагрузки на окружающую среду, что особенно важно в условиях ужесточения экологических стандартов [6].

◆ 2. Экологический мониторинг становится важнейшим инструментом контроля состояния окружающей среды. На муниципальном уровне активно поддерживается внедрение как федеральных, так и региональных систем наблюдения за экологическими показателями. Это позволяет создать комплексную систему отслеживания состояния природных ресурсов на всех уровнях управления.

Техническое оснащение мониторинга включает установку современных станций для забора проб воздуха, воды и почвы. Такие измерительные пункты обеспечивают сбор достоверных данных о состоянии окружающей среды и позволяют своевременно выявлять отклонения от установленных нормативов.

Многоуровневый подход к организации экологического мониторинга позволяет эффективно контролировать состояние окружающей среды как на региональном, так и на национальном уровнях. Это создает надежную систему раннего предупреждения о возможных экологических проблемах и обеспечивает возможность оперативного реагирования на нарушения экологических норм.

Комплексная система мониторинга способствует повышению эффективности природоохранной деятельности, так как позволяет: своевременно выявлять источники загрязнения; контролировать соблюдение экологических нормативов; принимать обоснованные управленческие решения; отслеживать динамику изменения состояния окружающей среды; оценивать эффективность природоохранных мероприятий.

Таким образом, развитие системы экологического мониторинга является ключевым фактором в обеспечении экологической безопасности и устойчивого развития территорий [6].



3. Инфраструктура переработки твердых коммунальных отходов (ТКО) становится ключевым элементом современной системы обращения с отходами. Строительство современных центров переработки призвано обеспечить переход к эффективной системе раздельного сбора и утилизации отходов, что является необходимым условием для создания экологически безопасной городской среды. Масштабный проект по созданию центров переработки требует значительных финансовых вложений. В связи с этим предлагается поэтапный подход к реализации, начиная с крупных городов, где объемы образующихся отходов наиболее существенны. Такой подход позволит оптимизировать затраты и максимально эффективно использовать возможности новых перерабатывающих мощностей.

Комплексное решение проблемы ТКО включает несколько важных аспектов: снижение нагрузки на существующие полигоны захоронения отходов; повышение уровня переработки вторичного сырья; развитие экономики замкнутого цикла; стимулирование раздельного сбора отходов среди населения; создание новых рабочих мест в сфере переработки.

Стратегическое значение развития инфраструктуры переработки заключается в создании замкнутого цикла использования ресурсов, что способствует: снижению экологического воздействия на окружающую среду; рациональному использованию природных ресурсов; развитию новых технологических решений в сфере переработки; формированию экологически ответственного поведения населения.

Таким образом, строительство современных центров переработки ТКО является важным шагом на пути к созданию экологически устойчивого городского хозяйства и развитию эффективной системы управления отходами [6].



4. Энергосберегающие технологии становятся приоритетным направлением модернизации промышленного сектора. Государство реализует комплексную программу поддержки предприятий, предусматривающую финансовую помощь в виде субсидий на приобретение современного энергосберегающего оборудования.

Финансовая поддержка предприятий осуществляется через систему субсидирования части затрат на модернизацию производства. Это позволяет компаниям оптимизировать расходы на внедрение энергоэффективных технологий, что особенно важно для энергоемких отраслей промышленности.

Комплексный эффект от внедрения энергосберегающих технологий проявляется в нескольких направлениях: снижение потребления электроэнергии и других природных ресурсов; уменьшение экологического воздействия на окружающую среду; оптимизация производственных издержек; повышение конкурентоспособности предприятий; улучшение показателей энергетической эффективности.

Стратегическая значимость развития энергосберегающих технологий заключается в создании устойчивой модели промышленного производства, которая: способствует рациональному использованию природных ресурсов; снижает нагрузку на экологию; повышает экономическую эффективность предприятий; способствует развитию инновационных производственных процессов; формирует основу для долгосрочного развития промышленности. Таким образом, государственная поддержка модернизации производств в направлении энергосбережения создает синергетический эффект, одновременно решая задачи экологической безопасности, экономической эффективности и повышения конкурентоспособности промышленного сектора [6].



5. Экологическая сертификация продукции становится важным инструментом повышения конкурентоспособности предприятий на современных рынках. Государственная поддержка внедрения таких стандартов направлена на обеспечение соответствия продукции требованиям экологического производства, что открывает новые возможности для продвижения товаров как на федеральном, так и на международном уровнях.

Конкурентные преимущества сертифицированной продукции проявляются в нескольких ключевых аспектах: признание на федеральном и международном рынках; демонстрация приверженности принципам устойчивого развития; повышение доверия потребителей; доступ к новым рыночным нишам; возможность установления премиальных цен

Стратегическое значение экологической сертификации заключается в формировании устойчивого имиджа предприятия как ответственного производителя. Это особенно важно в условиях растущей экологической осознанности потребителей, которые все чаще отдают предпочтение продукции, соответствующей высоким экологическим стандартам.

Комплексный подход к внедрению экологической сертификации включает: соответствие международным стандартам экологического производства; развитие системы экологического менеджмента на предприятиях; повышение

прозрачности производственных процессов; формирование культуры устойчивого развития; создание механизмов контроля качества продукции.

Таким образом, поддержка введения экологической сертификации продукции способствует не только повышению конкурентоспособности предприятий, но и формированию новой модели производства, основанной на принципах устойчивого развития и экологической ответственности перед потребителями и окружающей средой [6].

Таблица 2.2.1. Список мероприятий для компонента «Экологически ориентированное развитие городских производств» и их важность при учете в мастер-планировании [6].

Рекомендуемые мероприятия/ Типы городов	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5	Тип 6	Тип 7
Стимулирование модернизации производств для сокращения объема выбросов, сбросов и отходов производств, загрязняющих воду, почву и атмосферу	-						
Содействие внедрению федеральной и региональной систем экологического мониторинга	-	-					
Строительство и развитие современных центров переработки ТКО					-	-	-
Стимулирование модернизации производств для повышения эффективности использования природных ресурсов					-	-	-
Способствование введению экологической сертификации продукции							



- Базовые мероприятия



- Дополнительные мероприятия

Тип 1. Национальные центры

Тип 2. Межрегиональные центры

Тип 3. Региональные центры

Тип 4. Локальные центры

Тип 5. Обособленные города

Тип 6. Города-спутники национальных центров

Тип 7. Города-спутники межрегиональных, региональных и локальных центров

2.2.2 Экологически ориентированное транспортное планирование

Выбросы от автомобильного транспорта повышают концентрацию парниковых газов в атмосфере и являются одним из основных источников загрязнения воздуха в городах. Развитие общественного транспорта, включая экологически чистые виды, а также создание комфортной среды для перемещений горожан (пешком, на велосипедах или с использованием средств индивидуальной мобильности) призвано обеспечить экологическую ориентацию транспортного планирования. Такие меры способствуют снижению зависимости от личных автомобилей, что особенно актуально для крупных мегаполисов с высокой плотностью населения. Кроме того, внедрение подобных решений может улучшить качество жизни горожан за счет уменьшения шума и повышения доступности альтернативных способов передвижения [6].

Рекомендуемые мероприятия в сфере транспортного планирования:

1. Развитие системы общественного транспорта и пешеходной инфраструктуры

Развитие системы общественного транспорта и пешеходной инфраструктуры направлено на снижение уровня автомобилизации и разгрузку улично-дорожной сети. На базовом уровне рекомендуется в первую очередь улучшать пешеходную инфраструктуру, регулярно обновлять подвижной состав общественного транспорта (в том числе и замена транспорта на более экологичные виды) и развивать его маршрутную сеть. Эти меры позволяют сделать передвижение по городу более удобным и доступным, сократив время в пути для жителей. Кроме того, модернизация транспортной системы способствует уменьшению выбросов загрязняющих веществ, что положительно сказывается на экологии городской среды [6][16].

2. Повышение пешеходной связанности городских территорий

Повышение пешеходной связанности городских территорий нацелено на сокращение расстояний между жилыми домами и объектами общественно-деловой инфраструктуры до 800 м. Это обеспечивается за счет компактного развития городов, увеличения плотности улично-дорожной сети, устройства внутриквартальных проездов, более удобное форсирование железнодорожных и водных путей сообщения, а также формирования безбарьерной среды для маломобильных групп населения. Такие изменения способствуют повышению комфорта горожан и снижению зависимости от автомобильного транспорта. Кроме того, улучшение пешеходной доступности может стимулировать развитие локальных сообществ и повысить привлекательность городских территорий для жизни [6] [16].



3. Развитие альтернативных, в том числе электрических, видов транспорта подразумевает диверсификацию видов общественного транспорта и средств индивидуальной мобильности. На базовом уровне целесообразно сосредоточиться на широком внедрении и обновлении экологически чистых видов общественного транспорта: электробусов, трамваев, троллейбусов, автобусов на водородном топливе, канатных дорог и других. В рамках дополнительных мероприятий следует активизировать использование каршеринга, беспилотных автомобилей и средств индивидуальной мобильности. Для их комфортного использования также необходимо развивать соответствующую инфраструктуру, например, сеть зарядных станций. В том числе, целесообразно стимулировать обновление автопарка личных автомобилей в пользу машин с низким уровнем выбросов, таких как автомобили, поддерживающих последние экологические стандарты или с электрическими/водородными двигателями. Эти шаги позволят снизить углеродный след транспортной системы и улучшить экологическую ситуацию в городах, одновременно позволяя населению пользоваться личным автотранспортом [6] [16].

Таблица 2.2.2. Список мероприятий для компонента «Эколого-ориентированное транспортное планирование» и их важность при учете в мастер-планировании [6] [16].

Рекомендуемые мероприятия/ Типы городов	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5	Тип 6	Тип 7
Развитие системы общественного транспорта и пешеходной инфраструктуры	-						
Повышение пешеходной связанности городских территорий	-	-					
Развитие альтернативных, в том числе электрических, видов транспорта							

 - Базовые мероприятия

 - Дополнительные мероприятия

Тип 1. Национальные центры

Тип 2. Межрегиональные центры

Тип 3. Региональные центры

Тип 4. Локальные центры

Тип 5. Обособленные города

Тип 6. Города-спутники национальных центров

Тип 7. Города-спутники межрегиональных, региональных и локальных центров

2.2.3 Экологически ориентированное развитие застройки

Создание благоприятной и комфортной городской среды невозможно без изменения технологий строительства и подходов к освоению городских земель. Типовые проекты застройки отличаются более низкой стоимостью, однако часто используют неэкологичные материалы, что негативно влияет на окружающую среду и здоровье жителей.

Для улучшения ситуации рекомендуется активно внедрять в новое строительство экологически чистые и энергоэффективные материалы и технологии, а также устанавливать ограничения на застройку озелененных территорий. Это предполагает использование переработанных строительных материалов, внедрение систем пассивного отопления и охлаждения, а также монтаж солнечных панелей на крышах зданий.

Важно пересмотреть градостроительные нормы для сохранения природных зон и создания зеленых пространств внутри жилых кварталов. Такие меры не только снизят экологическую нагрузку, но и повысят качество жизни горожан, сделав городскую среду более устойчивой к климатическим изменениям. В долгосрочной перспективе переход к экологичному строительству может стимулировать развитие новых отраслей экономики, связанных с производством “зеленых” материалов, и способствовать формированию культуры ответственного потребления среди населения.

Рекомендуемые мероприятия в сфере развития застройки:



1. Ограничение застройки озеленённых территорий

Данная мера направлена на сохранение природных комплексов, выполняющих важные экологические и рекреационные функции. Прежде всего, категорически недопустимо изменение границ и режимов использования особо охраняемых природных территорий. На базовом уровне необходимо сосредоточиться на ограничении нового строительства. Дополнительными мерами выступает создание озелененных пространств на неэффективно используемых

территориях — например, на месте руинированных зданий, закрытых полигонов и промышленных объектов.

Подобные подходы способствуют не только сохранению городской экологии, но и значительному повышению качества жизни населения. Озелененные территории выполняют роль естественного климатического и шумового регулятора, а также становятся привлекательными зонами для отдыха и досуга горожан [6][15][16].



2. Использование экологичных материалов и технологий, направленных на экологизацию строительного сектора.

Одним из ключевых направлений устойчивого строительства является применение экологически чистых и вторичных материалов. Например, переработанные или специально обработанные твердые коммунальные отходы могут использоваться в качестве сырья при производстве различных строительных и отделочных материалов.

Дополнительно рекомендуется внедрять возобновляемые источники энергии, такие как солнечные панели, системы геотермального отопления и ветрогенераторы. Это позволяет существенно снизить углеродный след зданий на всех этапах их жизненного цикла — от строительства до эксплуатации.

Распространение таких решений не только значительно снижает нагрузку на окружающую среду, но и повышает экономическую эффективность строительных проектов в долгосрочной перспективе [6][15] [16].



3. Адаптация застройки к возможным природным рискам

Данный подход направлен на внедрение в строительную практику технологий и проектных решений, минимизирующих негативные последствия климатических изменений и других природных рисков.

Например, при планировании городской застройки рекомендуется формировать её фронт таким образом, чтобы не создавать препятствий для

естественной вентиляции территории. Это особенно актуально в условиях роста среднегодовых температур и ухудшения городской тепловой среды.

В качестве превентивных мер также рассматривается использование водопроницаемых покрытий, создание эффективных дренажных систем и выбор строительных материалов, устойчивых к экстремальным погодным условиям.

Такая адаптация существенно повышает устойчивость городской среды и снижает уязвимость населения перед природными угрозами [6] [16].



4. Развитие террасированного и вертикального озеленения

Предлагается активно внедрять зелёные насаждения на различных конструктивных элементах городской застройки: крышах, стилобатах, общих балконах, террасах и других элементах как жилого, так и общественно-делового назначения. Такие решения приносят множество преимуществ: улучшение микроклимата городской среды; повышение уровня комфорта для жителей и посетителей; создание дополнительных зон отдыха; расширение возможностей для рекреации, особенно в условиях плотной городской застройки.

Вертикальное озеленение эффективно используется для создания шумо- и ветрозащитных экранов. Зелёные фасады выполняют двойную функцию:

Инженерную (защита от шума и ветра); Экологическую (улучшение качества воздуха); дополнительно такие решения: улучшают эстетическое восприятие городской среды; способствуют увеличению биологического разнообразия в городской среде; создают более гармоничное сосуществование природы и архитектуры; помогают снизить эффект “городского острова тепла”.

Внедрение зелёных технологий в городскую застройку становится важным элементом современного градостроительства, направленного на создание комфортной и экологичной городской среды [6] [15][16].

Таблица 2.2.3. Список мероприятий для компонента «Экологически ориентированное развитие застройки» и их важность при учете в мастер-планировании [6].

Рекомендуемые мероприятия/ Типы городов	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5	Тип 6	Тип 7
Ограничение застройки озелененных территорий							
Использование экологичных материалов и технологий, направленных на экологизацию строительного сектора							
Адаптация застройки к возможным природным рискам							
Развитие террасированного и вертикального озеленения							



- Базовые мероприятия



- Дополнительные мероприятия

Тип 1. Национальные центры

Тип 2. Межрегиональные центры

Тип 3. Региональные центры

Тип 4. Локальные центры

Тип 5. Обособленные города

Тип 6. Города-спутники национальных центров

Тип 7. Города-спутники межрегиональных, региональных и локальных центров

2.2.4 Экологически ориентированное развитие инженерной инфраструктуры

Экологичные решения при строительстве и модернизации инженерной и коммунальной инфраструктуры способствуют снижению нагрузки на окружающую среду, повышению качества жизни и укреплению водно-зелёного каркаса города. Это достигается за счёт минимизации негативного воздействия на окружающую среду, в частности, путём сокращения сбросов загрязнённых дождевых и сточных коммунальных вод в водоёмы.

В рамках таких мероприятий предусматривается внедрение локальных очистных сооружений, систем повторного использования воды, а также «зелёных» дренажных решений — биофильтров, дождевых садов и специального планирования городского ландшафта. Значительный вклад в экологизацию вносят энергоэффективные системы теплоснабжения и освещения, а также интеграция возобновляемых источников энергии в коммунальные сети, что способствует рациональному потреблению ресурсов и более эффективному использованию инженерных сетей.

Особое внимание уделяется цифровизации инфраструктуры: мониторинг состояния инженерных сетей и автоматизация управления позволяют минимизировать аварийные выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду и сократить потери ресурсов при эксплуатации коммуникаций.

Комплексный подход к экологизации инфраструктуры создаёт возможность для формирования устойчивой городской среды, способной эффективно адаптироваться к современным экологическим вызовам [15].

Рекомендуемые мероприятия, рекомендуемые в сфере инженерной инфраструктуры:



1. Внедрение раздельного сбора и переработки отходов

Данная стратегия предполагает постепенный отказ от складирования твёрдых коммунальных отходов (ТКО) на полигонах в пользу их переработки и повторного использования. На начальных этапах приоритетным становится

развитие системы раздельного сбора отходов, поскольку она требует меньших финансовых затрат и может быть успешно внедрена практически в любой городской среде.

Комплексное развитие перерабатывающей инфраструктуры, включая строительство сортировочных и перерабатывающих предприятий, требует значительных финансовых вложений. В связи с этим в крупных городах целесообразно создавать межмуниципальные центры по вторичной переработке ТКО. Такие объекты смогут принимать отходы из соседних населённых пунктов, где отсутствуют ресурсы для строительства собственной инфраструктуры.

Важным аспектом является обеспечение информационной поддержки и просвещения населения в вопросах обращения с отходами. Без активного участия горожан даже самые современные системы управления отходами окажутся недостаточно эффективными. [6] [15].



2. Предотвращение загрязнения водной среды промышленными и коммунальными стоками бытовых вод.

Предотвращение загрязнения водной среды промышленными и коммунальными стоками бытовых вод является одним из ключевым направлением экологической политики. Этот этап включает в себя строительство и модернизацию очистных сооружений, сокращение объёмов сброса сточных вод в городскую водную систему и создание условий для регулярного мониторинга состояния водных объектов.

Особое внимание следует уделить внедрению локальных очистных установок на промышленных предприятиях, что позволяет существенно уменьшить нагрузку на централизованные системы. Кроме того, необходимо разработать эффективные механизмы контроля за нелегальными сбросами и утечками, в том числе с использованием современных автоматизированных систем наблюдения.

Природоохранные мероприятия могут быть дополнены созданием прибрежных защитных полос, восстановлением естественных русел малых рек и применением зелёных технологий фильтрации, таких как биоценозные пруды и болотные системы.

Комплексный подход к управлению водными ресурсами способствует сохранению водоёмов как важнейших компонентов экологической и рекреационной инфраструктуры города, что в свою очередь повышает качество жизни горожан и способствует устойчивому развитию городской среды. [6] [15].



3. Рекультивация мест накопления твёрдых бытовых отходов.

Данный этап предусматривает ликвидацию существующих нелегальных свалок, а также поэтапное закрытие устаревших и переполненных полигонов твёрдых коммунальных отходов (ТКО) с последующим восстановлением нарушенных земель.

Рекультивационные мероприятия включают технический и биологический этапы: выравнивание рельефа, изоляцию отходов, создание почвенного слоя и последующее озеленение территории. В ряде случаев возможно частичное восстановление природной среды и возвращение этих участков в систему городского зелёного каркаса.

Также важно обеспечить постоянный экологический контроль за рекультивированными полигонами, чтобы исключить вторичное загрязнение почвы, воздуха и подземных вод. В перспективе такие территории могут быть успешно адаптированы под общественные пространства, экопарки или рекреационные зоны, что позволит эффективно использовать освободившиеся участки и улучшить качество городской среды. [6] [15].



4. Создание экологически устойчивых систем водоотведения

Развитие систем управления поверхностным стоком, включая ливневую канализацию, является критически важным элементом обеспечения экологической устойчивости городских территорий. Эти системы должны быть

органично интегрированы в водно-зелёный каркас города, который объединяет как природные, так и искусственно созданные водоёмы и водные артерии.

Существующая овражно-балочная система может быть значительно усовершенствована за счет внедрения дополнительных элементов: запруженных балок, дренажных канав, дождевых садов и малых водохранилищ. Данные элементы не только обеспечивают эффективный отвод дождевых и талых вод, но и способствуют улучшению качества воды благодаря естественной фильтрации.

Применение таких комплексных решений позволяет достичь нескольких важных целей:

- Существенно снизить риск затопления городских территорий
- Способствовать восстановлению и оздоровлению существующих водоёмов
- Улучшить общую экосистему города
- Эффективно управлять водными ресурсами на уровне всей городской агломерации

Такой подход к организации поверхностного стока создает устойчивую систему, способную адаптироваться к изменяющимся климатическим условиям и обеспечивать экологическую безопасность городской среды [6] [15].



5. Использование альтернативных источников генерации электроэнергии

Развитие возобновляемых источников энергии, таких как солнечная, ветровая, геотермальная и приливная энергетика, является ключевым фактором в обеспечении устойчивого энергоснабжения и снижении углеродного следа. Внедрение этих источников позволяет существенно уменьшить зависимость от ископаемого топлива и способствует поддержанию экологического баланса.

Особого внимания заслуживает интеграция «зелёной» энергетики с системой управления отходами. Например, современные технологии позволяют использовать очищенные и наиболее энергоёмкие фракции твёрдых коммунальных отходов (ТКО) для производства электроэнергии. Такой подход не только минимизирует объёмы отходов, направляемых на свалки, но и создаёт дополнительный источник экологически чистой энергии.

Такая интеграция различных технологий в единую систему позволяет создать эффективную модель управления энергетическими и экологическими ресурсами города, способствуя его устойчивому развитию и повышению качества жизни горожан [6] [15].

Таблица 2.2.4. Список мероприятий для компонента «Экологически ориентированное развитие инженерной инфраструктуры» и их важность при учете в мастер-планировании [6].

Рекомендуемые мероприятия/ Типы городов	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5	Тип 6	Тип 7
Внедрение раздельного сбора и переработки отходов	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Предотвращение загрязнения водотоков промышленными и коммунальными стоками	-	-	◆	◆	◆	◆	◆
Рекультивация свалок	-	-	-	◆	◆	◆	◆
Создание экологически устойчивых систем водоотведения	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Использование альтернативных источников генерации электроэнергии	◆	◆	◆	◆	◆	-	-

◆ - Базовые мероприятия

◆ - Дополнительные мероприятия

Тип 1. Национальные центры

Тип 2. Межрегиональные центры

Тип 3. Региональные центры

Тип 4. Локальные центры

Тип 5. Обособленные города

Тип 6. Города-спутники национальных центров

Тип 7. Города-спутники межрегиональных, региональных и локальных центров

Глава 3. Реальные примеры

3.1 Анализ решения «Cloudburst Plan» (Копенгаген)

3.1.1 Физико-географическое положение объекта исследования и необходимость данного решения применительно к объекту исследования

Копенгаген, столица Дании, расположен на восточном побережье острова Зеландия и частично на острове Амагер. Такое расположение делает город особенно уязвимым к климатическим изменениям, в частности к повышению уровня моря и усилению экстремальных погодных явлений. В последние десятилетия город столкнулся с увеличением частоты и интенсивности ливневых дождей, что создало серьезную угрозу для городской инфраструктуры и жителей.

Кульминацией этих проблем стало катастрофическое наводнение 2 июля 2011 года. Ливень с осадками до 150 мм за несколько часов привел к затоплению улиц, подвалов и транспортных узлов, нанеся ущерб на сумму более 1 миллиарда евро. Это событие выявило недостаточную эффективность традиционных канализационных систем, которые были спроектированы для менее интенсивных осадков, и подчеркнуло необходимость радикального пересмотра подходов к управлению ливневыми водами.

В ответ на эти вызовы муниципалитет Копенгагена в 2012 году инициировал разработку «Cloudburst Plan» — амбициозного проекта, направленного на адаптацию города к климатическим изменениям и предотвращение будущих наводнений. Одним из ключевых элементов этого плана стали так называемые «дождевые сады» — природоподобное решение, которое интегрирует природные процессы в городскую среду для сбора, задержания и фильтрации ливневых вод. [11].

Необходимость внедрения дождевых садов обусловлена как экологическими, так и социально-экономическими факторами. Во-первых,

традиционные системы канализации, основанные на быстром отводе воды в реки или море, не справляются с пиковыми нагрузками, что приводит к переполнению и загрязнению водоемов. Во-вторых, по прогнозам Датского метеорологического института (DMI), к 2050 году интенсивность осадков может вырасти на 30–40%, что делает пассивный подход к отводу осадков неприемлемым. В-третьих, городские власти стремились не только решить техническую проблему, но и улучшить качество городской среды, сделав её более устойчивой и привлекательной для жителей. Дождевые сады предлагают multifunctional решение, сочетая управление стоками с повышением биоразнообразия, уменьшением эффекта теплового острова и созданием общественных пространств.

Исторически Копенгаген уже имел опыт интеграции зелёной инфраструктуры, что стало основой для выбора природоподобных решений. Город, известный своими парками и велосипедными дорожками, стремился усилить эту репутацию, интегрируя экологические инновации в master-plan. Экономические расчёты показали, что инвестиции в природоподобные решения (около 3 миллиардов евро на весь план) окупаются за счёт предотвращения ущерба от наводнений, который может достигать сотен миллионов евро за одно событие. Таким образом, внедрение дождевых садов стало стратегическим шагом, отражающим как глобальные тенденции устойчивого развития, поддерживаемые ООН через UN-Habitat, так и локальные потребности города, стремящегося стать первым в мире углеродно-нейтральным мегаполисом к 2025 году. [11].

Проблема управления ливневыми водами в Копенгагене существенно осложняется плотной застройкой центральных районов и отсутствием возможности для расширения традиционной инфраструктуры. В отличие от дорогостоящих подземных систем, дождевые сады эффективно используют имеющееся пространство: обочины дорог, дворы и парки. Это делает их не только технически, но и экономически оправданным решением для города.

Проект также учитывает важные социальные аспекты: местные сообщества активно вовлекаются в процесс планирования и ухода за садами. Такой

подход способствует лучшему принятию нововведений жителями и поддерживает идею устойчивого городского образа жизни. В результате необходимость внедрения дождевых садов обусловлена комплексным сочетанием климатических рисков, экономической целесообразности и стремления к созданию экологически и социально сбалансированной городской среды. Именно поэтому данный пример представляет особую ценность для анализа в контексте экологии в современном мастер-планировании [11].

3.1.2 Что такое дождевые сады?

Дождевые сады в рамках проекта «Cloudburst Plan» в Копенгагене представляют собой специально спроектированные природоподобные элементы городской инфраструктуры. Они разработаны для эффективного управления ливневыми водами и снижения риска наводнений в условиях плотной городской застройки. Эти сады создаются в виде неглубоких углублений, расположенных в стратегически важных местах: вдоль дорог, тротуаров, во дворах жилых комплексов и парках. Такое размещение позволяет им эффективно собирать и фильтровать стоки с прилегающих поверхностей.

Конструкция дождевых садов включает многослойный субстрат из песка, гравия и органического компоста. Этот состав обеспечивает высокую проницаемость и эффективную фильтрацию загрязняющих веществ, включая нефтепродукты, тяжелые металлы и органические соединения, которые поступают с дорог и крыш. Растительный покров формируется из местных видов многолетних растений, таких как осока, ирис и другие травы, адаптированные к местному климату. Эти растения способны выдерживать как временное затопление, так и засушливые периоды. Они не только способствуют впитыванию воды, но и стабилизируют водный баланс почв, предотвращая эрозию, а также поддерживают биоразнообразие, привлекая насекомых и птиц.

В Копенгагене дождевые сады часто оснащаются дополнительными дренажными системами, которые направляют избыточные объёмы воды в

канализацию или близлежащие водоемы. Это особенно важно при экстремальных осадках, превышающих расчетные объемы. Дизайн садов варьируется от небольших участков площадью 5–10 м² вдоль улиц до крупных зон в парках, что позволяет органично интегрировать их в существующую городскую среду без значительных изменений инфраструктуры.

Помимо технической функции, дождевые сады выполняют важную эстетическую и социальную роль. Они преобразуют серые городские пространства в зеленые оазисы, что существенно повышает качество жизни жителей и способствует созданию устойчивой городской среды, соответствующей целям мастер-планирования Копенгагена [11].

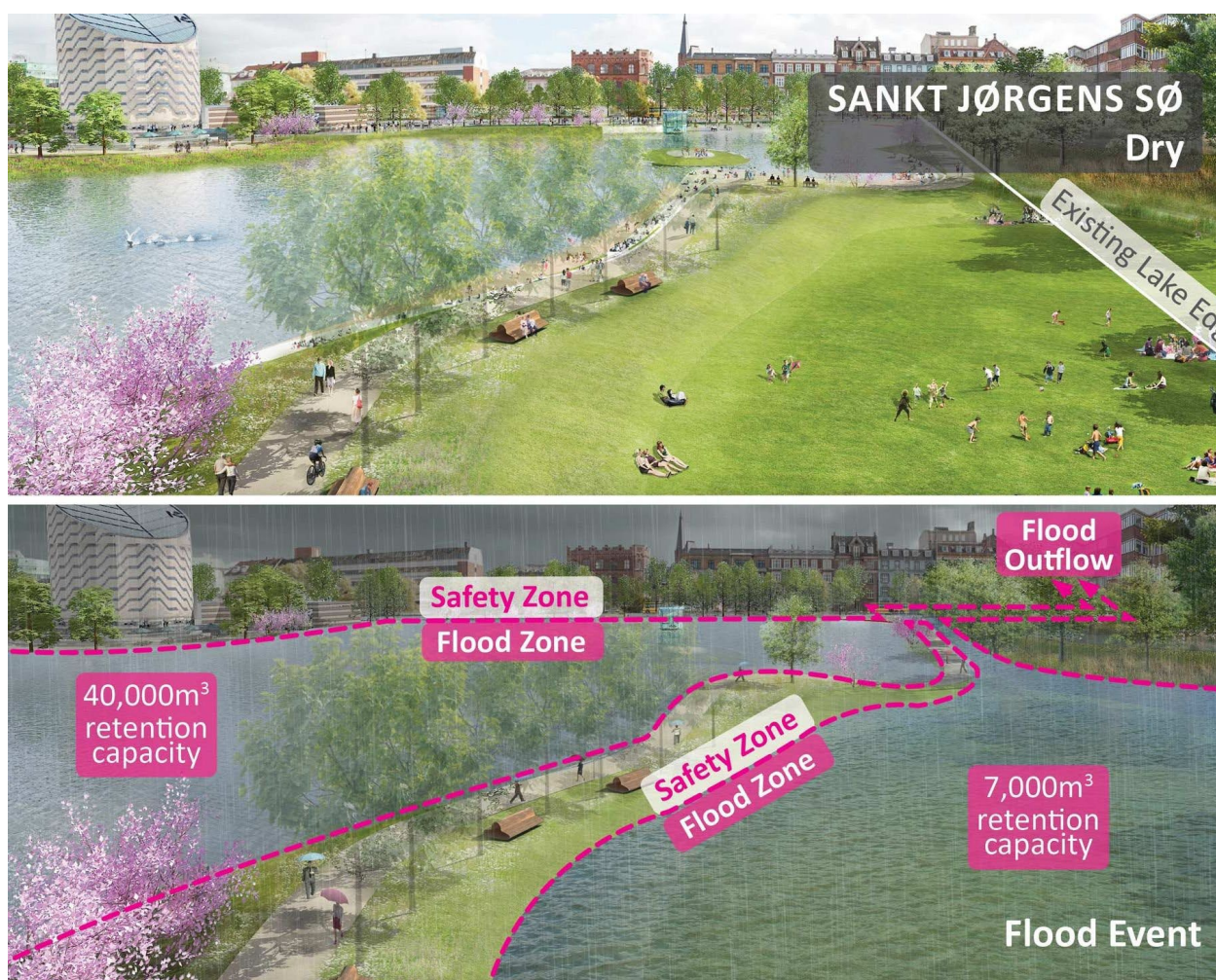


Рисунок 3.1.2 Дождевой сад.

3.1.3 Реализация проекта «Cloudburst Plan»

Реализация дождевых садов в рамках «Cloudburst Plan» в Копенгагене началась после утверждения плана в 2012 году. Городские власти инициировали комплексный подход к адаптации городской инфраструктуры к климатическим изменениям, вызванным усилением ливневых дождей. Этот план был разработан в ответ на катастрофическое наводнение 2011 года и предусматривает инвестиции в размере около 3 миллиардов евро. Он охватывает модернизацию инфраструктуры на площади более 210 км², что составляет значительную часть городской территории. Дождевые сады стали одним из ключевых элементов городской стратегии, интегрированных в мастер-план города. Особое внимание уделялось их поэтапному внедрению в различных районах, начиная с пилотных проектов. Первые шаги реализации были сосредоточены на районе Санкт-Кьелдс (Sankt Kjelds), известном как «климатический квартал» (Klimakvarteret). Там с 2013 года началось строительство более 300 небольших дождевых садов, способных обрабатывать сток с улиц, тротуаров и крыш жилых зданий. Этот район был выбран из-за высокой плотности застройки и исторической уязвимости к подтоплениям, что сделало его идеальной площадкой для тестирования природоподобных решений, используемых в данном проекте.

Процесс реализации включал несколько последовательных этапов, обеспечивающих как техническую, так и социальную эффективность проекта. На первом этапе проводился анализ уязвимости с использованием гидрологических моделей и данных Датского метеорологического института (DMI). Эти данные помогли определить зоны с наибольшим риском затопления. Специалисты компании Ramboll на их основе разработали карты наводнений, выделив приоритетные районы для установки садов.

Второй этап — проектирование — включал адаптацию дизайна под местные условия, такие как тип почвы, уровень подземных грунтовых вод и объем осадков. При этом учитывались климатические прогнозы на 2050 год, предсказывающие рост интенсивности дождей на 30–40%. Проектировщики совместно с ландшафтными архитекторами работали над интеграцией садов в

существующую городскую среду, сохраняя их эстетическую ценность и функциональность.

Третий этап — строительство — начался с установки садов в Санкт-Къелдсе в 2014–2016 годах. В процессе использовались материалы (песок, гравий, органический компост) и растения (осоки, ирисы, злаки), устойчивые к местному климату. Четвертый этап — мониторинг и оценка — осуществляется с 2016 года и включает установку датчиков и систем наблюдения. Они собирают данные о количестве воды, качестве стока и состоянии растительности, что позволяет корректировать подходы к проекту в реальном времени.

Масштабирование проекта охватило другие районы Копенгагена, включая Норребро и Вестербро. К 2023 году там было установлено более 1000 дождевых садов различного размера, которые суммарно обрабатывают около 10% городских стоков. Финансирование осуществляется за счет городского бюджета, поддержанного грантами Европейского союза, а также частных инвестиций, привлеченных через партнерства с застройщиками.

Важной особенностью стало вовлечение местных сообществ. Жители участвовали в выборе местоположения садов, посадке растений и уходе за ними, что усилило социальную поддержку проекта. В Санкт-Къелдсе проводились общественные мероприятия по озеленению, способствующие формированию экологического сознания среди населения. Городские власти также сотрудничали с университетами и исследовательскими институтами, такими как Технический университет Дании (DTU), для проведения научных исследований эффективности садов, что позволило оптимизировать их дизайн и масштабировать опыт [11].

3.1.4 Эффективность и результаты плана

Эффективность дождевых садов, реализованных в рамках «Cloudburst Plan» в Копенгагене, демонстрирует их значительный вклад в управление ливневыми водами, улучшение экологической среды и повышение качества жизни

горожан. Это делает их важным примером природоподобных решений в мастер-планировании. Первые оценки эффективности начались после завершения пилотного этапа в районе Санкт-Кьелдс в 2016 году. Установленные компанией Ramboll датчики и гидрологические модели показали, что дождевые сады способны задерживать до 90% стока с прилегающих территорий при осадках средней интенсивности (до 30 мм за час). Это существенно снизило нагрузку на городскую канализационную систему.

К 2023 году, после установки более 1000 садов по всему городу, общая площадь обрабатываемых стоков достигла около 10% городской территории. Согласно данным муниципалитета Копенгагена, это позволило сократить риск локальных подтоплений на 60–70% в зонах с высокой плотностью садов. Эти результаты подчеркивают способность природоподобных решений эффективно дополнять традиционные инженерные системы, особенно в условиях экстремальных погодных явлений. Датский метеорологический институт (DMI) прогнозирует увеличение интенсивности осадков на 30–40% к 2050 году, что делает такие решения еще более актуальными для городской инфраструктуры [11].

Экологическая эффективность дождевых садов проявляется в значительном улучшении качества воды, поступающей в местные водоемы. Анализы, проведенные Техническим университетом Дании (DTU), показали, что фильтрация через почвенные слои и растительность снижает концентрацию загрязняющих веществ, таких как нефтепродукты, тяжелые металлы и фосфаты, на 20-30% в районе Санкт-Кьелдса по сравнению с контрольными зонами без садов. Это особенно важно для Копенгагена, где стоки с дорог и крыш ранее ухудшали состояние прибрежных вод, негативно влияя на экосистемы и рекреационные зоны. Кроме того, сады способствуют повышению биоразнообразия: наблюдения за пилотными зонами выявили увеличение видов насекомых (включая опылителей) на 15% и появление гнездовых птиц, таких как черные стрижи, что соответствует целям города по сохранению городской природы. Использование местных видов растений, таких как осоки и ирисы, усиливает

этот эффект, создавая устойчивые экосистемы, адаптированные к климатическим условиям.

Социальные и эстетические результаты также играют ключевую роль в успехе проекта. Дождевые сады преобразовали ранее серые городские пространства в зеленые оазисы, что улучшило восприятие городской среды жителями. В Санкт-Къелдсе, где сады интегрированы вдоль улиц и во дворах, уровень удовлетворенности жителей окружающей средой вырос на 25%, согласно опросам муниципалитета 2022 года. Эти зоны стали местами для отдыха, прогулок и образовательных мероприятий, что поддерживает идею инклюзивного мастер-планирования. Например, в рамках проекта были организованы мастер-классы для школьников по уходу за растениями, что способствовало формированию экологического сознания среди молодежи. Эстетическая ценность садов также привлекла внимание туристов, увеличив посещаемость районов, таких как Норребро, на 10% в летний период, что принесло дополнительный экономический эффект [11].

Экономическая эффективность проекта подтверждается расчетами предотвращенного ущерба. По оценкам Ramboll, каждый евро, вложенный в дождевые сады, приносит до 2,5 евро за счет предотвращения затоплений и связанных с ними убытков, которые в 2011 году составили 1 миллиард евро. К 2023 году инвестиции в размере 300 миллионов евро в пилотные и расширенные зоны частично окупились благодаря снижению затрат на ремонт инфраструктуры и компенсации потенциального ущерба, что обеспечило финансовую устойчивость проекта. Дополнительно сады способствовали сокращению энергозатрат на охлаждение зданий на 5-10% в жаркие дни за счет уменьшения эффекта теплового острова, что подтверждено тепловыми картами, составленными DTU.

Однако эффективность проекта имеет определенные ограничения. При экстремальных ливнях, превышающих 50 мм за час (что происходит раз в 10-20 лет), сады могут переполняться, что требует установки дополнительных дренажных систем. В таких случаях избыточная вода направляется в

канализацию, что снижает общую эффективность на 15-20%, согласно данным мониторинга 2021 года. Это подчеркивает необходимость интеграции дождевых садов с другими решениями, такими как подземные резервуары или зеленые крыши. Кроме того, первоначальные затраты на проектирование и установку (около 50 000 евро за сад площадью 100 м²) и ежегодные расходы на обслуживание (10-15% от стоимости строительства) могут быть обременительными для менее обеспеченных городов, что требует привлечения субсидий или частного финансирования. Тем не менее, долгосрочные преимущества значительно превышают эти издержки, особенно в условиях изменения климата [11].

Сравнение с традиционными методами демонстрирует преимущество природоподобного подхода. Строительство подземных систем отвода воды в Копенгагене обошлось бы в 5-10 раз дороже и не решало бы экологических задач, связанных с фильтрацией и биоразнообразием. Дождевые сады, напротив, предлагают гибкость и масштабируемость, что делает их подходящими для других городов с аналогичными проблемами. Например, опыт Копенгагена вдохновил Гамбург (Германия) на создание собственной сети дождевых садов в рамках проекта «Green Living», начатого в 2018 году, где зафиксировано снижение подтоплений на 50% в пилотных зонах.

Для Копенгагена результаты проекта поддерживают амбициозные экологические цели города, включая достижение углеродной нейтральности к 2025 году. Дождевые сады снижают потребность в энергозатратных насосных станциях и способствуют секвестрации углерода благодаря растительности, что оценивается в 500-700 тонн CO₂ ежегодно для всего проекта. Это делает их важным элементом зеленой инфраструктуры, интегрированной в мастер-план. Кроме того, проект стал моделью для других скандинавских городов, таких как Осло и Стокгольм, где аналогичные решения начали внедряться с 2020 года, что подчеркивает глобальную значимость подхода.

В российском контексте результаты Копенгагена особенно актуальны, учитывая такие проблемы, как неудовлетворительное состояние водных

ресурсов и дефицит зеленых зон. Дождевые сады могли бы быть адаптированы для городов вроде Санкт-Петербурга, где ливни часто вызывают подтопления, или Москвы, где необходимо смягчать эффект городских тепловых островов. Мониторинг эффективности в Копенгагене показывает, что ключом к успеху является детальная гидрологическая оценка, использование местных материалов и активное участие местных сообществ, что может быть воспроизведено в России при наличии государственной поддержки и финансирования [11].

Таким образом, эффективность и результаты дождевых садов в «Cloudburst Plan» подтверждают их роль как многофункционального инструмента мастер-планирования. Они не только решают техническую задачу управления ливневыми водами, но и приносят экологические, социальные и экономические выгоды, делая Копенгаген примером устойчивого городского развития. Эти данные подчеркивают потенциал природоподобных решений для глобального применения, особенно в условиях климатических изменений, и предоставляют ценный опыт для дальнейших исследований и адаптации в других городах мира.

3.1.5 Проблемы и ограничения в реализации плана

Реализация дождевых садов в рамках «Cloudburst Plan» в Копенгагене, несмотря на достигнутые успехи, столкнулась с рядом проблем и ограничений, которые выявили как технические, так и организационные вызовы применения природоподобных решений в условиях крупного города.

Техническая реализация проекта столкнулась с несколькими серьезными вызовами. Одной из ключевых проблем стало ограниченное пространство в центральных районах, где плотная застройка существенно затрудняла выделение участков для крупных садов. Для решения этой задачи были разработаны и внедрены компактные модульные конструкции, которые интегрировали в тротуары и дворы, а также использованы вертикальные решения, такие как зеленые стены с дренажными функциями.

Еще одной значительной сложностью стало обеспечение устойчивости растительности к экстремальным погодным условиям. Зимние морозы и летние засухи требовали тщательного подбора видов растений и регулярного полива в начальный период адаптации. Для решения этой проблемы были разработаны системы автоматического орошения, работающие на основе собранной дождевой воды, что существенно повысило экологичность проекта.

Кроме того, первоначальные затраты на строительство и обслуживание оказались выше ожидаемых — около 50 000 евро на сад площадью 100 м², включая проектирование и мониторинг. Это потребовало существенного пересмотра бюджетных приоритетов и поиска дополнительных источников финансирования [11].

Одной из главных технических сложностей стала ограниченная емкость дождевых садов при экстремальных осадках, превышающих расчетные показатели. Мониторинг, проведенный в 2021 году Техническим университетом Дании (DTU), показал, что при ливнях интенсивностью более 50 мм в час (что соответствует событиям, происходящим раз в 10-20 лет), дождевые сады переполняются, задерживая лишь 60-70% стока вместо заявленных 90% при

умеренных осадках. Избыточная вода в таких случаях либо направляется в канализацию через дренажные системы, либо вызывает локальные подтопления, что существенно снижает общую эффективность решения.

Для устранения этой проблемы в некоторых районах, таких как Норребро, были дополнительно установлены подземные резервуары, что, однако, увеличило стоимость проекта на 15-20%. Этот опыт наглядно демонстрирует необходимость интеграции дождевых садов с другими элементами зеленой инфраструктуры, такими как зеленые крыши или искусственные водоемы, для создания более устойчивой системы управления стоками.

Еще одним значительным ограничением стало обеспечение достаточного пространства для размещения садов в условиях плотной застройки центральных районов Копенгагена. В исторических кварталах, таких как Вестербро, выделение площадей под крупные сады оказалось крайне затруднительным из-за острой конкуренции за землю между жилыми, коммерческими и транспортными объектами.

Для решения этой проблемы проектировщики были вынуждены использовать компактные модульные конструкции, интегрированные в тротуары и небольшие дворовые пространства. Однако такие сады имеют существенно меньшую емкость и требуют более частого обслуживания. Например, в районе Иннер-Сити (центр города) площадь садов была ограничена 5-10 м² на участок, что, согласно расчетам Ramboll, составляет лишь 30% от оптимального размера для эффективного управления стоком. Это ограничение подчеркивает необходимость пересмотра градостроительных норм, чтобы резервировать больше пространства для зеленой инфраструктуры на этапе планирования новых районов [11].

Экономические и эксплуатационные аспекты реализации дождевых садов создают значительные вызовы. Первоначальные затраты на проектирование, установку и озеленение оказались выше ожидаемых: средняя стоимость одного сада площадью 100 м² составила около 50 000 евро, включая анализ почвы, подбор растений и установку дренажных систем. Ежегодные расходы

на обслуживание, включающие уборку мусора, замену растений и контроль дренажа, составляют 10-15% от стоимости строительства, что эквивалентно 5000-7500 евро в год на сад. Такие затраты могут быть обременительными для городов с ограниченным бюджетом, особенно при масштабировании проекта на весь Копенгаген или его применении в менее экономически развитых регионах, например, в некоторых российских городах.

Для снижения издержек в Копенгагене привлекались частные инвестиции и субсидии Европейского союза. Однако долгосрочная финансовая устойчивость проекта требует дополнительных решений, таких как внедрение налоговых льгот для застройщиков, участвующих в создании зеленой инфраструктуры.

Уход за растительностью представляет собой отдельную проблему, связанную с климатическими условиями и эксплуатацией. Зимние морозы в Дании (температура может опускаться до -10°C) и летние засухи (до 30°C в июле) создают стрессовые условия для растений, особенно в первые годы после посадки. В Санкт-Къелдсе в 2018 году около 10% растений погибло из-за засухи, что потребовало дополнительных затрат на их замену и установку систем автоматического полива, работающих на собранной дождевой воде. Эти системы, хотя и повысили устойчивость садов, увеличили начальные затраты на 5%.

Кроме того, накопление мусора и загрязняющих веществ в садах, особенно вдоль оживленных дорог, требует регулярной очистки для предотвращения снижения фильтрационной способности почвы. В 2020 году в Норребро было зафиксировано снижение проницаемости грунта на 20% из-за накопления осадков и масел, что потребовало проведения внеплановых работ по замене верхнего слоя почвы [11].

Социальные ограничения играют значительную роль в реализации проекта. Несмотря на успешное вовлечение жителей в создание и уход за садами, в некоторых районах, таких как Вестербро, возникло недовольство из-за

временных неудобств во время строительства, включая ограничение доступа к тротуарам и парковочным местам.

Опрос 2019 года показал, что 15% жителей выразили обеспокоенность по поводу временного снижения доступности, хотя 80% из них позже признали положительное влияние садов на окружающую среду. Для минимизации конфликтов городские власти усилили информационные кампании и вовлечение местных сообществ на этапе планирования, что позволило повысить уровень поддержки проекта до 90% к 2022 году. Этот опыт подчеркивает критическую важность прозрачного диалога с населением при внедрении масштабных изменений в городской среде.

Взаимодействие с другими городскими системами выявило дополнительные ограничения. В районах с высоким уровнем грунтовых вод, таких как Амагер, эффективность садов снижается из-за замедленного впитывания, что требует дополнительных дренажных решений, увеличивающих стоимость на 10-15%.

Интеграция садов с существующей канализационной системой оказалась технически сложной: в некоторых местах, например, в Иннер-Сити, старая канализация не была рассчитана на подключение новых дренажных линий, что привело к задержкам в реализации на 6-12 месяцев. Эти проблемы указывают на необходимость более тщательной предварительной оценки инфраструктуры и разработки гибридных решений, сочетающих природоподобные и инженерные подходы для обеспечения эффективной работы всей системы управления стоками.

Для российского контекста, где города, такие как Санкт-Петербург и Калининград, также сталкиваются с проблемой ливневых подтоплений, опыт Копенгагена предоставляет ценные уроки. В исторических центрах российских городов наблюдается плотная застройка, ограниченный бюджет и суровые климатические условия (зимние температуры до -20°C), что может усугубить проблемы с растительностью и обслуживанием. Однако использование морозоустойчивых растений, таких как сибирские травы, и привлечение федеральных

субсидий в рамках «Национального стандарта мастер-планов» могут помочь минимизировать эти ограничения. Важным уроком также является модульный подход Копенгагена, который позволяет адаптировать сады к ограниченному пространству, что особенно актуально для российских мегаполисов, включая Москву.

Проблемы и ограничения, выявленные при реализации дождевых садов в Копенгагене, не умаляют их ценности, но подчеркивают необходимость комплексного подхода. Для повышения устойчивости проекта требуется дальнейшая оптимизация дизайна, снижение затрат на обслуживание и интеграция с другими элементами зеленой инфраструктуры. Этот опыт показывает, что даже успешные природоподобные решения требуют адаптации к местным условиям, что делает их внедрение в других городах, включая российские, задачей, требующей тщательного планирования и учета выявленных ограничений [11].

Несмотря на трудности, реализация дождевых садов в рамках «Cloudburst Plan» демонстрирует успешное сочетание природоподобных и инженерных подходов. К 2023 году проект достиг значительного прогресса: в Санкт-Къелдсе зафиксировано снижение подтоплений на 70% в пилотных зонах, что подтверждается отчетами муниципалитета. Интеграция садов в мастер-план позволила не только улучшить гидрологическую безопасность, но и создать более 50 гектаров новых зеленых зон, что соответствует целям Копенгагена стать углеродно-нейтральным городом к 2025 году. Опыт реализации показал, что ключом к успеху является сочетание детального планирования, участия общественности и адаптации к местным условиям, что делает этот проект применимым для других городов, включая российские, где проблемы управления ливневыми водами и дефицит зеленых пространств остаются актуальными [11].

Заключение

В работе обоснована актуальность выбранной темы. Помимо этого, в данной работе были рассмотрены основные современные экологические вызовы, связанные с ростом урбанизации, деградацией природных экосистем и изменением климата. Подчёркнута необходимость комплексного подхода к развитию городов, ориентированного на устойчивость и экологическую безопасность. Эти фундаментальные положения позволили заложить прочную основу для дальнейшего исследования.

Изучены теоретические основы и история развития мастер-планирования. Проведён обзор этапов формирования мастер-планов в мировом и российском контексте. Раскрыта эволюция стратегического планирования — от послевоенного восстановления до современных инструментов пространственного и экологически ориентированного развития.

Проанализирована роль экологии в стратегическом планировании городов. Выявлена взаимосвязь между качеством окружающей среды и эффективностью мастер-планирования. Показано, что интеграция экологических решений позволяет формировать комфортную и безопасную городскую среду, устойчивую к климатическим рискам. Это позволило перейти к разработке конкретных практических решений.

На основе разработок «Национального Стандарта Мастер-планов» была разработана система природоподобных решений в контексте мастер-планирования. Определены основные направления экологизации городов: экологически ориентированное развитие промышленности, транспорта, застройки и инженерной инфраструктуры. Для каждого направления сформулированы конкретные мероприятия и меры реализации. На основе теоретических положений была создана практическая модель экологизации городского развития.

Предложены целевые показатели экологической устойчивости. Представлена система экологических индикаторов, предназначенных для включения в мастер-планы различных типов городов. Эти показатели могут служить инструментом оценки эффективности природоохранных мероприятий в

долгосрочной перспективе. Разработанная система индикаторов позволяет отслеживать результативность внедрения экологических решений.

Рассмотрен и проанализирован зарубежный опыт. Проведён детальный анализ проекта «Cloudburst Plan» в Копенгагене как успешного примера применения природоподобных решений в условиях плотной городской застройки. Выявлены технические, экологические, экономические и социальные эффекты от реализации дождевых садов. Этот анализ позволил выявить лучшие международные практики и возможности их адаптации.

На основании анализа предложены пути адаптации международного опыта к условиям российских городов. Подчёркнута важность законодательного закрепления понятия мастер-плана и включения экологических компонентов в действующие стратегии социально-экономического и территориального развития. Таким образом, исследование завершается конкретными практическими рекомендациями для реализации экологичного городского планирования в российских условиях.

Список использованных источников

[1] Ambient (outdoor) air quality and health // Всемирная организация здравоохранения \ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [[https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)]([https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)) (дата обращения: 06.03.2025).

[2] Природоподобные технологии — ключ к устойчивому будущему нашей планеты // Росконгресс \ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://roscongress.org/materials/prirodopodobnye-tekhnologii-klyuch-k-ustoychivomu-budushchemu-nashey-planety/> (дата обращения: 06.04.2025).

[3] Природоподобные решения // Журнал "Экоурбанист" \ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ecourbanist.ru/termin/prirodopodobnye-resheniya/> (дата обращения: 13.04.2025).

[4] Национальный стандарт мастер-планов. Видение российского города будущего. Книга 1 // ВЭБ.РФ \ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://xn--90ab5f.xn--p1ai/files/?file=ad49ea162346d03c0eb14fc9c630d7ae.pdf> (дата обращения: 06.04.2025).

[5] Федеральный закон от 28.06.2014 г. № 172-ФЗ "О стратегическом планировании в Российской Федерации" // Президент России \ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/38630> (дата обращения: 06.04.2025).

[6] Национальный стандарт мастер-планов. Структура и содержание мастер плана. Книга 2 // ВЭБ.РФ. России \ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [<https://xn--90ab5f.xn--p1ai/files/?file=ad49ea162346d03c0eb14fc9c630d7ae.pdf>]

p1ai/files/?file=5415ff746e751695035125d6ac0cbb69.pdf] (дата обращения: 06.04.2025).

[7] О стратегическом планировании в Российской Федерации: Федеральный закон от 28.06.2014 № 172-ФЗ (последняя редакция) // Собрание законодательства РФ. — 2014. — № 26 (ч. I). — Ст. 3378.

[8] UN-Habitat. SDG 11: Sustainable Cities and Communities \ [Электронный ресурс]. — 2020. — Режим доступа: [<https://unhabitat.org/sdg-11>] (<https://unhabitat.org/sdg-11>) (дата обращения: 06.06.2025).

[9] Singapore Master Plan // Urban Redevelopment Authority \ [Электронный ресурс] / — Режим доступа: [<https://www.ur.gov.sg/Corporate/Planning/Master-Plan>] (<https://www.ur.gov.sg/Corporate/Planning/Master-Plan>) (дата обращения: 06.06.2025).

[10] Проект "О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации" ID: 152224. \ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [<https://regulation.gov.ru/projects>] (<https://regulation.gov.ru/projects>) (дата обращения: 06.06.2025).

[11] Interlace Hub \ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [<https://interlace-hub.com/cloudburst-management-plan-copenhagen>] (<https://interlace-hub.com/cloudburst-management-plan-copenhagen>) (дата обращения: 06.05.2025)

[12] Ziersen, J.J., Clauson-Kaas, J., Rasmussen, J. The role of Greater Copenhagen Utility in implementing the city's Cloudburst Management Plan // Water Practice and Technology. \ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/317574308_The_role_of_Greater_Copenhagen_Utility_in_implementing_the_city's_Cloudburst_Management_Plan] (https://www.researchgate.net/publication/317574308_The_role_of_Greater_Copenhagen_Utility_in_implementing_the_city's_Cloudburst_Management_Plan) — 2017. — Vol. 12, No. 2. — P. 1–10. (дата обращения: 06.05.2025).

[13] Yang, Z., Su, M., Chen, B. Change of urban ecosystem development — A case study of Beijing, China // Procedia Environmental Sciences. — 2010. — Vol.

2. — Р. 1–10. . \[Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029610001106] (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029610001106) (дата обращения: 20.04.2025).

[14] Хао Цзини, Козлов, В.В. Градостроительная экология и тенденции развития городских парков // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. — 2021. — № 4. — С. 760–769. \[Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-760-769] (https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-760-769) (дата обращения: 18.04.2025).

[15] Вагин, В.С., Шеина, С.Г., Чубарова, К.В. Принципы и факторы устойчивого развития городских территорий // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». — 2015. — Т. 7, № 3. \[Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://naukovedenie.ru/PDF/91EVN315.pdf] (http://naukovedenie.ru/PDF/91EVN315.pdf)(дата обращения: 18.04.2025).

[16] Чистякова, С.Б. Экологические аспекты регулирования градостроительной деятельности // Academia. Архитектура и строительство. — 2009. — № 4. \[Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-aspekty-regulirovaniya-gradostroitelnoy-deyatelnostyu/viewer] (https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-aspekty-regulirovaniya-gradostroitelnoy-deyatelnostyu/viewer) (дата обращения: 16.03.2025).