

## ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО И УРБАНИСТИКА

Научная статья



УДК/UDC 711.113:502:626(4:28)

DOI: 10.24412/1998-4839-2025-3-275-292

EDN: TAMVUU

**Зарубежный опыт включения водно-зеленого каркаса  
в градостроительную документацию****Анастасия Михайловна Дубино<sup>1</sup>**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,  
Белгород, Россия

anastuzi@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматривается зарубежный опыт интеграции водно-зеленого каркаса в систему территориального планирования и градостроительного регулирования на примере Лондона, Хельсинки, Эдинбурга и Фрайбурга. Рассмотрены особенности нормативного закрепления, пространственной организации, функциональной структуры и сопряжения водно-зеленого каркаса с водосберегающими и климатическими решениями. Проведен сравнительный анализ градостроительных стратегий указанных городов по системе критериев. На основе анализа сформулированы рекомендации для российской градостроительной практики.

**Ключевые слова:** водно-зеленый каркас, зеленая инфраструктура, территориальное планирование, градостроительное регулирование, нормативно-правовое обеспечение, климатическая адаптация, водосберегающие технологии

**Для цитирования:** Дубино А.М. Зарубежный опыт включения водно-зеленого каркаса в градостроительную документацию // Architecture and Modern Information Technologies. 2025. № 3(72). С. 275-292. URL: [https://marhi.ru/AMIT/2025/3kvart25/PDF/18\\_dubino.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2025/3kvart25/PDF/18_dubino.pdf)  
DOI: 10.24412/1998-4839-2025-3-275-292 EDN: TAMVUU

## TOWN-PLANNING AND URBAN DESIGN STUDIES

Original article

**International experience in integrating blue-green infrastructure into  
urban planning documentation****Anastasia M. Dubino<sup>1</sup>**

BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia

anastuzi@gmail.com

**Abstract.** The article examines international experience in integrating the blue-green infrastructure framework into spatial planning and urban development regulation, using the cases of London, Helsinki, Edinburgh, and Freiburg. The study analyses the specific features of regulatory frameworks, spatial configuration, functional structure, and the integration of blue-green infrastructure with water-saving and climate adaptation solutions. A comparative assessment of urban planning strategies is carried out using a system of evaluation criteria. The findings are used to formulate recommendations applicable to the context of Russian urban planning practice.

**Keywords:** blue-green infrastructure, green infrastructure, spatial planning, urban planning regulation, regulatory and legal support, climate adaptation, water-saving technologies

---

<sup>1</sup> © Дубино А.М., 2025

**For citation:** Dubino A.M. International experience in integrating blue-green infrastructure into urban planning documentation. Architecture and Modern Information Technologies, 2025, no. 3(72), pp. 275-292. Available at: [https://marhi.ru/AMIT/2025/3kvart25/PDF/18\\_dubino.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2025/3kvart25/PDF/18_dubino.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2025-3-275-292 EDN: TAMVUU

Современные направления территориального развития, ориентированные на устойчивое функционирование городской среды, требуют пересмотра существующих подходов к включению природных компонентов в структуру градостроительного планирования. С начала XXI века наблюдается особенно выраженная тенденция к экологизации городов, в рамках которой природные компоненты вновь начинают рассматриваться как приоритетное условие обеспечения качества городской среды. Причиной этому послужили рост темпов урбанизации и усиление глобальных климатических вызовов, которые обострили необходимость поиска новой формы баланса между пространственным развитием и его последствиями для человека, актуализируя роль зеленых насаждений в формировании комфортных и устойчивых форм расселения. Экологическая безопасность, сохранение природной среды, восстановление естественных ландшафтов, экологизация строительства и повышение экологической грамотности городских жителей – ряд аспектов, ориентированных на устойчивое развитие территорий [1].

Зеленые насаждения исторически играли значимую роль в формировании городской среды, выполняя санитарные, климатические и рекреационные функции. Переосмысление взаимоотношений города и природы в градостроительной теории начало активно развиваться с конца XIX – начала XX века, когда сформировалось осознание природы как структурного элемента городской территории. Однако дальнейшее развитие этой идеи происходило неравномерно и всегда было связано со спецификой экономического, социального, политического и культурного развития общества.

Одним из ключевых этапов становления идей экологически ориентированного градостроительства стало формирование концепции «города-сада», разработанной Э. Говардом в 1902 году. Его модель рассматривала зеленые пояса и зеленые клинья как обязательные структурные элементы, формирующие систему открытых пространств и обеспечивающие санитарную защиту, рекреационные возможности и пространственную целостность городской структуры. В России идеи комплексного озеленения и территориальной организации зеленых пространств получили развитие в трудах В.Н. Семенова, в частности в работе «Благоустройство городов» (1912). В ней вопросы озеленения города соотносятся с идеями «города-сада», при этом автор настаивает на разработке общеобязательных правил планировки и их применении с учетом местных условий. Во второй половине XX века в отечественной градостроительной мысли формируются концепции, учитывающие пространственно-экологическую роль природы в структуре расселения. Одной из таких концепций является *идея поляризованного ландшафта*, предложенная Б.Б. Родоманом, согласно которой устойчивое взаимодействие между урбанизированными и природными зонами возможно только при их четком территориальном разделении и наличии экологических буферов [2].

С конца 1980-х годов все активнее используется понятие «экологический каркас», впервые сформулированное в работах В.В. Владимирова [3], Э.Н. Сохиной, Е.С. Зархиной [4], П. Кавалаяускаса [5]. Экологический каркас рассматривался как система природных комплексов, отличающихся высокой биологической активностью и особым режимом природопользования, обеспечивающая экологическую устойчивость территории. Позднее появились и иные трактовки этой структуры: «*природный каркас*» (Н.С. Краснощекова [6], Н.Ф. Реймерс [7]), «*природно-экологический каркас*» (Д.З. Гриднев [8], Ю.В. Волков [9]), «*экологический каркас*» (А.В. Елизаров [10], Е.Ю. Колбовский [11], С.В. Пономаренко [12]), «*природоохранный каркас*» (А.А. Тишков [13]), «*биосферный каркас*» (Э.Б. Алаев [14]). Все они опирались на одну ключевую идею: формирование взаимосвязанной совокупности

особо охраняемых природных территорий, поддерживающей биоразнообразие, природную саморегенерацию и устойчивость геоэкосистем [15].

*Последние исследования отечественных авторов* во многом коррелируют с концепцией водно-зеленого каркаса, рассматривая город как интегрированную природно-антропогенную систему, функционирующую на основе принципов устойчивости и экологической сбалансированности. Так, в работах Н.Г. Благовидовой обосновывается необходимость применения экосистемного подхода к восстановлению нарушенных территорий и интеграции природных комплексов в структуру городской среды как взаимосвязанной пространственной системы [16]. Также она предлагает концепцию структуризации городской ткани через формирование «островов устойчивости» – локальных элементов, повышающих функциональную и экологическую целостность каркаса [17]. М.В. Шубенков и М.Ю. Шубенкова развивают концепцию урбо-био-ценозного зонирования, предусматривающую распределение зон с особыми режимами использования и создание буферных территорий, обеспечивающих баланс между урбанизацией и природными процессами [18].

В зарубежной научной литературе по зеленой инфраструктуре можно выделить ряд широко цитируемых работ, служащих основой для дальнейших исследований в данной области. Исследование М. Бенедикта и Э. МакМахона определяет зеленую инфраструктуру как взаимосвязанную сеть природных территорий и открытых пространств, сохраняющую ценности и функции экосистем и обеспечивающую широкий спектр экологических и социальных благ для населения и дикой природы [19]. Влияние этой концепции усилилось благодаря работам К. Тзоласа и соавторов, подчеркивающим значение зеленой инфраструктуры для поддержания здоровья экосистем и населения [20], а также обзору Д. Боулера и соавторов, подтвердившему климаторегулирующий эффект городского озеленения [21]. Вклад в развитие подходов к оценке экосистемных услуг внесли исследования Э. Гомес-Баггетун и Д. Бартон, акцентировавшие их значение для городского планирования [22].

На современном этапе развития градостроительной практики и нормативной базы в Российской Федерации концепция экологического (или природно-экологического) каркаса получает дальнейшее развитие. В 2024 году в составе национального стандарта<sup>2</sup> закрепилось понятие водно-зеленого каркаса (ВЗК), который представляет собой «систему взаимосвязанных водных и озелененных пространств, интегрированных в планировочную структуру города и прилегающих территорий, обеспечивающую непрерывные биологические связи, движение флоры и фауны, а также выполняющую функции основного каркаса планировки и благоустройства». Тем самым впервые был нормативно закреплён подход к рассмотрению зеленых и водных территорий как единой, целенаправленно формируемой пространственной системы в границах населенного пункта [23]. Также в стандарте утверждается, что «водно-зеленый каркас интегрируется в планировочную структуру города, являясь основой его планировки и благоустройства», что свидетельствует о расширении его функционального значения – от преимущественно охранной и санитарной функции к статусу одного из структурных элементов пространственной организации городской среды. Интеграция ВЗК в пространственную структуру города предполагает влияние на территориальное зонирование, формирование системы общественных пространств, пешеходной и рекреационной связности, а также обеспечение ландшафтной непрерывности и функциональной взаимосвязи между различными элементами городской среды.

Несмотря на нормативное закрепление термина и обозначение его функций на уровне национального стандарта, данные положения лишь формируют общий вектор развития и требуют дальнейшего нормативного и методического развития для обеспечения

---

<sup>2</sup> ГОСТ Р 71473-2024 «Ландшафтная архитектура территорий городских и сельских поселений. Термины и определения» (утв. и введен Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 июля 2024 г. № 975-ст).

полноценной интеграции в документы территориального планирования и градостроительную практику. В настоящее время в России отсутствует единый подход к планированию и реализации ВЗК, что приводит к фрагментарности и несогласованности действий на различных уровнях управления. Отсутствие четких регламентов и стандартов, направленных на интеграцию природных систем в городскую инфраструктуру, создает значительные барьеры для создания устойчивой и экологически сбалансированной городской среды [24]. Целью настоящей статьи является изучение зарубежного европейского опыта включения водно-зеленого каркаса в градостроительную документацию, выявления ключевых проектных и нормативных аспектов, которые могут быть адаптированы для использования в отечественной практике.

В настоящее время водно-зеленая инфраструктура получила *нормативное закрепление в системах территориального планирования ряда европейских государств* (рис. 1). В рамках исследования рассмотрены четыре репрезентативных примера: Лондон, Хельсинки, Эдинбург и Фрайбург. Анализ проведен с позиций *включенности водно-зеленого каркаса в градостроительную документацию*, особенностей его пространственной организации и механизмов *нормативного регулирования*.

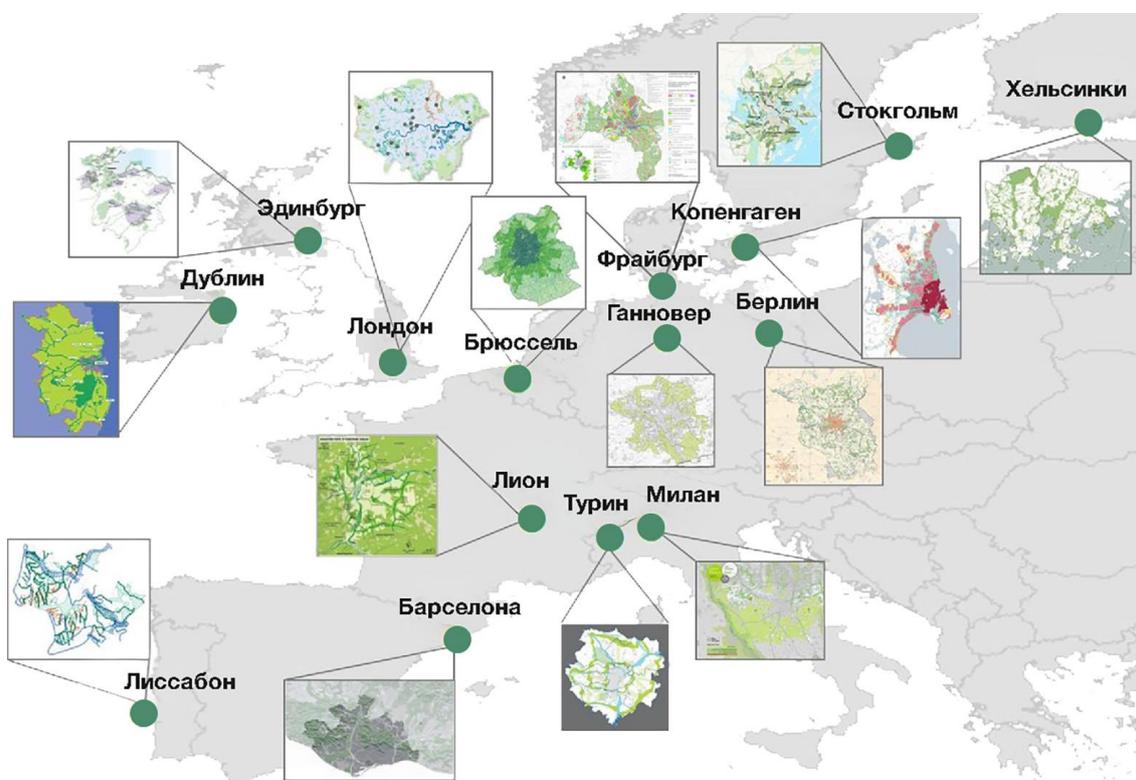


Рис. 1. Европейские города с реализованной интеграцией зеленой инфраструктуры в стратегическое территориальное планирование

### Лондон, Великобритания

В городе Лондон формирование ВЗК осуществляется в рамках единой системы стратегического планирования, нормативно закрепленной в документе регионального уровня – London Plan [26]. Ключевой стратегией развития зеленой инфраструктуры является All London Green Grid (ALGG), которая рассматривается как основа пространственной организации природных и рекреационных территорий и переосмысливает *традиционное восприятие Лондона как «зеленого города»*. Подобно улично-дорожной сети, формирующей транспортный каркас города, стратегия ALGG формирует упорядоченную и эстетически привлекательную систему открытых пространств и маршрутов, соединяющую различные районы города и формирующую ВЗК как основу

экологической и пространственной связности территории. Стратегия All London Green Grid включает в себя три глобальные цели:

*Цель 1.* Обеспечить охрану и развитие стратегической сети природных и культурных открытых пространств Лондона, интегрируя их в повседневную жизнь города с помощью пространственных и функциональных связей с различными типами ландшафтов, центрами городской активности, транспортными узлами, пригородными территориями, рекой Темзой, а также ключевыми жилыми и общественно-деловыми районами города.

*Цель 2.* Стимулировать активное использование и вовлеченность населения в функционирование ВЗК через популяризацию ключевых элементов каркаса, повышение ценности и узнаваемости природного и культурного ландшафта города, развитие инфраструктуры для посетителей и модернизацию вело-пешеходных маршрутов с целью формирования устойчивой идентичности городской среды и ощущения сопричастности у жителей и гостей города.

*Цель 3.* Сформировать качественную, функционально насыщенную и архитектурно проработанную сеть зеленых и открытых пространств как неотъемлемый элемент планировочной организации города и его инженерно-транспортной инфраструктуры, способную эффективно отвечать на экологические вызовы XXI века, в том числе на угрозы, связанные с изменением климата.

В качестве пространственной основы для формирования ВЗК используется концепция «зеленой инфраструктурной сети» (Green Infrastructure Network), объединяющая природные, озелененные и водные территории на принципах:

- *иерархии* (общагломерационный уровень, субрегиональный и муниципальный уровень, местный уровень);
- *связности* (физическая связность, планировочная связность, функциональная связность);
- *функциональной специализации* (осуществление экологической, регулирующей, рекреационной и инфраструктурной функций).

*Принцип иерархии* обеспечивается путем организации ВЗК на трех уровнях. На *общагломерационном уровне* (London-wide) представлены стратегические зеленые коридоры, парки регионального и субрегионального значения (Regional и Metropolitan parks), территории особого назначения, защищенные от застройки и обеспечивающие экологическую и пространственную непрерывность в масштабах всего Лондона (Metropolitan Open Land) (рис. 2), а также ключевые речные долины, в особенности река Темза. На *субрегиональном и муниципальном уровне* (Sub-regional/Borough) иерархия реализуется через 11 локальных стратегий (Green Grid Area Frameworks), которые определяют местные схемы зеленых маршрутов и инфраструктурные проекты, интегрируемые в общегородскую сетку зеленых и открытых пространств. На *местном уровне* (Local/Neighbourhood) зеленая инфраструктура представлена небольшими общественными пространствами, которые находятся в непосредственной доступности для жителей и обеспечивают функции рекреации и поддержания локального биоразнообразия.

*Принцип связности.* Физическая связность обеспечивается за счет формирования непрерывной сети зеленых и водных территорий, включая линейные зеленые коридоры, речные долины, озелененные улицы и парковые маршруты. Эти элементы выполняют задачи по обеспечению экологической целостности (в том числе миграции видов), мобильности жителей и интеграции системы управления поверхностными водами. Планировочная связность реализуется через включение зеленой инфраструктуры в планировочную структуру города на трех уровнях, описанных выше, каждый из которых обладает собственной спецификой. На общагломерационном уровне реализуются крупные экологические коридоры и маршруты общегородского значения; на субрегиональном и муниципальном уровне – маршруты и территории районного масштаба, которые обеспечивают непрерывность зеленых связей с транспортной и социальной

инфраструктурой. На локальном уровне связность достигается за счет локальных пешеходных и велосипедных маршрутов. Взаимодействие озелененных территорий с городской инфраструктурой формирует многофункциональный каркас, способный отвечать на экологические, климатические и социальные вызовы городской среды.

*Принцип функциональной специализации* реализуется через распределение функций между элементами зеленой инфраструктуры, выделяя четыре ключевых направления:

- экологическая функция: поддержание биоразнообразия, улучшение качества воздуха и микроклимата, обеспечение устойчивости ландшафтов;
- регулирующая функция: управление поверхностными водами, снижение уровня теплового стресса, фильтрация загрязнений;
- рекреационная функция: обеспечение доступности и комфортности пространств для населения, поддержка активного и пассивного отдыха;
- инфраструктурная функция: сопряжение с транспортной сетью, инженерными системами, создание коридоров естественной вентиляции.

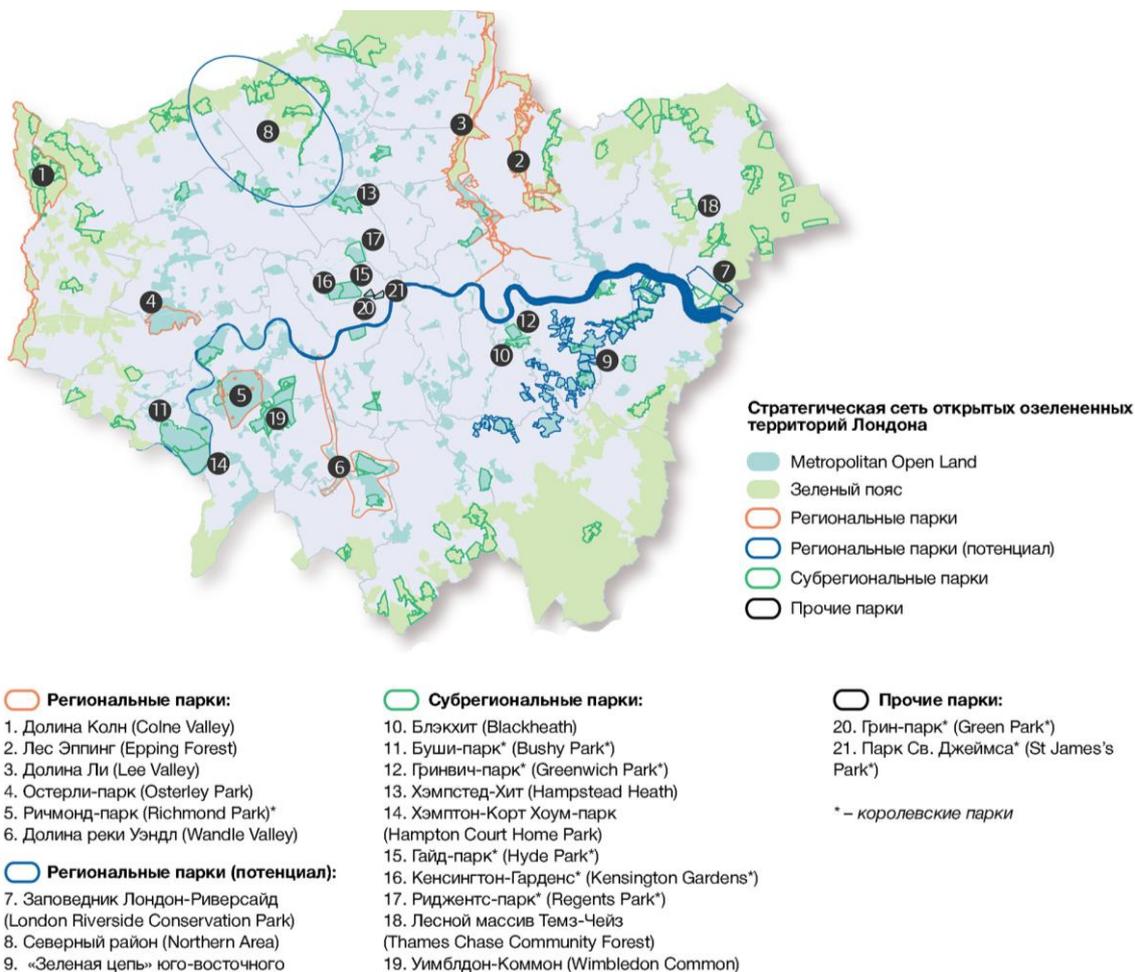


Рис. 2. Стратегическая сеть открытых озелененных территорий Лондона

Разделение функций и типов зеленых пространств зафиксировано в приложениях к Лондонскому плану. Пространственная структура ВЗК реализуется в форме линейно-коридорной системы, включающей русла водотоков, буферные зоны вдоль городских инфраструктурных объектов, лесопарки и линейные посадки в составе улично-дорожной сети. Особое внимание уделяется сопряжению с транспортной инфраструктурой (включая схемы вело-пешеходной доступности и транзитно-рекреационные связи), а также интеграции ВЗК в состав проектов благоустройства. Реализация ВЗК обеспечивается с помощью следующих механизмов: рекомендации по проектированию, оценка зеленой

нагрузки через числовой коэффициент (Urban Greening Factor), обязательства застройщиков (Planning Obligations), инвестиционные механизмы (Community Infrastructure Levy, CIL), а также дополнительные детализирующие руководства (Supplementary Planning Guidance).

### Хельсинки, Финляндия

В Генеральном плане Хельсинки (Helsinki City Plan 2050) водно-зеленая инфраструктура закреплена как основа пространственной организации территории. Город демонстрирует высокий уровень включения природных компонентов в систему территориального планирования, обеспечивает их нормативное закрепление, пространственную организацию, функциональное зонирование и сопряжение с мероприятиями по адаптации к климатическим рискам.

Пространственная структура ВЗК в Хельсинки закреплена в стратегическом документе VISTRA II [27], разработанном в рамках реализации Генерального плана (рис. 3). Она формируется по принципу иерархичной сети зеленых и водных элементов. Основу составляет система «зеленых клиньев», соединяющих периферийные природные зоны с центральными районами и прибрежной частью. Данная структура обеспечивает непрерывность экологических связей, интеграцию рекреационных и природоохранных функций, а также сопряжение с улично-дорожной сетью и жилыми кварталами. Иерархичность структуры выражается в выделении трех уровней элементов:

- *магистральный уровень* – «зеленые клинья», включающие крупные лесные массивы и прибрежные ландшафты, соединяющие центр города с периферией;
- *районный уровень* – парки и крупные озелененные пространства, прилегающие к жилым кварталам;
- *локальный уровень* – озеленение улиц, придомовых территорий, линейные посадки и локальные природные элементы.

#### Схема поперечных зелёных связей

- I. От природного ландшафта к урбанизированным территориям
- II. От вершины к вершине
- III. От залива к заливу
- IV. Зелёные связи центральной части города
0. Основной прибрежный маршрут



Рис. 3. Страница документа VISTRA II – схема поперечных зеленых связей Хельсинки

Включение элементов зеленой инфраструктуры в состав территорий, подлежащих застройке и благоустройству, обеспечивается через систему отраслевых программ: программу устойчивого управления поверхностными водами, программу охраны малых

водотоков, экологическую программу города, стратегию предотвращения последствий паводков, а также программу охраны биоразнообразия. Указанные документы формируют нормативную и инженерную основу для интеграции вододерживающих и озелененных элементов в систему инженерной подготовки территорий.

Реализация положений Генерального плана обеспечивается на уровне детального планирования (Asemakaava) путем пространственного и функционального закрепления зеленых зон и инженерно-экологических решений, включая биофильтрационные участки, зеленые коридоры, элементы поверхностного стока и участки с водопроницаемыми покрытиями. При этом используется параметрический подход, предполагающий выбор проектных решений в зависимости от морфологии территории, плотности застройки, уровня гидрологических рисков и обеспеченности рекреационной инфраструктурой. В проектной практике применяется система оценки озеленения участков (аналог коэффициента озеленения), позволяющая учитывать степень участия каждого элемента в формировании экологически устойчивой среды.

Особое внимание в стратегии уделено водосберегающим и климатическим решениям. В градостроительных документах они закреплены как обязательные элементы планирования и проектирования городской среды. Они входят в состав проектной документации при новом строительстве, реконструкции и благоустройстве. В ряде материалов прямо предусмотрено применение биоинженерных систем для фильтрации поверхностных вод. К ним относятся: дождевые сады, биодренажные каналы вдоль дорог, озелененные ложбины и траншеи, инфильтрационные участки, интегрированные в ландшафт общественных пространств и дворов. Стратегия предполагает сохранение и воссоздание природных территорий с высокой вододерживающей способностью, в том числе заболоченных зон, прибрежных лесов и территорий с глинистыми почвами. Установление вододерживающих территорий обеспечивается посредством функционального зонирования и регламентирования видов разрешенного использования земель с фиксацией ограничений в документах территориального планирования и градостроительного зонирования.

Также в стратегии реализован подход к территориальной детализации мероприятий по формированию ВЗК, что представляет собой аналог ППТ (проекты планировки территории) в отечественном градостроительстве. В рамках данного подхода выделяются территории, требующие первоочередных мероприятий по озеленению, вододержанию и благоустройству. Для таких зон устанавливаются пространственные параметры реализации решений, включая требования к размещению зеленых насаждений, инженерных элементов для управления поверхностным стоком и организации общественных пространств. Дифференциация мер осуществляется с учетом плотности застройки, гидрологических рисков (в том числе угрозы затоплений), а также уровня обеспеченности населения доступными рекреационными зонами.

### **Эдинбург, Великобритания**

В рамках подготовки нового Генерального плана развития (City Plan 2030) особое внимание уделяется включению элементов водно-зеленой инфраструктуры в нормативные и проектные процедуры. Одним из ключевых документов стратегического планирования Эдинбурга является Экологический отчет по проекту генерального плана City Plan 2030 (Environmental Report for City Plan 2030) [28], подготовленный в соответствии с требованиями Стратегической экологической оценки (SEA) и Закона Шотландии об охране окружающей среды (Environmental Assessment (Scotland) Act 2005). Экологический отчет разработан во взаимодействии с другими стратегическими документами, включая Национальную планировочную рамку (NPF), Стратегию управления паводками (Flood Risk Management Strategy) и План действий по сохранению биоразнообразия города Эдинбурга (Edinburgh Biodiversity Action Plan). Документ представляет собой инструмент оценки воздействия на окружающую среду в рамках разработки нового генерального плана города и включает 16 направлений стратегического развития, обозначенных как Choices (выборы,

варианты решений). Каждое из направлений отражает возможные сценарии пространственной трансформации города и сопровождается анализом их влияния на восемь компонентов среды (биоразнообразие, вода, климат, ландшафт и др.).

В Экологическом отчете подчеркивается необходимость пространственного связывания природных и рекреационных территорий посредством водно-зеленой инфраструктуры (рис. 4). Так, система основных пешеходных и велосипедных маршрутов (Core Path Network), проходящая вдоль русел рек и зеленых насаждений, рассматривается как важнейший элемент экологической связности городской структуры. В структуре ВЗК также выделяются участки с особыми ландшафтными характеристиками, обладающие высокой визуальной, природной и культурной ценностью (Special Landscape Areas). Эти зоны подлежат сохранению и учитываются при принятии градостроительных решений с целью предотвращения их деградации. Вместе с территорией Зеленого пояса (Green Belt) они формируют защитную зону вокруг городской агломерации, препятствующую неконтролируемому расширению застройки и утрате ландшафтного разнообразия.

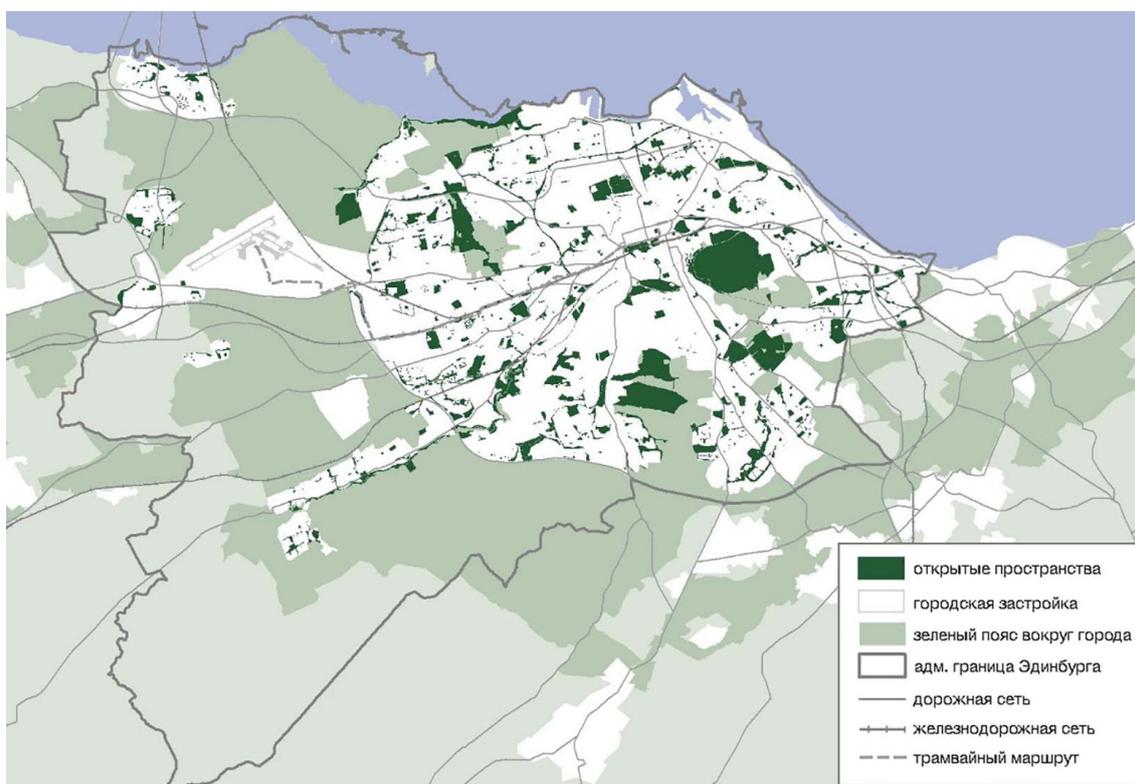


Рис. 4. Развитие водно-зеленого каркаса Эдинбурга

Меры по управлению поверхностным стоком и защите водных объектов в Эдинбурге реализуются за счет интеграции водосберегающих технологий в проекты развития территории. В отчете указано, что значительная часть городской территории подвержена рискам поверхностного затопления, в связи с чем предлагается внедрение водосберегающих технологий на стадии проектирования. Это включает дождевые сады, биодренажные каналы, инфильтрационные участки и другие инженерно-ландшафтные решения, обеспечивающие задержание и очистку стока.

Экологический отчет предусматривает проведение оценки воздействия на окружающую среду для всех направлений пространственного развития, предложенных в рамках проекта City Plan 2030. В рамках ключевого стратегического направления «Choice 1: Сделать Эдинбург устойчивым, активным и связанным городом» предложено усиление пространственной связности ВЗК и установление стандарта доступности: наличие озелененной территории площадью не менее 5 га в радиусе 400 метров от каждого жилого

дома, а также обеспечение ухода за озелененными территориями на всем жизненном цикле проекта. При проектировании новых районов приоритет отдается решениям, способствующим снижению уровня запечатывания почв, повышению экологической устойчивости и сохранению биоразнообразия.

Главная задача отчета – выявление и оценка возможных воздействий проектных решений, предлагаемых в рамках подготовки Генерального плана Эдинбурга до 2030 года, на компоненты окружающей среды. Документ направлен на интеграцию принципов экологической устойчивости в процесс территориального планирования, формирование базы для принятия градостроительных решений, соответствующих принципам сбалансированного развития.

### **Фрайбург, Германия**

Фрайбург демонстрирует системный подход к включению ВЗК в градостроительную документацию. Структурные элементы ВЗК зафиксированы в ряде ключевых документов: ландшафтном плане города (Landschaftsplan Freiburg), перспективном плане пространственного развития до 2030 года (Perspektivplan Freiburg), а также сопровождаются специализированными научными обоснованиями, включая Раздел по фауне (Fachbeitrag Fauna).

В 2006 году на уровне администрации города был разработан и утвержден Ландшафтный план – документ, который определяет стратегию развития города с учетом его природных особенностей и потребностей жителей [29]. Ландшафтный план Фрайбурга уже разрабатывался ранее на период до 2020 года и сыграл ключевую роль в трансформации города в пример успешной муниципальной экологической политики и устойчивого городского развития. Новый Ландшафтный план до 2040 года представляет собой центральный специализированный документ, регулирующий природные, рекреационные и биотопные территории (рис. 5). Документ включает 19 тематических схем, каждая из которых отражает отдельные направления анализа и регулирования природных условий и ограничений: схема №1 (экологический каркас), схемы №8-9 (структура и оценка ландшафтов), схемы №10-12 (типология и оценка биотопов, сведения о флоре и фауне), а также схемы №16-19 (гидрогеологические условия, водоносные горизонты, поверхностные водотоки и зоны подтопления). Указанные схемы служат основой для пространственной локализации природных компонентов и создают условия для их учета на последующих стадиях градостроительного проектирования.

Для установления допустимых режимов использования территорий в рамках охраны фауны (Fachbeitrag Fauna) в городе Фрайбурге применяется методический подход, основанный на так называемой Централизованной концепции видов и мероприятий (Zentrale Arten- und Maßnahmenkonzept, ZAK). Эта система не является отдельным нормативным актом, но представляет собой встроенный в ландшафтное планирование механизм типизации территорий и подбора природоохранных мероприятий, исходя из экологических требований охраняемых видов. Она систематизирует требования к охране видов, включая тех, чьи ареалы связаны с временными водоемами, влажными лугами, прибрежными зонами ручьев и мелких водотоков. На основе ZAK в каждом случае устанавливаются пространственные ограничения (например, запрет на посадку древесной растительности вдоль солнечных водоемов), мероприятия по расчистке, режимы ухода за территорией и меры по восстановлению гидрологического режима. В соответствии с методикой ZAK территория города классифицируется по четырем функциональным полям (Handlungsfelder A–D), каждое из которых характеризуется определенной степенью ценности для среды обитания животных и уровнем допустимого вмешательства. В зависимости от принадлежности участка к тому или иному типу устанавливаются конкретные меры – от запрета любых изменений до регламентированных работ по расчистке, восстановлению гидрологического режима или поддержанию ландшафтной проницаемости. Перечень таких мероприятий систематизирован и увязан с пространственной картографией.



анализа установлены ключевые различия в подходах к формированию и нормативной интеграции ВЗК.

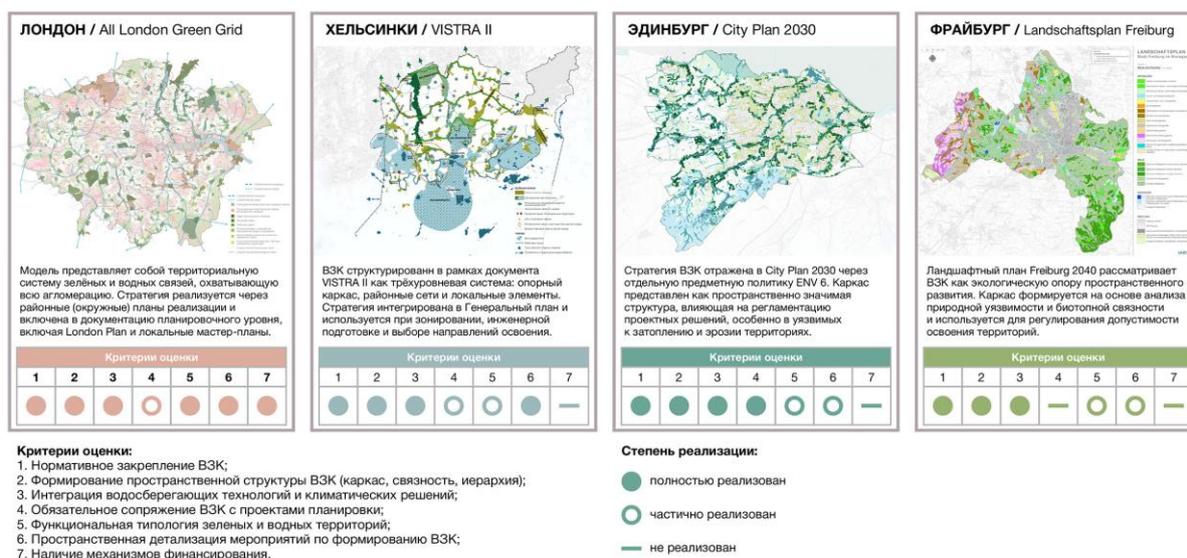


Рис. 6. Сравнительный анализ стратегий формирования ВЗК по системе критериев

1. **Нормативное закрепление ВЗК.** Во всех четырех городах ВЗК включен в стратегические документы территориального планирования и градостроительного регулирования. При этом для целей реализации используется многоуровневая система соподчиненных документов – от генеральных планов до локальных схем, регламентов, методических рекомендаций и проектных руководств. Такой подход обеспечивает стратегическую стабильность, а также гибкость при адаптации к изменяющимся условиям и требованиям.

2. **Формирование пространственной структуры ВЗК.** Иерархичность выступает общим принципом пространственной организации ВЗК в рассматриваемых городах. В каждом случае формируется связанная структура зеленых и водных элементов, логично встроенная в морфологию городской территории. В Лондоне и Фрайбурге применяются каркасные схемы регионального масштаба, в Хельсинки – радиально-кольцевая система «зеленых пальцев», в Эдинбурге – зеленый пояс и система территорий особой ландшафтной ценности.

3. **Интеграция водосберегающих технологий и климатических решений.** Особенностью зарубежных подходов является системное внедрение природоподобных инженерных решений, которое прослеживается во всех рассматриваемых городах. В Лондоне данные меры реализуются через механизмы оценки и стимулирования озеленения (Urban Greening Factor, планировочные обязательства, целевые сборы), в Хельсинки – в виде обязательных биоинженерных решений для управления поверхностным стоком и функционального зонирования водоудерживающих территорий. В Эдинбурге климатическая адаптация и водосберегающие технологии увязаны с требованиями доступности зеленых пространств и предотвращения запечатывания почв. В Фрайбурге акцент сделан на сохранении и восстановлении гидрологического режима, классификации территорий по условиям местообитаний и заблаговременном выполнении природоохранных мероприятий через механизм «экологического счета».

4. **Обязательное сопряжение ВЗК с проектами планировки.** В исследуемых городах степень реализации данного критерия варьируется. Наиболее четко этот механизм закреплен в Эдинбурге, где требования по обеспечению доступности озелененных территорий, интеграции водосберегающих технологий и предотвращению запечатывания почв подлежат обязательному учету при проектировании новых районов. В Лондоне и

Хельсинки данный механизм носит преимущественно нормативно-оценочный характер и не всегда имеет статус обязательного для всех проектов. В Фрайбурге формирование ВЗК опирается на ландшафтное планирование и экологические программы, без прямого закрепления в составе проектов планировки.

5. Функциональная типология зеленых и водных территорий. Во всех четырех городах элементы водно-зеленой инфраструктуры выполняют комплекс функций, однако степень их систематизации различается. Наиболее полно функциональная типология представлена в Лондоне, где выделены четыре основные группы функций, закрепленные в стратегических документах. В Хельсинки и Эдинбурге функциональные направления интегрированы в систему градостроительного планирования и инженерно-экологических решений, однако не оформлены в виде самостоятельной классификации. Во Фрайбурге функциональное деление осуществляется по методике ZAK, но оно заточено под природоохранные и гидрологические функции, в то время как рекреационные и инфраструктурные почти не отражены.

6. Пространственная детализация мероприятий по формированию ВЗК. В Лондоне данный критерий реализован в полном объеме через конкретные схемы и проекты в рамках GGAF. В Хельсинки также обеспечена полная реализация данного критерия: документы Asemakaava и стратегия VISTRA II задают пространственные параметры и требования к озеленению, водоудержанию и благоустройству. В Эдинбурге и Фрайбурге пространственная детализация выражена частично.

7. Наличие механизмов финансирования. Из рассмотренных городов только в Лондоне функционируют устойчивые механизмы финансирования, напрямую интегрированные в систему территориального планирования (CIL, Community Infrastructure Levy). В Хельсинки, Эдинбурге и Фрайбурге финансирование реализуется преимущественно в рамках программных и проектных мероприятий, без отдельного закрепления специализированных экономических механизмов.

### **Выводы и рекомендации для российской практики**

На основе анализа можно выделить следующие направления, потенциально применимые в системе территориального планирования РФ:

1. Нормативное закрепление ВЗК в документах территориального планирования и градостроительного зонирования, с установлением требований к его составу, функциям и связи с инженерной и транспортной инфраструктурой.
2. Формирование пространственной иерархии и связности элементов ВЗК с выделением муниципального, квартального и локального уровней, обеспечивающих экологическую и планировочную целостность территории.
3. Регламентное включение ВЗК в состав проектов планировки территории как обязательного раздела, отражающего состав и параметры элементов водно-зеленой инфраструктуры.
4. Детальное закрепление элементов ВЗК в графических материалах генеральных планов и ПЗЗ с отображением границ, функциональной специализации и режимов использования территорий.
5. Интеграция водосберегающих и климатических решений в нормативно-техническую базу (СП, правила благоустройства, региональные стандарты) с обязательным применением при проектировании и реконструкции объектов.
6. Включение мероприятий по формированию и восстановлению ВЗК в программы комплексного развития коммунальной и транспортной инфраструктуры, а также в

муниципальные программы благоустройства, что позволит увязать экологические и инженерные мероприятия.

7. Разработка методических рекомендаций по оценке вклада элементов ВЗК в снижение гидрологических рисков, улучшение микроклимата и повышение качества городской среды, с последующим внедрением таких оценок в процедуры согласования градостроительных проектов.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что грамотное формирование и эффективное функционирование водно-зеленого каркаса возможно только при его нормативном закреплении в градостроительной документации. Зарубежная практика демонстрирует, что правовое обеспечение статуса ВЗК позволяет сформировать его пространственную целостность, функциональную иерархию, сопряжение с инженерной и транспортной инфраструктурой, а также интеграцию водосберегающих и климатических решений. Для отечественной градостроительной практики ключевым выводом является необходимость перехода от декларативного упоминания ВЗК в стандартах к его детализированному закреплению в нормативно-технической базе и обязательному отражению в градостроительной документации – генеральных планах, правилах землепользования и застройки, проектах планировки территорий. Только законодательное закрепление ВЗК как структурного элемента планировочной организации города способно обеспечить условия для формирования устойчивой, экологически сбалансированной и комфортной городской среды.

#### **Источники иллюстраций**

- Рис. 1. [25], интерпретация и перевод автора.
- Рис. 2. [26], перевод автора.
- Рис. 3. [27], перевод автора.
- Рис. 4. [28], перевод автора.
- Рис. 5. [29], перевод автора.
- Рис. 6. Схема автора.

#### **Список источников**

1. Дубино А.М. Анализ зарубежного опыта водосберегающего проектирования городских территорий / А.М. Дубино, М.В. Пьеркова // *Техническая эстетика и дизайн-исследования*. 2021. Т. 3. № 3. С. 24-33. DOI: 10.34031/2687-0878-2021-3-3-24-33 EDN: VNQDVY
2. Родоман Б.Б. Поляризованная биосфера // *Земля и люди. Попул. геогр. ежегодник*. Москва: Мысль, 1975. С. 285-289.
3. Владимиров В.В. Актуальность предпосылки экологического программирования в районной планировке // *Вопросы географии*. Москва: Мысль, 1980. № 113. С. 109-117.
4. Сохина Э.Н. Экологический каркас территории как основа системного нормирования природопользования // *Проблемы формирования стратегии природопользования*. Владивосток; Хабаровск: ДВО АН СССР, 1991. С. 194-200.
5. Кавалаяускас П. Системное проектирование сети особо охраняемых территорий // *Геоэкологические подходы к проектированию природно-технических геосистем*. Москва: ИГ АН СССР, 1985. С. 145-153.
6. Краснощекова Н.С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов. Учебное пособие. Москва: «Архитектура-С», 2010, 183 с.
7. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. Москва: Мысль, 1990. 637 с.

8. Гриднев Д.З. Природно-экологический каркас в территориальном планировании муниципальных образований: специальность 25.00.36 «Геоэкология (по отраслям)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / Гриднев Дмитрий Зауриевич. Москва, 2011. 195 с.
9. Волков Ю.В. Современные подходы и основные понятия территориальной охраны природы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2012. Т. 12, вып. 2. С. 3-10. DOI: 10.18500/1819-7663-2012-12-2-3-10
10. Елизаров А.В. Экологический каркас – стратегия степного природопользования // Степной бюллетень. 1998. Вып. 2-4. С. 76-91.
11. Колбовский Е.Ю. Ландшафтное планирование: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Экология», «Природопользование» направления подготовки «Экология и природопользование». Москва: Академия, 2008.
12. Пономаренко С.В. Проект «Зеленая стена России» / С.В. Пономаренко, Е.В. Пономаренко, Г.Ю. Офман, В.П. Хавкин. Москва: СоЭС, Лаб. экол. проектирования, 1994. 24 с.
13. Тишков А.А. Охраняемые природные территории и формирование каркаса устойчивости // Оценка качества окружающей среды и экологическое картографирование. Невель: ИГ РАН, 1995. С. 94-107.
14. Алаев Э.Б. Биосферный каркас и урбанизированные зоны // Физико-географические аспекты изучения урбанизированных территорий: Тез. докл. науч. конф. Ярославль, 1992. С. 5.
15. Климанова О.А. Зеленая инфраструктура города: оценка состояния и проектирование развития / О.А. Климанова, Е.Ю. Колбовский, О.А. Илларионова. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2020. 324 с.
16. Благовидова Н.Г. Применение экосистемного подхода к регенерации нарушенных городских территорий г. Мурманска / Н.Г. Благовидова, Д.В. Девятков // Architecture and Modern Information Technologies. 2024. № 4(69). С. 239-255. URL: [https://marhi.ru/AMIT/2024/4kvart24/PDF/17\\_blagovidova.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2024/4kvart24/PDF/17_blagovidova.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2024-4-239-255 EDN: ATLQFI
17. Благовидова Н.Г. От города-сада к био-цифровому городу / Н.Г. Благовидова, Н.В. Юдина // Architecture and Modern Information Technologies. 2020. № 3(52). С. 277-294. URL: [https://marhi.ru/AMIT/2020/3kvart20/PDF/16\\_blagovidova.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2020/3kvart20/PDF/16_blagovidova.pdf) DOI: 10.24411/1998-4839-2020-15216
18. Шубенков М.В. Подходы к регулированию антропогенного воздействия на источники природного водоснабжения / М.В. Шубенков, М.Ю. Шубенкова // Architecture and Modern Information Technologies. 2022. № 4(61). С. 306-321. URL: [https://marhi.ru/AMIT/2022/4kvart22/PDF/21\\_shubenkov.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2022/4kvart22/PDF/21_shubenkov.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2022-4-306-321
19. Benedict M.A., McMahon E.T. Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century // Renewable Resources Journal. 2002. Vol. 20, № 3. P. 12-17.
20. Tzoulas K., Korpela K., Venn S., Yli-Pelkonen V., Kazmierczak A., Niemela J., James P. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review // Landscape and Urban Planning. 2007. Vol. 81. № 3. P. 167-178.
21. Bowler D.E., Buyung-Ali L., Knight T.M., Pullin A.S. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence // Landscape and Urban Planning. 2010. Vol. 97. № 3. P. 147-155.

22. Gomez-Baggethun E., Barton D. N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning // *Ecological Economics*. 2013. Vol. 86. P. 235-245.
23. Дубино А.М. Многоуровневый подход к формированию водно-зеленого каркаса города с применением водосберегающих технологий // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2025. №2(71). С. 232-248. URL: [https://marhi.ru/AMIT/2025/2kvart25/PDF/14\\_dubino.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2025/2kvart25/PDF/14_dubino.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2025-2-232-248 EDN: QOAOGO
24. Дубино А.М. Нормативное обеспечение формирования водно-зеленого каркаса в российской градостроительной практике. В сборнике: Неделя науки Инженерно-строительного института – 2025. Сборник материалов Всероссийской конференции. Санкт-Петербург, 2025. С. 21-23.
25. Gradinaru S.R., & Hersperger A.M. Green infrastructure in strategic spatial plans: Evidence from European urban regions. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2018. DOI: 10.1016/j.ufug.2018.04.018
26. The London Plan. The Spatial Development Strategy for Greater London. London: GLA, 2021. 542 p.
27. City of Helsinki. Helsingin viher- ja virkistysverkoston kehittämissuunnitelma – VISTRA II (Recreational and Green Network Plan 2050). Helsinki: City of Helsinki, 2016. 81 p.
28. City Plan 2030 Environmental Report (Strategic Environmental Assessment). Draft Version, January 2020. Edinburgh: City of Edinburgh Council, 2020. 207 p.
29. Landschaftsplan Freiburg 2040 – Langfassung der Raumanalyse (Landscape Plan Freiburg 2040 – Full Version of the Spatial Analysis). Freiburg, 2023. 167 p.

## References

1. Dubino A., Per'kova M. Analysis of foreign experience in water-saving design of urban territories. *Technical Aesthetics and Design Research*, 2021, no. 3(3), pp. 24-33. DOI: 10.34031/2687-0878-2021-3-3-24-33
2. Rodoman B.B. *Poljarizovannaja biosfera. Zemlja i ljudi. Popul. geogr. ezhegodnik* [Polarized biosphere. Earth and People. Popular Geographic Yearbook]. Moscow, 1975, pp. 285-289.
3. Vladimirov V.V. *Aktual'nost' predposylki jekologicheskogo programmirovaniya v rajonnoj planirovke. Voprosy geografii* [Relevance of the premise of ecological programming in regional planning. Problems of Geography]. Moscow, 1980, no. 113, pp. 109-117.
4. Sokhina E.N. *Jekologicheskij karkas territorii kak osnova sistemnogo normirovaniya prirodnopol'zovanija. Problemy formirovaniya strategii prirodnopol'zovanija* [Ecological framework of the territory as a basis for systemic regulation of nature management. Problems of Developing a Strategy for Nature Management]. Vladivostok; Khabarovsk: Far Eastern Branch of the USSR Academy of Sciences, 1991, pp. 194-200.
5. Kavaliauskas P. *Sistemnoe proektirovanie seti osobo ohranjaemyh territorij. Geojekologicheskie podhody k proektirovaniju prirodno-tehnicheskikh geosistem* [System design of a network of specially protected areas. Geoecological Approaches to the Design of Natural-Technical Geosystems]. Moscow: Institute of Geography of the USSR Academy of Sciences, 1985, pp. 145-153.

6. Krasnoshchekova N.S. *Formirovanie prirodnogo karkasa v general'nyh planah gorodov. Uchebnoe posobie* [Formation of the natural framework in master plans of cities. Textbook]. Moscow: Arkhitektura-S, 2010, 183 p.
7. Reimers N.F. *Prirodopol'zovanie: slovar'-spravochnik* [Nature management: Dictionary-reference book]. Moscow, 1990, 637 p.
8. Gridnev D.Z. *Prirodno-jekologicheskij karkas v territorial'nom planirovanii municipal'nyh obrazovanij (kand. dis.)* [Natural-ecological framework in territorial planning of municipalities. PhD Dissertation (Geography)]. Moscow, 2011, 195 p.
9. Volkov Yu.V. Modern approaches and key concepts of territorial nature conservation. *Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Earth Sciences*, 2012, vol. 12, no. 2, pp. 3-10. DOI: 10.18500/1819-7663-2012-12-2-3-10
10. Elizarov A.V. Ecological framework as a strategy of steppe nature management. *Steppe Bulletin*, 1998, iss. 2-4, pp. 76-91.
11. Kolbovskii E.Yu. *Landshaftnoe planirovanie: uchebnoe posobie dlja studentov vuzov, obuchajushhihsja po special'nostjam «Jekologija», «Prirodopol'zovanie» napravlenija podgotovki «Jekologija i prirodopol'zovanie»* [Landscape planning. Textbook for university students in "Ecology" and "Nature Management"]. Moscow, 2008.
12. Ponomarenko S.V., Ponomarenko E.V., Ofman G.Yu., Khavkin V.P. *Proekt «Zelenaja stena Rossii»* [Project "Green Wall of Russia"]. Moscow, 1994, 24 p.
13. Tishkov A.A. *Ohranjaemye prirodnye territorii i formirovanie karkasa ustojchivosti. Ocenka kachestva okruzhajushhej sredy i jekologicheskoe kartografirovanie* [Protected natural areas and formation of the framework of sustainability. Environmental Quality Assessment and Ecological Mapping]. Nevel: Institute of Geography RAS, 1995, pp. 94-107.
14. Alaev E.B. *Biosfernyj karkas i urbanizirovannye zony. Fiziko-geograficheskie aspekty izuchenija urbanizirovannyh territorij: Tez. dokl. nauch. Konf.* [Biospheric framework and urbanized areas. Physical-Geographical Aspects of the Study of Urbanized Territories: Abstracts of the Scientific Conference]. Yaroslavl, 1992, p. 5.
15. Klimanova O.A., Kolbovskii E.Yu., Illarionova O.A. Green infrastructure of the city: assessment of the state and development planning. Moscow, KMK Scientific Press Association, 2020, 324 p.
16. Dubino A.M. A multilevel approach to planning an urban blue-green framework using water-saving technologies. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2025, no. 2(71), pp. 232-248. Available at [https://marhi.ru/AMIT/2025/2kvart25/PDF/14\\_dubino.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2025/2kvart25/PDF/14_dubino.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2025-2-232-24
17. Dubino A.M. Regulatory framework for the formation of the blue-green Infrastructure in Russian urban planning practice. In: Science Week of the Civil Engineering Institute – 2025. Proceedings of the All-Russian Conference. St. Petersburg, 2025, pp. 21-23.
18. Blagovidova N.G., Devyatov D.V. Application of the ecosystem approach to the regeneration of disturbed urban areas in the city of Murmansk. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2024, no. 4(69), pp. 239-255. Available at: [https://marhi.ru/AMIT/2024/4kvart24/PDF/17\\_blagovidova.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2024/4kvart24/PDF/17_blagovidova.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2024-4-239-255
19. Blagovidova N.G., Iudina N.V. From garden city to bio-digital city. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2020, no. 3(52), pp. 277-294. Available at: [https://marhi.ru/AMIT/2020/3kvart20/PDF/16\\_blagovidova.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2020/3kvart20/PDF/16_blagovidova.pdf) DOI: 10.24411/1998-4839-2020-15216

20. Shubenkov M.V., Shubenkova M.Yu. New approaches to regulation of anthropogenic impact on sources of natural water supply. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2022, no. 4(61), pp. 306–321. Available at: [https://marhi.ru/AMIT/2022/4kvart22/PDF/21\\_shubenkov.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2022/4kvart22/PDF/21_shubenkov.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2022-4-306-321
21. Benedict M. A., McMahon E. T. Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century // *Renewable Resources Journal*. 2002. Vol. 20, № 3. Pp. 12-17.
22. Tzoulas K., Korpela K., Venn S., Yli-Pelkonen V., Kazmierczak A., Niemela J., James P. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review // *Landscape and Urban Planning*. 2007. Vol. 81, № 3. Pp. 167-178.
23. Bowler D. E., Buyung-Ali L., Knight T. M., Pullin A. S. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence // *Landscape and Urban Planning*. 2010. Vol. 97, № 3. P. 147-155.
24. Gomez-Baggethun E., Barton D. N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning // *Ecological Economics*. 2013. Vol. 86. P. 235-245.
25. Gradinaru S.R., Hersperger A.M. Green infrastructure in strategic spatial plans: Evidence from European urban regions. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2018. DOI: 10.1016/j.ufug.2018.04.018
26. The London Plan. The Spatial Development Strategy for Greater London. London, Greater London Authority, 2021, 542 p.
27. City of Helsinki. Helsingin viher- ja virkistysverkoston kehittämissuunnitelma – VISTRA II (Recreational and Green Network Plan 2050). Helsinki, City of Helsinki, 2016, 81 p.
28. City Plan 2030 Environmental Report (Strategic Environmental Assessment). Draft Version, January 2020. Edinburgh, City of Edinburgh Council, 2020, 207 p.
29. Landschaftsplan Freiburg 2040 – Langfassung der Raumanalyse (Landscape Plan Freiburg 2040 – Full Version of the Spatial Analysis). Freiburg, 2023, 167 p.

## ОБ АВТОРЕ

### **Дубино Анастасия Михайловна**

Аспирант кафедры «Архитектура и градостроительство», Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова), Белгород, Россия  
[anastuzi@gmail.com](mailto:anastuzi@gmail.com)

## ABOUT THE AUTHOR

### **Dubino Anastasia M.**

Postgraduate Student of the Department of «Architecture and Urban Planning», BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia  
[anastuzi@gmail.com](mailto:anastuzi@gmail.com)

---

Статья поступила в редакцию 05.08.2025; одобрена после рецензирования 22.09.2025; принята к публикации 25.09.2025.