

Устойчивое развитие и управление зеленым каркасом на примере города Москвы

О.В. Семенюк, Г.В. Стома, В.М. Телеснина, Л.Г. Богатырев*

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
РФ, 119991, Москва, Ленинские горы, 1-12

* Адрес для переписки: olgatour@rambler.ru

Реферат. Современные тенденции формирования урбоэкосистем основываются на концепции устойчивого развития биосферы. Одним из наиболее эффективных инструментов создания устойчивой и благоприятной экологической среды на городских территориях является зеленый каркас города. В Москве управление городским озеленением осуществляется на основании ряда законов, которые направлены на поддержание баланса зеленых насаждений, оптимизацию экологического состояния среды, сохранения биоразнообразия и т.д. Основным принцип формирования зеленого каркаса города – интеграция природных компонентов в существующую городскую ткань. Однако в концепции городского озеленения прослеживается снижение роли природных экосистем, наиболее эффективно обеспечивающих сохранение природного биоразнообразия и устойчивости зеленого каркаса, а также отход от ландшафтной основы формирования зеленого каркаса. В качестве механизма управления зеленым каркасом целесообразно использовать подход, основанный на оценке стоимости экосистемных услуг ландшафтов и их компонентов. Московское правительство активно работает над вопросами развития зеленого каркаса города, что отражается в системе законов по его управлению, которые вносят значительный вклад в решение экологических вопросов как локального, так и глобального уровня. Однако, перспектива развития города, по-видимому, будет связана с дальнейшей утерей ландшафтной основы и его непрерывности, а также снижением доли природных экосистем и увеличением доли искусственных в структуре зеленого каркаса города, что значительно снизит устойчивость городских территорий.

Ключевые слова. Урбоэкосистемы, устойчивое развитие, природные экосистемы, экосистемные услуги, биоразнообразие.

Sustainable development and green framework management: Moscow city

O.V. Semenyuk, G.V. Stoma, V.M. Telesnina, L.G. Bogatyrev*

Lomonosov Moscow State University,
1-12, Leninskiye Gory, Moscow, Russian Federation

Abstract. Current trends in the formation of urban ecosystems are based on the concept of sustainable development of the biosphere. One of the most effective tools for creating a sustainable and favorable ecological environment in urban areas is the green framework of the city. In Moscow, urban landscaping is managed on the basis of a number of laws aimed at maintaining the balance of green spaces, optimizing the ecological state of the environment, preserving biodiversity, etc. The basic principle of forming the green framework of the city is the integration of natural components into the existing urban fabric. However, the concept of urban landscaping shows a decrease in the role of natural ecosystems, which most effectively ensure the preservation of natural biodiversity and the sustainability of the green framework, as well as a departure from the landscape basis for the formation of a green framework. As a mechanism for managing the green framework, it is advisable to use an approach based on the assessment of the cost of ecosystem services of landscapes and their components. The Moscow government is actively working on the development of the city's green framework, which is reflected in the system of laws governing its management, which make a significant contribution to solving environmental issues at both the local and global levels. However, the prospect of the city's development is likely to be associated with a further loss of the landscape foundation and its continuity, as well as a decrease in the share of natural ecosystems and an increase in the share of artificial ones in the structure of the city's green framework, which will significantly reduce the sustainability of urban areas.

Keywords. Urban ecosystems, sustainable development, natural ecosystems, ecosystem services, biodiversity.

Введение

Градостроительный кодекс РФ сформулировал понятие устойчивого развития поселений и закрепил такие основополагающие принципы обеспечения устойчивого развития, как согласование интересов всех участников градостроительной деятельности, права граждан на благоприятную среду жизнедеятельности, на обсуждение и принятие решений по проблемам развития городов (Градостроительный кодекс..., 2004)¹⁾.

Устойчивое развитие городов – это развитие городских территорий, обеспечивающее сбалансированное формирование городской среды с учетом экономической, социальной и экологической составляющих. Градостроительные решения определяют не только пространственную организацию жизнедеятельности человека, но и отражают взаимодействие человека и природы. В рамках архитектурной деятельности как ключевой элемент устойчивого

¹⁾ Градостроительный кодекс Российской Федерации. № 190-ФЗ от 29.12.2004 Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2022 году / под редакцией О.А. Кульбачевского/. – Москва, 276 с.

городского развития рассматривается концепция, которая базируется на организации сбалансированного взаимодействия антропогенной и природной сред (Шубенков, 2024). Предлагаемая модель на основе данной концепции описывает структурную организацию урбанизированной и природной территорий посредством их зонирования и выделения между ними специальной зоны, связанной с организацией компенсационных и адаптивных межсредовых процессов. Модель основана на системном представлении об урбанизированной среде как общей природно-антропогенной структуре и включает три основные составляющие: 1) ядро – жилая зона (призвана обеспечивать все необходимые потребности населения); 2) буферная зона – окружает ядро (зона расположения предприятий, применяются технологии, обеспечивающие переработку и подготовку ресурсов для передачи в другие зоны); 3) внешняя природная зона – природное окружение (естественно-природная, способная к самоорганизации и самовосстановлению коренных биоценозов). Основной принцип – интеграция природных компонентов в существующую городскую ткань.

Природные компоненты в городской среде объединяются в зеленую инфраструктуру, которая является одним из наиболее эффективных инструментов формирования благоприятной экологической среды и устойчивости городских территорий. Под зеленой инфраструктурой понимается «средостабилизирующая территориальная система» – совокупность свободных от антропогенных элементов (т.е. незастроенных и незапечатанных) участков, обеспечивающая поддержание экологической стабильности территории за счет выполнения экологических функций природных экосистем. Основу экологического каркаса составляет «зеленый каркас города» – совокупность зеленых насаждений, включающую различные категории озелененных территорий (Устойчивое развитие городов..., 2019).

В мировой практике озеленения городов имеется устойчивая тенденция сближения зеленых насаждений с естественными растительными сообществами, а также создания максимально естественного вида у зеленых островков в урбанизированном окружении. Возникло такое направление как экологический или ландшафтный урбанизм, одной из функций которого является возможность компенсировать изменения климата (Садковская, 2018). Интеграция лесов в систему зеленого каркаса позволяет добиться климатического баланса, минимизировать эффект городского теплового острова, улучшить водный режим и обеспечить стабильность экосистем (Стородубцева и др., 2025). В международной практике (Германия, Сингапур, Канада) можно выделить ряд успешных примеров формирования зелёного каркаса, позволяющих охранить экологическое разнообразие на урбанизированной территории (Слободян, 2020).

К ключевым характеристикам зеленого каркаса относят: пространственное единство, в том числе, и с внегородскими территориями (непрерывность), существование на разных уровнях иерархии (от маленького рукотворного сквера до городского леса естественного происхождения), экологичность (опора на природную ландшафтную структуру), многофункциональность (способность к выполнению разнообразных задач).

Зеленый каркас города выполняет важнейшие экологические функции, является ведущим механизмом мягкого управления городской средой. Стратегической задачей формирования такого каркаса, является поддержание экологического равновесия всей градостроительной системы, другими словами, устойчивого развития города. Каркас выполняет множество функций: биоклиматическую, сохранения биоразнообразия, средообразующую, по организации пространства для жизни человека, а также социокультурную и рекреационную (Баранова, 2025).

Актуальность работ по теории и практике зеленого каркаса не вызывает сомнений. Комплексное масштабное исследование зеленой инфраструктуры и в том числе зеленого каркаса для крупнейших городов России проведено О.А. Климановой с соавторами (2020), где освещены вопросы качественной и количественной оценки состояния зеленого каркаса, выполняемых им экосистемных услуг, перспектив развития, а также рассматриваются документы, регламентирующие озеленение городов. Проблемы зеленого каркаса Воронежа, Волгограда, Пензы нашли отражения в работах, посвященных его характеристике, методам оценки его устойчивости и вопросам дальнейшего развития (Стородубцева и др., 2025; Прокопенко, 2023; Китанин, Азарова, 2024).

Сохранение природного биоразнообразия является важнейшей функцией зеленого каркаса, обеспечивающей условия устойчивого развития экосистем. Изучению состояния зеленой составляющей урбозэкосистем и влияния на него антропогенных факторов, а также вопросам мониторинга всегда уделялось особое внимание (Рысина, Рысин, 1987; Состояние зеленых ..., 2000; Якубов, 2005; Рысин и др., 2012).

Огромное значение для сохранения биоразнообразия в урбозэкосистемах, в том числе и возможности произрастания редких и исчезающих видов, играет существующая сеть особо охраняемых природных территорий – ООПТ (Таранец, Попова, 2024). Однако, находясь в урбанизированной среде, естественно, ООПТ испытывают антропогенную нагрузку, в результате чего природные геосистемы преобразуются в природно-антропогенные (Воронова и др., 2023).

В современных условиях интенсивной урбанизации особое внимание привлекают города с высокой концентрацией населения и, как следствие, значительным числом экологических проблем, решение которых в значительной мере связано с зеленым каркасом и его управлением. К городам мегаполисам относится Москва, где в зеленом каркасе охраняемые территории имеют особое экологическое значение. В Москве в 2022 году насчитывалось 145 ООПТ, общая площадь которых составила около 20 тыс. га и включала памятники природы (более 70%), национальные и природно-исторические парки, заказники, экологические парки (Доклад..., 2023), которые выполняют широкий набор функций: природоохранную, научную, культурную, эстетическую, рекреационную и оздоровительную (Рысин, Кобяков, 2016). Территории бывших ООПТ Москвы являются депозитариями экосистем, характеризующихся природным биоразнообразием практически аналогичным зональным (Семенюк и

др., 2024). Относительно высокое видовое разнообразие лесных территорий ООПТ Москвы указывает на устойчивость этих экосистем. С другой стороны, Московская городская агломерация характеризуется интенсивным антропогенным воздействием, как прямым, так и опосредованным (климатические условия, рекреация, техногенное воздействие и др.), что необходимо учитывать при разработке подходов в управлении зеленым каркасом. Решение вопросов его формирования и устойчивого развития обеспечивается рядом законодательных документов городского уровня.

Целью исследования является анализ некоторых подходов к формированию и управлению зеленым каркасом города Москвы и разработка предложений по их оптимизации в рамках концепции устойчивого развития.

Методы и материалы исследования

Исследование проведено на основе законодательных документов правительства Москвы, регулирующих озеленение города, и обобщении авторских материалов и литературных сведений по ряду аспектов, связанных с зеленым каркасом города. Статья носит обзорный характер, а также отражает экспертную позицию авторов, основанную в основном на результатах собственных исследований по заявленной теме.

Изучались такие функции зеленого каркаса как сохранение природного биоразнообразия и депонирование углерода на примере наиболее чувствительных к антропогенному влиянию хвойных насаждений охраняемых природных территорий Москвы: природно-исторический парк Битцевский лес (ельник зеленчуковый и ельник зеленчуково-медуничный с участием широколиственных пород); национальный парк Лосиный остров (ельник кисличный с участием сосны и ельник ландышево-кисличный с участием дуба); Измайловский парк (лиственничник кислично-зеленчуковый). Кроме того, в качестве фоновых объектов выбраны сосняк ландышево-кисличный в Раменском районе Московской области и ельник кислично-зеленчуковый в Солнечногорском районе Московской области.

Биоразнообразие оценивалось по характеристике живого напочвенного покрова, который, в отличие от древесного яруса является хорошим индикатором локальных экологических условий и антропогенного воздействия. Изучение растительности проводили на основе геоботанического описания и последующей оценки живого напочвенного покрова в рамках эколого-ценотической классификации А.А. Ниценко (1969) – каждый вид живого напочвенного покрова был отнесен к одной из эколого-ценотических свит. Интерес представляет не только флористический состав живого напочвенного покрова, но и соотношение видов разных экологических групп (свит) – еловых (бореальные виды), неморальных, опушечных, сорно-рудеральных и т.п., которые были определены для объектов исследования.

Потенциал депонирования углерода определялся на основе изучения подстилок и прежде всего их морфологического строения, и оценки запасов. Для каждого типа насаждений исследовались подстилки в 15-кратной повтор-

ности. Типологическая принадлежность подстилок определяется по классификации Л.Г. Богатырева (1990) – в соответствии с последней подстилки могут быть классифицированы как деструктивные (состоят только из подгоризонта L, представленного опадом прошлых лет), ферментативные (подгоризонты L и F), либо гумифицированные (подгоризонты L, F, H). Усложнение строения профиля подстилок сопровождается увеличением их запасов и способности аккумулировать углерод. Лесная подстилка чрезвычайно неоднородна как в вертикальном, так и в латеральном направлении (Богатырев и др., 2004), что наиболее ярко проявляется для хвойных насаждений в связи с влиянием фитогенного поля деревьев. Поэтому отбор подстилок проводился в соответствии с элементами тессеры, под которой понимают совокупность приствольного, подкронового и межкронового пространств (Карпачевский и др., 2007). Практически все показатели подстилок (мощность, запасы, типология, фракционный состав и т.д.) в разных компонентах тессеры различаются, а при антропогенном воздействии отмечается конвергенция их свойств (Семенюк и др., 2020; Семенюк и др., 2024). Для оценки такого природного пространственного биоразнообразия в пределах биогеоценоза использовался коэффициент дифференциации в тессере, представляющий собой соотношение максимального и минимального запаса подстилки в ее пределах. Статистический анализ полученных результатов проводили с использованием программы Statistica 6 при уровне значимости $\alpha = 0.05$. Оценка депонирования углерода проводилась также с использованием калькулятора Ex-Act (Ex-Ante Carbon-balance ..., 2017).

Результаты

Необходимо отметить, что при решении вопросов, связанных с управлением зеленой инфраструктурой, признается, что зеленый каркас — основа устойчивого развития Москвы. Его сохранение и расширение – ключевые приоритеты в условиях климатических изменений и растущей нагрузки на экосистему. Именно зеленая инфраструктура станет главным инструментом в создании комфортной, живой городской среды²⁾ (Зеленый каркас..., 2025). В законе об охране и использовании зеленого фонда в городе Москве от 13.11.2024³⁾ определено, что «зеленый каркас города Москвы (далее – зеленый каркас) – совокупность особо охраняемых природных территорий, а также иных территорий зеленого фонда, имеющих особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное, оздоровительное значение и обеспечивающих экосистемную, и территориальную связность и доступность территорий зеленого фонда».

²⁾ Зеленый каркас Москвы: почему это важно для людей, птиц и растений. 1 июля 2025. www.vedomosti.ru.

³⁾ Закон г. Москвы от 13.11.2024г. №27 «Об охране и использовании зеленого фонда в городе Москве» - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1310230795>.

В основе определения лежит представление о зеленом каркасе как сумме отдельных доступных объектов зеленой структуры, собранных в некую территориальную общность. «Экосистемная связность» в новом законе последующей расшифровки не получила, что не предоставляет возможности ее каким-то образом «измерить» или однозначно трактовать при практическом применении. При этом естественная визуально различимая структура местности (рельеф, гидрография и др.), а также зеленые коридоры-связки в определение «зеленого каркаса по-московски» не включены. В классическом представлении эколого-обоснованного градостроительства в понятие «каркас» был заложен, прежде всего, ландшафтный, природный смысл – «взаимувязанные территории, с преобладанием растительных и (или) водных объектов, выполняющие преимущественно средозащитные, средообразующие, рекреационные и оздоровительные функции». Смысловая нагрузка предложенного базового термина «каркаса» свидетельствует об отходе от природо-ориентированного градостроительного планирования и отделению городской ткани от природной основы с утратой устойчивости ландшафтной структуры (Баранова, 2025).

Достоинством нового закона об использовании зеленого фонда Москвы является введение понятия экосистемной функции и ее учет при управлении зеленым фондом. «Экосистемные функции – прямые и косвенные выгоды, обеспечиваемые зелеными насаждениями, территориями зеленого фонда как частью экологической системы города Москвы, выраженные в удовлетворении потребностей города Москвы и его жителей в благоприятных условиях окружающей среды, в том числе в насыщении воздуха кислородом, очистке воздуха от углекислого газа и загрязнений, шумо- и пылепоглощении, снижении колебаний температуры воздуха, обеспечении биоразнообразия и среды обитания растений и животных, в обеспечении жителей города Москвы возможностями для отдыха, досуга, занятий спортом, туризмом, обеспечении адаптации экосистем города Москвы к изменениям климата».

Однако, при безусловной экологической направленности введения данного термина, необходимо отметить аспекты, вызывающие некоторые сомнения и недоумения. В соответствии с отечественными и международными представлениями, выгоды, которые получает человек от природы, это – экосистемные услуги. Экосистемные услуги – экономическое понятие и представляют собой монетизированную форму экологических функций природных компонентов и экосистемы в целом. Широкое внимание, к концепции «экосистемных услуг» было привлечено после работ R. Costanza (Costanza et al., 1997) и G. Daily (1997), в которых сформулирована совокупность понятий и даны первые оценки возможной стоимости экосистемных услуг. В настоящее время работа по типизации и согласованию списка экосистемных функций и услуг и поиск методов их монитизации продолжается (Millennium Ecosystem Assessment..., 2005; Бобылев, Захаров, 2009; Common..., 2013; Haines-Young, Potschin, 2014; TEEB процессы ..., 2014; Конюшков, 1915; Экосистемные..., 2016; 2020; Климанова и др., 2020). Подходы и методы учета заявленных экосистемных функций в тексте документа не раскрываются. В то же время

общепризнанно, что вышеупомянутые экосистемные услуги как раз и являются реальным механизмом регулирования деятельности человека в области природопользования, что применимо и для городских территорий.

Примером такого расчета является работа Семенюк О.В. и соавт. (2021), в которой проведена оценка стоимости экосистемных услуг (ЭУ) двух ландшафтов города Москвы: парково-рекреационного и селитебного (табл. 1).

Таблица 1. Удельная стоимость экосистемных услуг ландшафтов города Москвы, тыс. руб./га (Семенюк и др., 2021)

Table 1. Unit cost of ecosystem services for Moscow's urban landscapes, thousand rubles/ha (Semenyuk, 2021)

Экосистемные услуги	Парково-рекреационные ландшафты	Селитебные ландшафты
Обеспечивающие	2350	650
Регулирующие	7740	6010
Культурные	2480	8000
Сумма	12570	14660

В Юго-Западном округе г. Москвы в качестве парково-рекреационного ландшафта послужил лесопарк «Битцевский лес» – на момент проведения работ особо охраняемая природная территория (ООПТ), а селитебного – дворовые территории района Ясенево. Стоимость экосистемных услуг ландшафтов определялась как сумма стоимости услуг, ассоциированных с выполнением функций древесных насаждений и почв, характеризующихся различным экологическим состоянием. Учитывались особенности функций самих ландшафтов, оценивались обеспечивающие, регулирующие и культурные услуги.

Отмечено, что ценность услуг, ассоциированных с почвой, примерно в 20-35 раз выше, по сравнению с услугами, оказываемыми древесной растительностью, что, очевидно, обусловлено трудной возобновляемостью почвы. Данный факт служит подтверждением известного опыта глобальной оценки экосистемных услуг (Costanza et al., 1997), который дал суммарную годовую оценку в среднем в 33 трлн долл. США, где доля ценности почвообразования составила 17.1 трлн долл. США. Таким образом, этот аспект особенно важен при проведении оценке экосистемных услуг городских почв, что отмечалось в работе Е.Д. Конюшкова (2015).

Результаты расчетов показали, что суммарная стоимость ЭУ селитебных ландшафтов выше, чем парково-рекреационных, что определяется высокой стоимостью культурных услуг, которые очень актуальны и востребованы именно на селитебных территориях и превышают по стоимости блок экологических услуг (обеспечивающих и регулирующих).

Как и следовало ожидать, ландшафты «Битцевского леса» характеризуются наибольшей стоимостью ЭУ экологического блока, что, прежде всего, определяется показателями его экологического состояния и абсолютным доминированием ненарушенных природных экосистем в структуре территории паркового ландшафта. Ненарушенные и малонарушенные экосистемы

выполняют свои экологические функции, предоставляя экосистемные услуги в полном объеме.

Что касается функций, выполняемых зеленым каркасом города, то их можно рассматривать в различных аспектах, один из которых представлен на рис. 1.

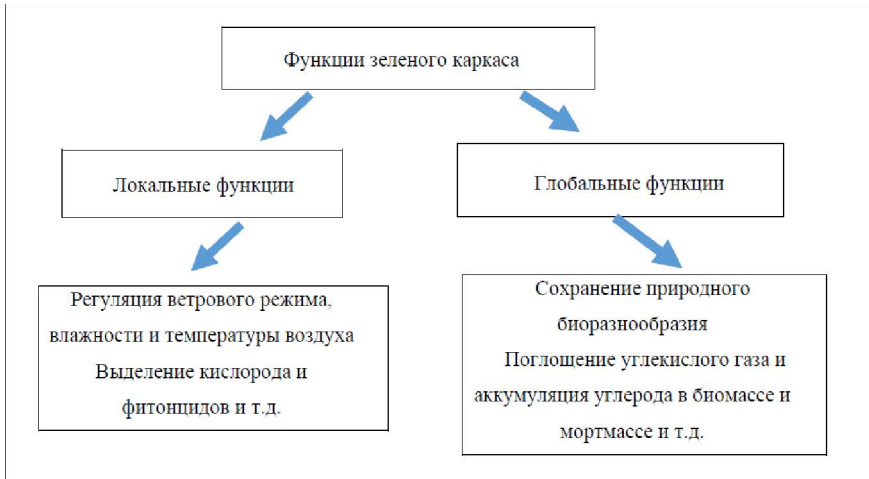


Рисунок 1. Группировка функции зеленого каркаса города

Figure 1. Grouping the city's green framework functions

Уникальность зеленого каркаса городов заключается в том, то он принимает участие в решении экологических проблем различного уровня от локальных до глобальных, что созвучно разделению экосистемных услуг по критерию оценки в зависимости от масштаба территории (Экосистемные..., 2020).

К функциям, выполняемым зелеными насаждениями, на локальном уровне можно отнести средообразующие: регулирование температурного режима и влажности воздуха, регулирование ветрового режима, и уровня солнечной инсоляции, выделение кислорода и фитонцидов, поглощение пыли и т.д.

Оценка экосистемных услуг на локальном (точечном) уровне в настоящее время ставится только как задача на перспективу, а имеющиеся сведения единичны и немонетарны. Примером может служить экосистемная услуга растительности по очистке воздуха. Ее реализация наиболее значима в районах с выраженным загрязнением атмосферы вследствие выбросов от стационарных и передвижных источников, то есть на городских территориях. Ее стоимость практически не приводится. Приводится оценка услуги как соотношение между предоставленным и необходимым объёмом услуги городских и пригородных лесов, показывающих долю загрязнителей, улавливаемых пригородными лесами. Выбросы пыли в Москве и Московской области составляют 7764 т/ год, а поглощение – 4169, т.е. 54%, а газов, соответственно, 114071 т/год и 5829 (5.1%) (Экосистемные..., 2020).

Глобальные функции городов связаны с ролью урбанизированных территорий на биосферном уровне, прежде всего это сохранение природного биоразнообразия и участие в решение климатических проблем за счет погло-

щения углекислого газа и аккумуляции углерода из атмосферы в биомассе и мертвом органическом веществе – детрите.

Результаты исследования живого напочвенного покрова в условиях сосновых насаждений Москвы показали неморализацию (устойчивое преобладание видов неморальных групп) и обилие эвтрофных и нитрофильных видов по сравнению с зональными насаждениями (Лежнев, Лебедев, 2023). Антропогенное воздействие приводит к изменениям в видовом разнообразии живого напочвенного покрова, влияет на его структуру, изменяя соотношение видов различных экологических групп. Так, в одном из лесопарков г. Владимира исследования показали, что вследствие выпасывания типичные лесные виды исчезают, а их место занимают более стойкие представители живого напочвенного покрова. Мезофиты, характерные для лесных зон, сменяются ксеромезофитами. Увеличение рекреационной нагрузки увеличивает количество растений-эвтрофов, предпочитающих богатые почвы (Никулина и др., 2025).

Таблица 2. Показатели живого напочвенного покрова и подстилок ненарушенных городских и естественных древесных насаждений города Москвы

Table 2. Indicators of living ground cover and litter in undisturbed urban and natural tree stands in Moscow

Объект, фитоценоз	Число видов	Доля бореальных видов, %	Максимальные запасы подстилок в пределах тессер, г/м ²	Коэффициент дифференциации в тессере
Городские ООПТ				
«Битцевский лес», ельник зеленчуковый.	11	3	8369.0±1396.5*	7.8
«Битцевский лес», ельник зеленчуково-медуничный с участием дуба, липы и клена.	11	12	4744.0±1349.4	5.8
«Лосиный остров», ельник кисличный с участием сосны	13	70	8024.3±1931.9	3.2
«Лосиный остров», ельник ландышево-кисличный с участием дуба.	13	47	7011.3±1101.2	7.3
«Измайловский парк», лиственный кислично-зеленчуковый.	10	35	5116.6±1112.2	2.1
Естественные леса				
Ельник кислично-зеленчуковый. Солнечногорский район МО	22	43	5011.6±449.6	2.3
Сосняк ландышево-кисличный. Раменский район МО	21	47	1633.2±208.0	2.1

Примечание: * – среднее ± стандартная ошибка

В табл. 2 приведены авторские данные по характеристике живого напочвенного покрова и подстилок (максимальные запасы в пределах тессер, которые встречаются преимущественно в приствольных пространствах и коэффициент дифференциации в тессере) в хвойных насаждениях ООПТ Москвы в сравнении с естественными фитоценозами вне города.

В составе живого напочвенного покрова городских насаждений хвойных пород при снижении общего числа видов в два раза сохраняются виды еловых свит (бореальные), причем их доля может быть даже выше, чем в естественных фитоценозах – это главным образом кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), ожика волосистая (*Luzula pilosa* (L.) Willd.), майник двулистный (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt). Это особенно касается смешанных насаждений ели с сосной, которые при взаимодействии фитогенных полей разных хвойных пород создают разнообразие локальных экологических ниш. Таким образом, ненарушенные хвойные насаждения в пределах ООПТ, а не точечных посадок, выполняют функцию сохранения природного биоразнообразия, несмотря на общую тенденцию к преобладанию неморальных и нитрофильных видов живого напочвенного покрова в черте города.

Лесная подстилка является более консервативным элементом биогеоценоза, нежели живой напочвенный покров. Изученные подстилки, как индикаторы биологического круговорота и соответственно устойчивости экосистем (Семенюк и др., 2024), близки к природным по ряду свойств и в том числе по величине запасов. Отмечается наличие всех трех типов подстилок (деструктивные, ферментативные, гумифицированные) и характерное для природных насаждений их пространственное распределение в пределах фитоценозов – упрощение строения и снижение запасов от приствольного пространства к межкроновому. Наибольшая аккумуляция органического вещества подстилками хвойных насаждений выявлена в приствольных пространствах – как для фоновых, так и для городских условий. Величина запасов исследованных подстилок свидетельствует о таком же потенциале аккумуляции углерода в составе наземного детрита, как и природных, то есть о полноценной реализации одной из важнейших функций зеленого каркаса города. Коэффициент дифференциации запасов подстилок в пространстве указывает на роль дерева как эдификатора во внутренней организации биогеоценоза. То, что на территории городских ООПТ он не ниже, а даже выше, чем в естественных условиях, определяя полноценное функционирование древостоя и наземного детрита в условиях урбоэкосистемы. Следует отметить, что именно хвойные насаждения отличаются способностью к сохранению как разнообразия видов, так и депонирующего потенциала наземного детрита в урбоэкосистемах на уровне естественных экосистем.

Детрит, представленный подстилками, является важнейшим депозитарием углерода, где аккумулируется до 2% от общего запаса в экосистеме. Однако, наиболее эффективный механизм депонирования углерода – его закрепление в биомассе древесных насаждений. В пределах городских территорий решение этого вопроса связано с посадкой молодых растений, в том числе и при компенсационном озеленении. Закон № 17 «О защите зеленых

насаждений» от 5.05.1999⁴⁾ диктует, что градостроительная, хозяйственная и другая деятельность должна осуществляться с соблюдением требований по защите зеленых насаждений и проведением мероприятий по компенсационному озеленению. Компенсационное озеленение – комплекс мероприятий по посадке зеленых насаждений взамен уничтоженных или поврежденных при строительстве объектов или в результате других действий. Компенсационное озеленение предусматривает следующие формы компенсации. Денежная форма компенсационного озеленения является основной и определяется по методике расчета размера платежей за вырубку и повреждение зеленых насаждений, повреждение и уничтожение газонов и цветников. Натуральная форма – восстановление зеленых насаждений (посадка) взамен уничтоженных. Компенсационное озеленение в натуральной форме осуществляется путем посадки деревьев взамен уничтоженных из расчета «дерево за дерево». В случае невозможности восстановления деревьев на месте вырубки компенсационное озеленение проводится на другом земельном участке того же административного округа в соотношении один к двум. Такой тип озеленения является инструментом, регулирующим градостроительную деятельность для сохранения площади зеленого каркаса города и, соответственно, экологического равновесия городских территорий.

Однако, управление зеленым фондом, основанном на балансе зеленых насаждений по принципу: за одно срубленное дерево должно быть посажено одно или два дерева, – имеет существенные недостатки. Посадки единичных деревьев и группами не способны заменить полноценные природные древесные насаждения и не обеспечивают одну из главных функций зеленого каркаса города – сохранения биоразнообразия, которое возможно только в экосистемах близких к естественным. Наличие природных устойчивых экосистем обеспечивает не только более полную реализацию функций зеленого каркаса города, но и повышает устойчивость урбоэкосистемы в целом.

В столице существует дефицит площадей для посадок, и в результате предлагаемая технология в ряде случаев реализуется формально и не выполняет свою основную функцию. Кроме того, уничтоженные многолетние деревья "компенсируются" одним молодым саженцем, последние менее активно снижают пылевую, газовую, шумовую нагрузку и т.д. Предполагается, что молодые саженцы в меньшем объеме, чем зрелые деревья выполняют экологические функции (www.vedomosti.ru). Проведенная авторами оценка депонирования углерода с использованием калькулятора Ex-Act (Ex-Ante Carbon-balance ..., 2017) показала, что для полной компенсации биомассы удаленных растений необходима посадка саженцев в соотношении одно дерево к трем. Однако, именно саженцы по мере роста увеличивают биомассу, поглощая углекислый газ из атмосферы и аккумулируя углерод, что является классическим механизмом решения проблемы потепления климата. По сравнению с

⁴⁾ Закон г. Москвы от 5.05. 1999 года №17 «О защите зеленых насаждений в городе Москве»
- URL: <https://docs.cntd.ru/document/1310230795>.

возрастными молодые деревья менее эффективно выполняют экологические функции на локальном уровне, однако в решении глобального климатического вопроса их роль очень велика.

По мере развития городской среды, увеличения численности населения и плотности застройки, проблемы сохранения природной составляющей обостряются, а достижение компромисса между техногенными и природными объектами все более усложняется. По мнению авторов, эти процессы отражаются в концепции зеленого каркаса: произошли изменения в содержании этого понятия и практических позициях ее реализации (рис. 2).

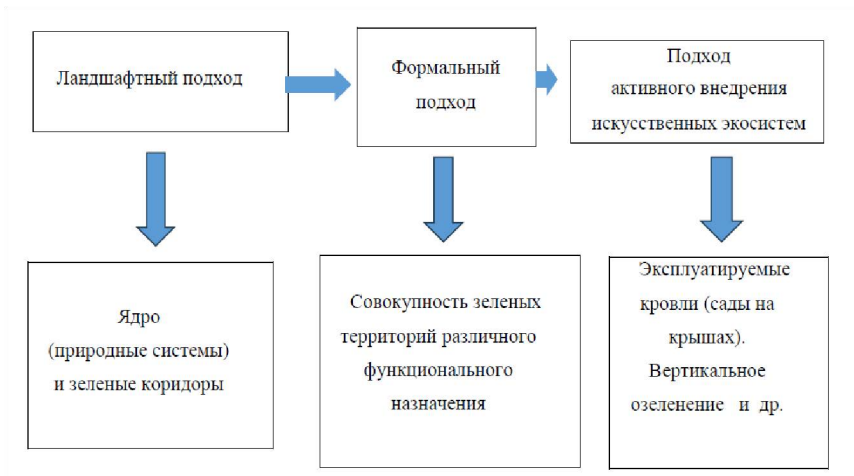


Рисунок 2. Изменение подходов к формированию зеленого каркаса города Москвы

Figure 2. Changing Approaches to Shaping Moscow’s Green Framework

Отмечается отход от ландшафтной основы формирования зеленого каркаса, которая предусматривала наличие ядер (ООПТ) и соединяющих их коридоров, и переход к упрощенному пониманию зеленого каркаса как формальной совокупности зеленых территорий различного функционального назначения. В концепции городского озеленения прослеживается снижение роли природных экосистем, наиболее эффективно обеспечивающих сохранение природного биоразнообразия, их сохранение быть связано только с ООПТ.

В пределах городского пространства природные экосистемы имеют особую экологическую ценность и определяют устойчивости зеленого каркаса и города в целом. Дальнейшее развитие городских территорий, по-видимому, будет связано с активным строительством жилых зданий и инфраструктуры, что определит значительный рост запечатанных территорий. В этом случае резко возрастет потребность использования альтернативных объектов озеленения таких как эксплуатируемые кровли, вертикальное озеленение, мобильное озеленение с использованием контейнеров и др. (Шубенков, 2024). Такие искусственные локальные экосистемы отличаются высокой замкнутостью, что приводит к увеличению фрагментации зеленого каркаса, не имеют контакта с поверхностью земли и характеризуются специфическими связями

между компонентами экосистем и окружающей средой. Поддержание функционирования этих экосистем обеспечивается участием человека, что определяет их высокую неустойчивость. Ослабленные вертикальные и горизонтальные связи внутри ландшафта характерны и для любых городских искусственных посадок древесных насаждений, в том числе и в случае компенсационного озеленения, поэтому такой городской ландшафт не может заменить естественный.

Заключение

Московское правительство активно работает над вопросами развития зеленого каркаса города, что отражается в принятой системе законов по его управлению, которые вносят значительный вклад в решение экологических вопросов не только локального, но и глобального уровня. В частности, это относится к закону о компенсационном озеленении, который направлен на оптимизацию экологических условий и решает проблему углеродного баланса.

Законодательные документы не лишены недостатков. Для успешного управления зеленым каркасом города с использованием подхода, основанного на оценке стоимости экосистемных услуг ландшафтов и их компонентов, требуется корректировка терминов в тексте закона о зеленом фонде Москвы. Необходимо отметить, что среди ландшафтных компонентов наиболее дорогостоящими экосистемными услугами являются те, которые ассоциируются с почвой. Такие услуги определяются крайне редко или совсем не учитываются, что значительно сказывается на итоговом результате расчетов.

Уникальность природных экосистем, расположенных в пределах охраняемых территорий, определяется не только тем, что они реализуют локальные функции, но и возможностью обеспечить такие глобальные функции зеленого каркаса как аккумуляция углерода наземным детритом и поддержание видового разнообразия. Особая роль в решении этих вопросов принадлежит хвойным насаждениям, среди которых еловый древостой занимает ведущее положение. Еловые насаждения в массивах характеризуются так же высоким постоянством фитогенного поля, что необходимо использовать в разработке мероприятий по поддержанию устойчивости зеленого каркаса города.

Очевидно, что перспектива развития города будет связана с дальнейшей утерей ландшафтной основы и его непрерывности, а также снижением доли природных экосистем и увеличением доли искусственных в структуре зеленого каркаса города, что значительно снизит устойчивость городских территорий.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121040800321-4 “Индикаторы трансформации биогеохимических циклов биогенных элементов в природных и антропогенных экосистемах”), а также в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова “Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды”.

Список литературы

- Баранова, О.Ю. (2025) Уточнение терминологической основы планирования городского озеленения, *Академический вестник УралНИИпроект РААСХ*, № 1(64), с. 34-39.
- Бобылев, С.Н., Захаров, В.М. (2009) *Экосистемные услуги и экономика*, Москва, ООО «Типография ЛЕВКО», 72 с.
- Богатырев, Л.Г. (1990) О классификации лесных подстилок, *Почвоведение*, № 3, с. 118-127.
- Богатырев, Л.Г., Демин, В.В., Матышак, Г.В., Сапожникова, В.А. (2004) О некоторых теоретических аспектах исследования лесных подстилок, *Лесоведение*, № 4, с. 17-29.
- Воронова, Т.С., Гайворон, Т.Д., Майнашева, Г.М. (2023) Особенности природно-антропогенных экосистем охраняемых территорий Москвы, *Астраханский вестник экологического образования*, № 5 (77), с. 79-83.
- Карпачевский, Л.О., Зубкова, Т.А., Ташнинова, Л.Н., Руденко, Р.Н. (2007) Почвенный покров и парцеллярная структура биогеоценоза, *Лесоведение*, № 6, с. 107-113.
- Китанин, М.А., Азарова, О.В. (2024) Зеленый каркас города Пензы, *Вестник ландшафтной архитектуры*, № 40, с. 77-82.
- Климанова, О.А., Колбовский, Е.Ю., Илларионова, А.О. (2020) *Зеленая инфраструктура города: оценка состояния и проектирование развития*, Москва, Товарищество научных изданий КМК, 324 с.
- Конюшков, Д.Е. (2015) Формирование и развитие концепции экосистемных услуг: обзор зарубежных публикаций, *Бюллетень Почвенного. ин-та им. В.В. Докучаева*, вып. 80, с. 26-49.
- Лежнев, Д.В., Лебедев, А.В. (2023) Трансформация структуры сосновых формаций в урбанизированных экосистемах Москвы, *Вестник Оренбургского государственного педагогического институт, электронный научный журнал*, № 2(46), с. 74-88.
- Никулина, Н.Ф., Наквасина, Е.Н., Никулин, С.В., Цветков, И.В. (2025) Влияние рекреационной нагрузки на биоразнообразие живого напочвенного покрова в лесопарковых насаждениях, *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова*, № 3 (80), с. 104-111.
- Ниценко, А.А. (1969) Об изучении экологической структуры растительного покрова, *Ботанический журнал*, т. 54, № 7, с. 1002-1014.
- Прокопенко, В.В. (2023) Основные методики оценки зеленого каркаса крупнейшего города, *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета, Серия Строительство и архитектура*, вып. 5 (93), с.155-167.
-

Рысина, Г.П., Рысин, Л.П. (1987) Оценка антропопотолерантности лесных травянистых растений, в кн.: *Природные аспекты рекреационного использования леса*, Москва, Наука, с. 26-35.

Рысин, Л.П., Рысин, С.Л. (2012) *Урболесоведение*, Москва, Товарищество научных изданий КМК, 240 с.

Рысин, С.Л., Кобяков, А.В. (2016) Особенности проектирования искусственных насаждений ООПТ и ООЗТ города Москвы. Проблемы озеленения крупных городов, в кн.: *Сборник материалов XVII международной научно-практической конференции*, Москва, Издательство ВДНХ, с. 112-114.

Садковская, О.Е. (2018) Технологии эко-урбанизма как ответ на последствия изменения климата, *Урбанистика*, № 2, с. 98-122.

Семенюк, О.В., Стома, Г.В., Бодров, К.С. (2021) Оценка стоимости экосистемных услуг городски ландшафтов (на примере города Москвы), *Почвоведение*, № 12, с. 1-14.

Семенюк, О.В., Телеснина, В.М., Богатырев, Л.Г., Бенедиктова, А.И., Кузнецова, Я.Д. (2020) Оценка внутрибиогеоценозной изменчивости лесных подстилок и травяно-кустарничковой растительности в еловых насаждениях, *Почвоведение*, № 1, с. 31-43.

Семенюк, О.В., Телеснина, В.М., Богатырев, Л.Г., Бенедиктова, А.И. (2024) Характеристика напочвенного растительного покрова строения лесных подстилок особо охраняемых природных территорий, *Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение*, № 4, с. 204-213.

Семенюк, О.В., Телеснина, В.М., Богатырев, Л.Г., Кузнецов, В.А., Бенедиктова, А.И. (2024) Оценка динамики органического вещества подстилок городских хвойных насаждений на основе показателей их структурно-функциональной организации на примере города Москвы, *Почвоведение*, № 12, с. 1757-1771.

Слободян, А.В. (2020) *Проектирование и создание зелёных каркасов городской среды*, Санкт-Петербург, Лань, 156 с.

Состояние зеленых насаждений и городских лесов в Москве (2000) Аналитический доклад, рук. Проекта и работ Якубов Х.Г., Москва, Прима-Пресс-М., 276 с.

Стародубцева, Т.Н., Морковин, В.А., Терещенко, В.А. (2025) Формирование зеленого каркаса территории: интеграции лесов в структуру города, в кн.: *Технологии в биоэкономике: инновации и вызовы в XXI веке: материалы Международного форума*, Воронеж, с. 359-363.

Таранец, И.П., Попова, Л.В. (2024) Природно-исторические парки в системе ООПТ города Москвы: их роль в сохранении биоразнообразия, в кн.: *Куражковские чтения. Материалы III Международной научно-практической конференции*, Астрахань, Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, с. 26-33.

ТЕЕВ процессы и экосистемные оценки в Германии, России и в некоторых других странах Северной Евразии (2014) Под ред. К. Груневальд, О. Бастиан, А. Дроздова, Бонн, Федеральное ведомство по охране природы, 372 с.

Устойчивое развитие городов (2019) Под ред. К.В. Папенова, С.М. Никонорова, К.С. Ситкиной, Москва, Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 288 с.

Шубенков, М.В. (2024) Концепция устойчивого развития урбанизированных территорий, *Творческие концепции архитектурной деятельности*, № 4 (65), с. 169-179.

Экосистемные услуги России: Прототип национального доклада. Биоразнообразие и экосистемные услуги: принципы учета в России (2020) Под ред. Е.Н. Букваревой, Т.В. Свиридовой, Москва, Изд-во Центра охраны дикой природы, т. 2, 252 с.

Экосистемные услуги России: Прототип национального доклада. Услуги наземных экосистем (2016) Под ред. Е.Н. Букварёвой, Д.Г. Замолотчикова, Москва, Изд-во Центра охраны дикой природы, 148 с.

Якубов, Х.Г. (2005) *Экологический мониторинг зеленых насаждений в Москве*, Москва, 264 с.

Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4 (2013) Report to the European Environment Agency, UK, Centre for Environmental Management, University of Nottingham.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R. et al. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, vol. 387, pp. 253-260.

Daily, G. (1997) *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems*, Washington, D.C., Island Press, 392 p.

Ex-Ante Carbon-balance Tool (EX-ACT). QUICK GUIDANCE (2017) In U. Grewer, L. Bockel, L.S. Schiettecatte, M. Bernoux (eds.), Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 31 p.

Haines-Young, R., Potschin, M. (2014) *Typology/classification of ecosystem services*, *OpenNESS Ecosystem Services Reference Book*, pp. 1-8, URL: <http://www.openness-project.eu/library/reference-book>

Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being (2005) Synthesis Report, Island Press, Washington DC, 160 p.

References

Baranova, O.Yu. (2025) Utochnenie terminologicheskoy osnovy planirovaniya gorodskogo ozeleneniya [Refining the Terminological Basis for Urban Greening Planning], *Akademicheskij vestnik UralNIIproekt RAASH*, no. 1(64), с. 34-39.

Bobylev, S.N., Zakharov, V.M. (2009) *Ehkosistemnye uslugi i ehkonomika* [Ecosystem Services and the Economy], ООО «Типография LEVKO», Moscow, Russia, 72 p.

Bogatyrev, L.G. (1990) O klassifikatsii lesnyh podstilok [On the Classification of Forest Floors], *Pochvovedenie*, no. 3, pp. 118-127.

Bogatyrev, L.G., Demin, V.V., Matyshak, G.V., Sapozhnikova, V.A. (2004) O nekotoryh teoreticheskikh aspektah issledovaniya lesnyh podstilok [On Some Theoretical Aspects of Forest Litter Research], *Lesovedenie*, no. 4, pp. 17-29.

Voronova, T.S., Gayvoron, T.D., Mainasheva, G.M. (2023) Osobennosti prirodno-antropogennykh ehkosistem ohranyaemykh territorij Moskvy [Characteristics of natural-anthropogenic ecosystems in Moscow's protected areas], *Astrahanskij vestnik ehkologicheskogo obrazovaniya*, no. 5 (77), pp. 79-83.

Karpachevsky, L.O., Zubkova, T.A., Tashninova, L.N., Rudenko, R.N. (2007) Pochvennyj pokrov i parcellarnaya struktura biogeotsenoza [Soil cover and the parcella structure of a biogeocoenosis], *Lesovedenie*, no. 6, pp. 107-113.

Kitanin, M.A., Azarova, O.V. (2024) Zelenyj karkas goroda Penzy [The Green Framework of the Penza City], *Vestnik landshaftnoj arhitektury*, no. 40, pp. 77-82.

Klimanova, O.A., Kolbovsky, E.Yu., Ilarionova, A.O. (2020) *Zelenaya infrastruktura goroda: ocenka sostoyaniya i proektirovanie razvitiya* [Urban Green Infrastructure: Assessment of Current Status and Development Planning], *Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK*, Moscow, Russia, 324 p.

Konyushkov, D.E. (2015) Formirovanie i razvitie koncepcii ehkosistemnykh uslug: obzor zarubezhnykh publikacij [Formation and Development of the Ecosystem Services Concept: A Review of Foreign Publications], *Byulleten' Pochvennogo. in-ta im. V.V. Dokuchaeva*, issue 80, pp. 26-49.

Lezhnev, D.V., Lebedev, A.V. (2023). Transformatsiya struktury osnovnykh formatsij v urbanizirovannykh ehkosistemakh Moskvy [Structural transformation of pine formations in the urbanized ecosystems of Moscow], *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta, ehlektronnyj nauchnyj zhurnal*, no. 2(46), pp. 74-88.

Nikulina, N.F., Nakvasina, E.N., Nikulin, S.V., Tsvetkov, I.V. (2025) Vliyanie rekreacionnoj nagruzki na bioraznoobrazie zhivogo napochvennogo pokrova v lesoparkovykh nasazhdeniyakh [Impact of recreational pressure on the biodiversity of ground-layer vegetation in forest-park stands], *Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii imeni V.R. Filippova*, no. 3(80), pp. 104-111.

Nitsenko, A.A. (1969) Ob izuchenii ehkologicheskoy struktury rastitel'nogo pokrova [On the study of the ecological structure of the plant cover], *Botanicheskij zhurnal*, vol. 54, no. 7, pp. 1002-1014.

Prokopenko, V.V. (2023) Osnovnye metodiki ocenki zelenogo karkasa krupnejshogo goroda [Key Methodologies for Assessing the Green Framework of a

Major City], *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta, Seriya Stroitel'stvo i arhitektura*, Issue 5(93), pp.155-167.

Rysina, G.P., Rysin, L.P. (1987) Ocenka antropotolerantnosti lesnyh travyanistyh rastenij [Assessment of the anthropotolerance of forest herbaceous plants], *Prirodnye aspekty rekreacionnogo ispol'zovaniya lesa* [Natural aspects of the recreational use of forests], Nauka, Moscow, Russia, pp. 26-35.

Rysin, L.P., Rysin, S.L. (2012) *Urbolesovedenie* [Urban Forest science], Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK, Moscow, Russia, 240 p.

Rysin, S.L., Kobyakov A.V. (2016) Osobennosti proektirovaniya iskusstvennyh nasazhdenij OOPT i OOTZ goroda Moskvy. Problemy ozeleneniya krupnyh gorodov [Design features of artificial plantings in Moscow's specially protected natural areas and specially protected green zones. Challenges of urban greening in major cities], *Sbornik materialov XVII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Collection of Materials from the XVII International Scientific and Practical Conference], Moscow, Russia, pp. 112-114.

Sadkovskaya, O.Ye. (2018) Tehnologii ehko-urbanizma kak otvet na posledstviya izmeneniya klimata [Eco-urbanism technologies as a response to the consequences of climate change], *Urban Studies*, no. 2, pp. 98-122.

Semenyuk, O.V., Stoma, G.V., Bodrov, K.S. (2021) Ocenka stoimosti ehkosistemnyh uslug gorodski landshaftov (na primere goroda Moskvy) [Valuation of ecosystem services of urban landscapes (a case study of Moscow)], *Eurasian Soil Science*, no.12, pp. 1-14.

Semenyuk, O.V., Telesnina, V.M., Bogatyrev, L.G., Benediktova, A.I., Kuznetsova, Ya.D. (2020) Ocenka vnutribiogeocenoznj izmenchivosti lesnyh podstilok i travyano-kustarnichkovoj rastitel'nosti v elovyh nasazhdeniyah [Assessment of intra-biogeocoenotic variability of forest floor and herb-dwarf shrub vegetation in spruce stands], *Eurasian Soil Science*, no. 1, pp. 31-43.

Semenyuk, O.V., Telesnina, V.M., Bogatyrev, L.G., Benediktova, A.I. (2024) Harakteristika napochvennogo rastitel'nogo pokrova stroeniya lesnyh podstilok osobo ohranyaemyh prirodnyh territorij [Characteristics of Ground Vegetation Cover and Forest Litter Structure in Specially Protected Natural Areas], *Moscow University Soil Science Bulletin*, no. 4, pp. 204-213.

Semenyuk, O.V., Telesnina, V.M., Bogatyrev, Kuznetsov, V.A., Benediktova, A.I. (2024) Ocenka dinamiki organicheskogo veshchestva podstilok gorodskih hvojnyh nasazhdenij na osnove pokazatelej ih strukturno-funkcional'noj organizacii na primere goroda Moskvy [Assessment of organic matter dynamics in the litter of urban coniferous stands based on indicators of structural-functional organization: A case study of Moscow], *Eurasian Soil Science*, no. 12, pp. 1757-1771.

Slobodyan, A.V. (2020) *Proektirovanie i sozdanie zelyonyh karkasov gorodskoj sredy* [Designing and Creating Green Frameworks for the Urban Environment], Lan', Saint Petersburg, Russia, 156 p.

Sostoyanie zelenykh nasazhdenij i gorodskih lesov v Moskve [The State of Green Spaces and Urban Forests in Moscow] (2000) Analiticheskij doklad, in Yakubov, X.G., Prima-Press-M., Moscow, Russia, 276 p.

Starodubtseva, T.N., Morkovin, V.A., Tereschenko, V.A. (2025) Formirovanie zelenogo karkasa territorii: integracii lesov v strukturu goroda [Developing the territory's green framework: integrating forests into the urban structure], *Tehnologii v bioehkonomike: innovacii i vyzovy v XXI veke: materialy Mezhdunarodnogo foruma* [Technologies in the Bioeconomy: Innovations and Challenges in the 21st Century: Proceedings of the International Forum], Voronezh, Russia, pp. 359-363.

Taranets, I.P., Popova, L.V. (2024) Prirodno-istoricheskie parki v sisteme OOPT goroda Moskvy: ih rol' v sohranении bioraznoobraziya [Natural-historical parks within the system of specially protected natural areas of Moscow: their role in biodiversity conservation], *Kurazhkovskie chteniya. Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Kurazhkovsky Readings: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference], Astrakhan, Russia, pp. 26-33.

TEEB processes and ecosystem assessments in Germany, Russia, and certain other countries of Northern Eurasia (2014) In Grunevald K., Bastian O., Drozdov A. (eds.), Federal Nature Conservation Agency, Bonn, Germany, 372 p.

Ustojchivoe razvitie gorodov [Sustainable urban development] (2019) In Papanov, K.V., Nokonorov, S.M., Sitkina, K.S. (eds.), Ehkonomicheskij fakul'tet MGU imeni M.V. Lomonosova, Moscow, Russia, 288 p.

Shubenkov, M.V. (2024) Konceptiya ustojchivogo razvitiya urbanizirovannykh territorij [Concept of sustainable development of urbanized areas], *Tvorcheskije koncepcii arhitekturnoj deyatelnosti*, no. 4 (65), pp. 169-179.

Ehkosistemnye uslugi Rossii: Prototip nacional'nogo doklada. Bioraznoobraziye i ehkosistemnye uslugi: principy ucheta v Rossii [Ecosystem Services of Russia: Prototype of the National Report. Biodiversity and Ecosystem Services: Principles for Accounting in Russia] (2020) Vol. 2, in Bukhareva, E.N., Sviridova, T.V. (eds.), Izd-vo Centra ohrany dikoj prirody, Moscow, Russia, 252 p.

Ehkosistemnye uslugi Rossii: Prototip nacional'nogo doklada. Uslugi nazemnykh ehkosistem [Ecosystem Services of Russia: Prototype National Report. Terrestrial Ecosystem Services] (2016) In Bukhareva, E.N., Zamolodchikov, D.G. (eds.), Izd-vo Centra ohrany dikoj prirody, Moscow, Russia, 148 p.

Yakubov, Kh.G. (2005) *Ehkologicheskij monitoring zelenykh nasazhdenij v Moskve* [Environmental monitoring of green spaces in Moscow], Moscow, Russia, 264 p.

Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4 (2013) Report to the European Environment Agency, UK, Centre for Environmental Management, University of Nottingham.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R. et al. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, vol. 387, pp. 253-260.

Daily, G. (1997) *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems*, Washington, D.C., Island Press, 392 p.

Ex-Ante Carbon-balance Tool (EX-ACT). QUICK GUIDANCE (2017) In U. Grewer, L. Bockel, L.S. Schiettecatte, M. Bernoux (eds.), Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 31 p.

Haines-Young, R., Potschin, M. (2014) *Typology/classification of ecosystem services*, *OpenNESS Ecosystem Services Reference Book*, pp. 1-8, URL: <http://www.openness-project.eu/library/reference-book>

Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being (2005) Synthesis Report, Island Press, Washington DC, 160 p.

Статья поступила в редакцию (Received): 02.02.2026.

Статья доработана после рецензирования (Revised): 01.04.2026.

Для цитирования / For citation:

Семенюк, О.В., Стома, Г.В., Телеснина, В.М., Богатырев, Л.Г. (2026) Устойчивое развитие и управление зеленым каркасом на примере города Москвы, *Экологический мониторинг и моделирование экосистем*, т. XXXVII, № 3-4, с. 23-43, doi: 10.24412/2782-3237-2026-3-4-23-43.

Semenyuk, O.V., Stoma, G.V., Telesnina, V.M., Bogatyrev, L.G. (2026) Sustainable development and green framework management: Moscow city, *Ecological Monitoring and Ecosystem Modeling*, vol. XXXVII, no. 3-4, pp 23-43, doi: 10.24412/2782-3237-2026-3-4-23-43.