

Физическая география и геоэкология

УДК 911.9

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2023-2-21-38>

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА Г. ТВЕРИ

А.Р. Сергеев, Н.Ю. Сукманова, Н.Б. Прокофьева

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

В работе рассмотрены особенности формирования и функционирования «зелёного каркаса» как части экологического каркаса города Твери. Выявлены главные элементы зелёного каркаса (ядра, коридоры, центры и т.д.). Основное внимание уделено анализу пространственной динамики зелёных насаждений. Картографический, геоинформационный и визуальный анализ позволил выделить новые элементы территориальной структуры зелёного пространства Твери на трех уровнях, с вариантами решения проблемной ситуации.

Ключевые слова: Тверь, экологический каркас, зелёный каркас, деэкологизация городского пространства.

Введение и постановка проблемы

Необходимость формирования целостного (единого) территориального экологического каркаса (вместо фрагментарного) актуализирует научные оценочные исследования для его проектирования с целью решения социально-экологических проблем и конфликтов природопользования. В основе исследования и проектирования экологического каркаса региона/города лежит пространственный подход с использованием разных методов, когда учитываются топологические, геометрические или географические свойства объектов для выявления их взаимоотношения и пространственно-временных закономерностей [18].

В данном исследовании внимание сосредоточено на пространственном анализе разрушающегося «зелёного каркаса» Твери – крупного старого города и промышленного центра с растущей (вширь и вверх) застройкой.

Методологические основы концепции проектирования экологического каркаса опираются на теорию взаимодействия общества и природы, на знание законов формирования, функционирования и динамики ландшафтов как целостных образований, на концепцию поляризованного ландшафта, теоретическое обоснование которой нашло отражение в работах Б. Б. Родмана и др. [10].

Создание комфортной и качественной городской среды путем организации системы благоустроенных парков, скверов, набережных и

сохранения/облагораживания иных зелёных зон является одной из важнейших задач федерального проекта «Жильё и городская среда», реализуемого в период с 2018 по 2024 гг. Цель проекта – дать новый импульс развитию муниципалитетов по всей стране [8].

Современный ландшафт г. Твери – это природно-антропогенный ландшафт исторического города, заложенного в раннем средневековье и прошедшего все этапы развития до постиндустриального времени. Проблема сохранности зелёных насаждений и функциональной целостности экологического каркаса является актуальной для г. Твери.

Цель работы – характеристика изменений площади зелёных насаждений и состояния экологического каркаса г. Твери за период с 1992 по 2022 гг.

Задачи работы: 1) создание серии карт, отражающих изменение зелёных насаждений г. Твери за 30-летний период с использованием дешифрирования космоснимков при помощи Forest Index; 2) пространственный анализ структуры зелёных насаждений г. Твери и выделение ядер экологической стабилизации территории; 3) разработка рекомендаций по формированию «зелёного каркаса» территории Твери и ближайших окрестностей.

Рассматриваемая территория уже неоднократно подвергалась исследованию другими авторами с точки зрения изучения городского землепользования и состояния почвенно-растительного покрова [13].

Ключевые понятия работы

Основными в работе являются понятия «экологического каркаса» и «зелёных насаждений».

Экологический каркас. Понятие каркас происходит от французского слова «carcasse» – скелет [15]. Его используют в различных областях науки и техники, в том числе термин «каркас территории» – фундаментальное понятие в географии и территориальном проектировании. При этом имеется довольно большое количество вариаций этого термина в зависимости от того, какой смысл вкладывают авторы. Г. М. Лаппо определял «экологический каркас» как «адекватно защищенную систему экологически взаимосвязанных природных территорий, позволяющую поддерживать экологическое равновесие в городе» [17].

Одним из первых об экологическом каркасе как системе природных комплексов особой экологической ответственности писал В. В. Владимиров [2], понимая каркас как узлы и оси сосредоточения наибольшей экологической активности, и рекомендовал с учётом экологического каркаса проводить урбоэкологическое зонирование территории.

А. В. Елизаров рассматривает понятие экологического каркаса территории как совокупности природных комплексов с индивидуальным режимом природопользования, образующих пространственно-организованную инфраструктуру, которая поддерживает экологическую стабильность территории, предотвращая потерю разнообразия и деградацию ландшафта [5]. В отличие от экологической сети, подразумевающей равномерную пространственную структуру только природоохранной деятельности, экологический каркас – неравномерная система, имеющая своеобразные «узлы» со связующими их формами и включающая две составляющие: природную и антропогенную.

Мировой практикой выработан **основной набор элементов экологического каркаса**: 1) равномерно распределенные крупные городские парки; 2) зелёное кольцо города; 3) зелёные клинья, соединяющие окраину и городской центр; 4) водно-зелёный диаметр вдоль рек. Кроме того, важна взаимосвязь между городскими и пригородными зелёными территориями, чтобы животные и птицы могли свободно перемещаться.

Одной из важнейших частей экологического каркаса является «зелёный» каркас.

«Зелёный» каркас – это система взаимосвязанных, наиболее экологически важных участков природных комплексов, от которых зависит поддержание устойчивого равновесия в городе. В него входят леса и лесопарки, парки, рощи, сады, скверы и аллеи, зелёные насаждения внутри жилой, общественной и промышленной застройки. Вопросы, связанные с озеленением территорий, с созданием природного «зелёного» каркаса города, представляются наиболее важными. Создание единого, целостного каркаса зелёных насаждений в городе является наиболее эффективным способом достижения высокого качества городской среды. Для сохранения природных экосистем в городе территория, занятая зелёными насаждениями, должна составлять не менее 30% от его площади [11, 14].

Создаваемый единый зелёный каркас играет огромную роль в формировании социального пространства Твери (рис. 1) и должен включать в себя: ядра, ключевые элементы, транзитные коридоры, буферные территории. Образцовый экологический каркас городской территории представляет собой непрерывную сеть экологических коридоров, рассекающих застроенное пространство на ячеистые секции. Линейные магистральные и межквартальные коридоры зелёных насаждений служат транзитной основой для свободного перемещения биотического вещества (растения, грибы, лишайники, животные, насекомые), энергии и информации, сводя к минимуму ущерб состоянию природы на локальном уровне. При этом функцию транзитных коридоров могут выполнять не только искусственно созданные

лесопарковые насаждения, но и такие объекты, как реки, ручьи, искусственные каналы и водотоки, клинья условно коренных лесов и лугов и также иные протяженные и узкие природные объекты [10].

При проектировании «зелёного» каркаса города на первом плане стоит достижение социального, оздоровительного эффекта. Генеральный план по озеленению города состоит в выборе приоритетных функций и направлений озеленения урбанизированных территорий, рассматриваемых в перспективе.

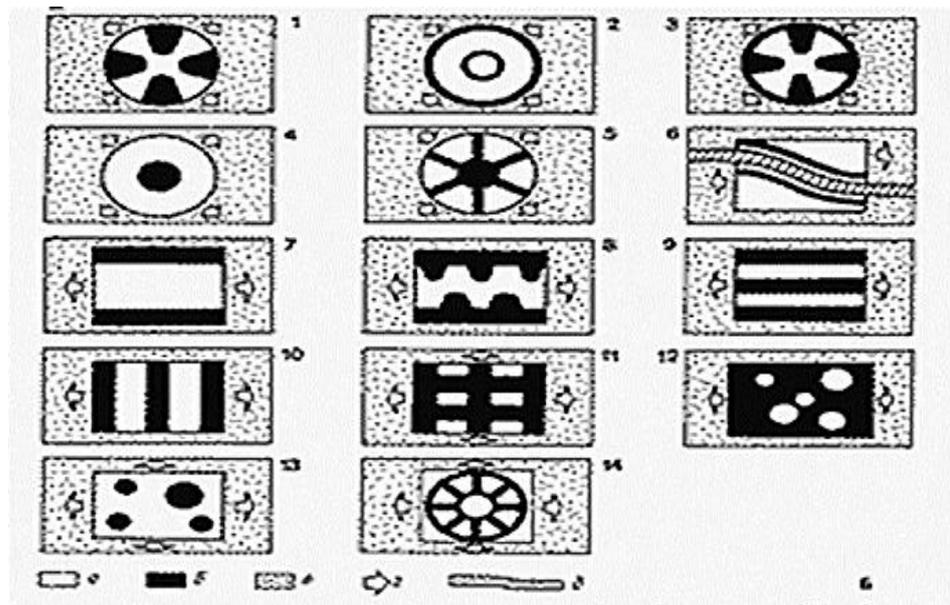


Рис. 1. Схемы размещения «зеленого» каркаса [14]:

- 1 – клиновидная; 2 – кольцевая; 3 – периферийно-клиновидная;
- 4 – ядерная; 5 – ядерно-радиальная; 6 – диаметрально-линейная с акваторией; 7 – периферийно-линейная; 8 – линейно-клиновидная;
- 9 – продольно-полосная; 10 – поперечно-полосная; 11 – сетчатая;
- 12 – фоновая; 13 – дисперсная; 14 – радиально-кольцевая

В соответствии с ГОСТ 28329–89 «Озеленение городов» под зелёными насаждениями города подразумевается: «совокупность древесных, кустарниковых и травянистых растений, размещенных в административных пределах определенной территории (границ города)» [4]. В городах они представлены сохранившимися условно коренными участками леса, лесопарками, скверами, бульварами и т. д., выполняющими защитные, санитарно-гигиенические и рекреационные функции для населения.

Указанные в определении функции имеют первостепенное значение для создания комфортных условий жизни горожан. Поэтому сохранение и увеличение городских зелёных зон как отдельного класса

землепользования в городах – это один из важнейших вопросов градостроительной политики.

Результаты исследования

Характеристика исследуемой территории. Город Тверь – столица Верхневолжья, расположен на юго-востоке Тверской области (рис. 2). Это один из наиболее примечательных населенных пунктов, расположенных между двух столиц, ежегодно привлекающий сюда потоки туристов со всей России.

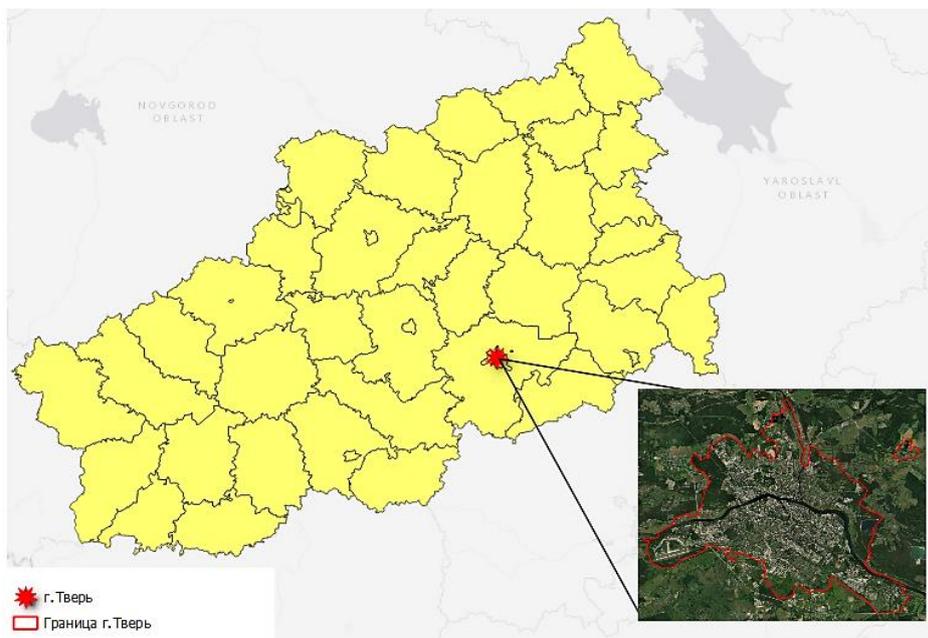


Рис. 2. Расположение г. Тверь на территории Тверской области и вид на город из космоса

В 1992 г. численность населения города составляла 456 тыс. чел., тогда как в 2022 г. – около 424,8 тыс. чел. Одновременно, при сокращении численности населения, урбанизированные районы в городе значительно расширились. Жители города стали свидетелями того, как быстро разрастаются городские и промышленные кварталы, разрушая и сокращая городские зелёные территории.

Такая тенденция контрастирует с градостроительными нормативами озеленения застраиваемых территорий, предписывающими сохранение уже имеющихся зелёных массивов и создание новых зелёных насаждений в пределах нынешних и прогнозируемых границ расширяющегося города. Норма площади озеленения городов, установленная Всемирной Организацией Здравоохранения (ВОЗ), равна

50 м² городских зелёных насаждений на одного жителя. Плохими по условиям озеленения считаются города, где растительность занимает менее 10 % площади города, хорошими – 40–60 % [20].

Размещение зелёных насаждений в соответствии с Генеральным планом г. Твери (см. рис. 3) [3]:

- *Центральное парковое ядро* – равномерно разбросанные по территории города крупные зелёные «пятна»: Горсад, Ботанический сад, парк Победы, парк Речного вокзала, набережная А. Никитина, Заволжский парк с пляжем, сквер Дружбы народов, сквер памяти жертв репрессий, сквер Крылова, сквер героям Чернобыля, сквер на Тверской площади, сквер на Театральном проезде, бульвар Радищева, сквер на площади Славы, остатки рощи в пойме реки Тьмаки около Тверской государственной медицинской академии;

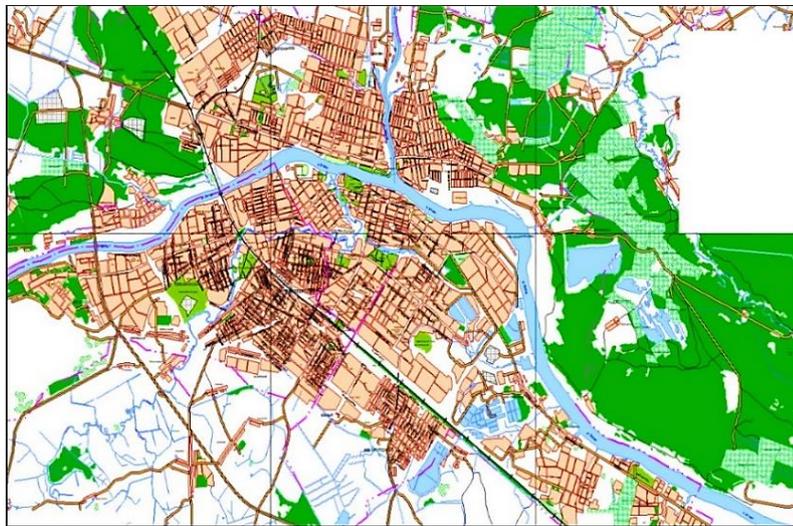


Рис. 3. Фрагмент генерального плана г. Твери [3]

- *Ключевые ядра*: парк Победы, парк Текстильщиков, Детский парк, Ботсад, Берёзовая роща, Южный парк;

- *Зеленые коридоры*: бульвары, озеленённые улицы – несколько крупных зелёных клиньев, проникающих в городской центр и соединяющих между собой жилые районы – б-р. Цанова, б-р. Шмидта, б-р. Профсоюзов, скверы Пролетарского района по пр-т. Калинина, ул. Ленина, пр-т. Николая Корыткова, скверы на ул. Вагжанова;

- *Озеленённые центры жилых районов* – сквер около ТГТУ, яблоневый сад, Детский парк (ранее архиерейский парк в Трехсвятском), двор Пролетарки, сквер Велико Тырново, Китайский сквер, сквер вагоностроителей на Стадионной улице, парк «Вокзал», оставшаяся

часть парка на пл. Гагарина, утраченные Мигаловский парк и плодовый сад на пл. Гагарина, привокзальный сквер;

- *Водно-зелёный диаметр*: берега главной реки города – Волги, поймы рек Тверцы и Тьмаки, Орши, заброшенные поймы рек Лазурь и Соминка, карьеры в районе д. Константиновка, Перемерковский и Исаевский ручьи, речка Межурка, Хлебный ручей;

- *Пригородные зелёные массивы, внешнее зелёное кольцо города (внешние лесопарки)*: Комсомольская роща, Первомайская и Бобачёвская рощи, Бобачёвский бор, Сахаровский парк, Мигаловская, Перемерковская, Константиновская и Тверецкая рощи, лес на ст. Дорошиха, роща возле областной клинической больницы, у д. Константиновки и д. Черногубово;

- *Зелёные капилляры* – скверы, жилые дворы, газоны, клумбы.

Анализ существующего зелёного каркаса. Вокруг Твери нет единого зелёного каркаса, он незамкнут в южной и северной частях города. Загородные рощи и леса не имеют экологических зелёных коридоров с внутренними парками, скверами и другими зелёными зонами города. Значительная площадь водно-зеленого диаметра находится в загрязненном, деградирующем состоянии, снижающим привлекательность территории. Для большинства зелёных зон города характерно отсутствие благоустройства и элементарной инфраструктуры.

Основные направления и границы развития Твери в действующем Генеральном плане города [3]:

- объединение всех зелёных насаждений Твери в единый каркас;
- создание новых озеленённых территорий и предотвращение уменьшения или дробления существующих зелёных насаждений;
- создание зелёных клиньев, соединяющих центральные парки и скверы города с пригородными насаждениями;
- архитектурно-ландшафтное оформление долин рек Волги, Тьмаки, создание зелёных набережных и сохранение лугов и парков по берегам рек;
- создание единого пешеходно-велосипедного каркаса города – кольца непрерывного движения, увязанного с экологическим каркасом;
- сохранение ценных природных комплексов путем создания особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Необходимо предусмотреть *ряд дополнений*, которые будут способствовать усовершенствованию качества городской среды:

- создание новых крупных зелёных объектов в юго-восточной части города в связи с активным промышленным и селитебным освоением,

высоким транспортным загрязнением, а также во всех микрорайонах города;

- использование пустошей для озеленения;
- применение передовых тенденций в озеленении городов (вертикальные и мобильные системы озеленения).

Методика исследования

Исходным материалом для исследования послужили данные сайта Государственной геологической службы США [16]. Был получен набор безоблачных снимков Landsat-5 TM, относящихся к 1992 г., и Landsat-8 OLI от 2022 г., чьи сцены охватывали около 185 км², включая г. Тверь и его окрестности. В работе использовались космические снимки летнего периода, которые наиболее точно отражают состояние зелёных насаждений города на момент съёмки (табл.). Снимки прошли предварительную атмосферную коррекцию по методу Dark Object Subtraction (DOS1) [1].

Таблица

Основные спутниковые данные Landsat, используемые в исследовании

Местоположение в системе WRS-2		Снимки 1992 г.		Снимки 2022 г.	
<i>Path</i>	<i>Row</i>	<i>Сенсор</i>	<i>Дата</i>	<i>Сенсор</i>	<i>Дата</i>
179	021	Landsat 5 TM	14.08.1992	Landsat-8 OLI	10.08.2022
179	020	Landsat 5 TM	25.08.1992	Landsat-8 OLI	25.08.2022
179	021	Landsat 5 TM	30.08.1992	Landsat-8 OLI	28.08.2022

Космические снимки с двух спутников были зарегистрированы в программе QGIS 3.4.10 на базовой карте ESRI (dark) в пределах Тверской области в соответствующей проекции EPSG:3857 с разрешением 15–30 м. Затем изображения в автоматическом режиме были классифицированы на участки, содержащие зелёные насаждения и не содержащие. Для этой цели применялся разработанный китайскими исследователями Forest Index (FI), описываемый в работах [6, 7, 12, 19].

Стоит отметить, что полученные в результате классификации изображения содержат информацию о наиболее плотных скоплениях зелёных насаждений, имеющих площадь покрытия более 50% от площади покрываемой пикселем территории (30x30м и 15x15м соответственно). В связи с этим, возможно, не все зелёные насаждения,

дисперсно-рассредоточенные в отдельных жилых кварталах, были учтены.

Далее, полученные в результате расчета индекса FI, классифицированные растровые изображения были обрезаны по контуру административной границы г. Тверь и преобразованы в векторные слои, содержащими информацию о полигональных объектах. Зелёным насаждениям было присвоено значение $id=0$; полигонам, содержащим информацию об иных видах использования земель, было присвоено значение $id=1$. Все векторные полигоны с $id=1$ были удалены для удобства дальнейшей работы, а с $id=0$ – объединены в единый полигон, путем «сшивания» более мелких полигонов (2300–2700 объектов соответственно).

Результирующие полигоны, содержащие информацию о площади зелёных насаждений г. Твери по состоянию на 1992 и 2022 гг., были измерены при помощи инструмента «Анализ данных» и далее интерпретированы в виде карт.

В целях обнаружения изменений формы, количества и мощности ядер стабилизации, а также аналогичных параметров в прочих выделяемых зонах экологического каркаса г. Твери, применялся инструмент системы «Global land analysis and discover» (GLAD) – «Анализ близости в растре», действующий на основе алгоритмов вычисления евклидовой метрики [9]. В результате были получены тепловые изображения, которые легли в основу картографических материалов.

Далее была предпринята попытка выявить изменение локализации зелёных насаждений города. При этом были рассчитаны показатели общей площади зелёных насаждений на начало и конец рассматриваемого периода, изменение процентного соотношения зелёных насаждений к площади антропогенной застройки города, а также изменение пропорции площади зелёных насаждений, приходящихся на душу населения) по формуле:

$$S_{\text{зел. насажд./чел.}} = \frac{\text{Фактическая площадь зелёных насаждений на год исследования в км}^2}{\text{Общая численность населения города на год исследования}}$$

Сравнительный анализ пространственной локализации очагов сокращения и прироста зелёных насаждений позволил выявить причины преобразований и изменений функционального состояния зелёных зон г. Твери.

Результаты и обсуждение

По состоянию на авг. 1992 г. общая площадь зелёных насаждений г. Твери (без учета деревьев и кустарников, которые не образовали

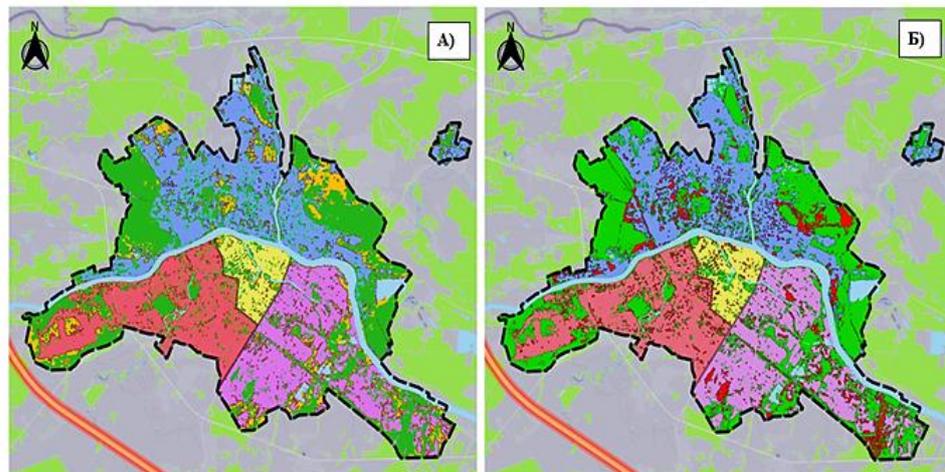
единого зелёного массива и не являются составной частью экологического каркаса) – 47,1 км²; на авг. 2022 г. – 41,5 км². При площади города 152,2 км², озеленённость территории составила 30,9% и 27,3% соответственно.

Сокращение за 30 лет составило 5,8 км² (3,7% от общей площади города). Из расчета на душу населения установлены следующие показатели:

$$S_{\text{зел. насажд}} (1992 \text{ г.}) = \frac{47100000 \text{ м кв.}}{456000 \text{ чел.}} = 103,3 \text{ м}^2/\text{чел.};$$

$$S_{\text{зел.насажд}} (2022 \text{ г.}) = \frac{41530000 \text{ м кв.}}{424864 \text{ чел.}} = 97,8 \text{ м}^2/\text{чел.}$$

На рис. 4 представлена карта-схема, отражающая прирост и сокращение зелёных насаждений в г. Твери за период с 1992 по 2022 гг.



Легенда

Зеленые насаждения

- Стабильные зеленые насаждения
 - Прирост зеленых насаждений
 - Участки сокращения зеленых насаждений
 - Иные зеленые насаждения в пригородной зоне
- #### Административные границы районов г. Тверь
- Заволжский р-н
 - Московский р-н
 - Центральный р-н
 - Пролетарский р-н
 - Граница г. Тверь
 - Высокоскоростная железнодорожная магистраль (ВСЖМ-1)
 - Водные объекты

Рис. 4. Пространственная динамика зелёных насаждений г. Тверь: А) – прирост зелёных насаждений; Б) сокращение зелёных насаждений

Результаты показывают, что с учетом общего сокращения численности населения города, площадь зелёных насаждений на душу

населения также сократилось (-5,5 м²). Постепенно проявляются нежелательные тенденции *деэкологизации городского пространства*.

Наиболее выраженные участки прироста зелёных насаждений сосредоточены вдоль границы города. Крупный зарастающий массив расположен на северо-восточной окраине города – участок ранее осушенного болота. Основной причиной являются процессы вторичной сукцессии, возникающие на месте заброшенных сельскохозяйственных угодий (луга, пашни, пастбища), эксплуатационно-невыстроенных ландшафтов осушенных болот, вырубок и гарей.

Значительные участки сокращения зелёных насаждений приурочены к городским территориям, отведённым под застройку новыми городскими кварталами, а также расширения производственных площадок. Кроме этого, наблюдается существенно обезлесение внутригородских кварталов, которое возникло вследствие политики «облагораживания» придомовых территорий. Сведение деревьев (по санитарным причинам, для увеличения освещенности) и замещение кустарниковой растительностью приводит к дестабилизации экологического каркаса, разрыву ареалов расселения мелких млекопитающих, снижению санитарно-гигиенической и эстетической ценности зелёных насаждений. Отсутствие ухода за такими видами, как американский клен, привело к неконтролируемому распространению данного вида на пустырях и в придомовых территориях на окраинах города.

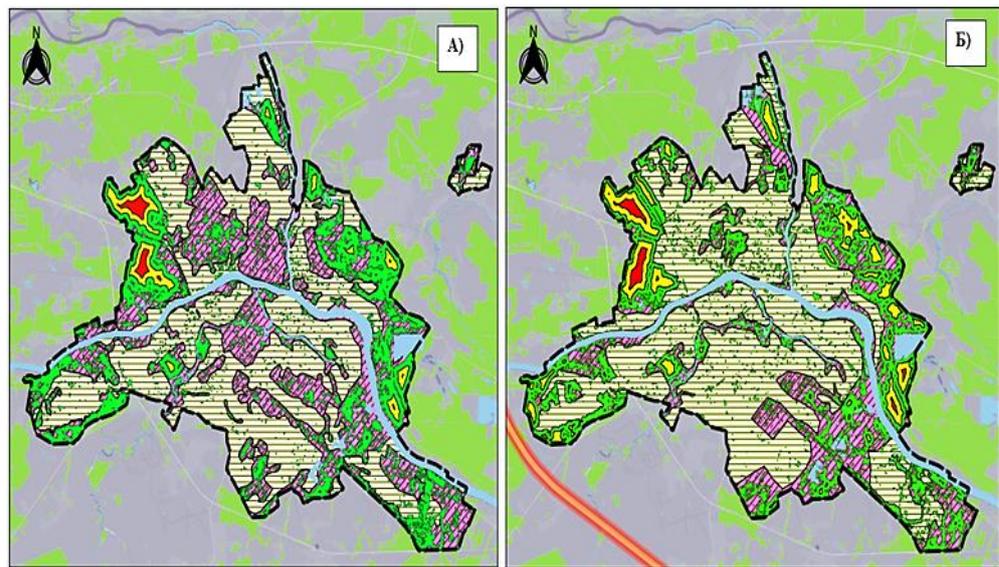
Гидротехнические мероприятия по расчистке р. Тьмака и системы прудов Лазурь привели к обезлесению ключевого магистрального зелёного коридора, расположенного в центре города. В результате прослеживаются негативные последствия, выраженные в сокращении площади гнездовой аиста, усыхании напочвенного покрова, а также постепенной гибели оставшихся деревьев из-за отсутствия необходимого объема кроны, листового опада, минерально-органического и биологического питания.

Серьезнейший урон был нанесен зелёным насаждениям Центрального района г. Твери. Здесь в период с 2010 по 2022 гг. активно занимались реорганизацией городского пространства и в целях «улучшения» облика исторического центра большинство старовозрастных деревьев было вырублено, а улицы и проспекты замощены каменной плиткой и асфальтом. Оставшиеся единичные деревья, как, например, на главной улице города – Трехсвятской, обречены на усыхание и гибель в ближайшие годы из-за недостатка питания и перекрытия основной площади корневой системы от поступающих атмосферных осадков; ежегодном удалении листового опада.

Очень разрозненны скверы, находящиеся в разных районах города, не всегда выдержан ландшафтный дизайн этих объектов. Зачастую его модель для конкретного объекта просто отсутствует.

За последнее время с территории города исчезло несколько зелёных зон (не менее 20 га сведено под строительство торговых центров). В марте 2014 г. исчез сосновый участок на бывшем трамвайном кольце в Мигалово.

При визуальном анализе размещения зелёных зон города заметно, что зелёные насаждения г. Твери имеет выраженную внутреннюю поляризованность (рис. 5). Признаки поляризации зелёного пространства прослеживались уже в 1992 г. и стали очевидны при рассмотрении карты-схемы 2022 г.



Легенда

Ядро стабилизации зеленых зон города

■ Внутреннее ядро

■ Внешнее ядро

■ Буферная зона

Внутренняя периферия

▨ Зона разрушения зеленых насаждений

▨ Зона уничтожения зеленых зон

Прочие объекты

▬ Граница г. Тверь

■ Водные объекты

■ Зеленые насаждения пригородной территории

Рис. 5. Разрушение зелёного пространства Твери с периферийной концентрацией в период 1992–2022 гг.

Территориальная структура зелёного пространства Твери в 1992 г. (см. рис. 5А):

- *Ядра стабилизации (очаги)* – фрагментированным полукольцом рассредоточены по северной границе города и административно приурочены к Заволжскому району. Выявлено 9 основных ядер экологической стабилизации. Пять из них находятся в состоянии полной сформированности и территориально приурочены к крупнейшим городским зелёным массивам. На северо-западе г. Твери выделяется 2 мощных ядра стабилизации, размещенных в пределах ООПТ «Комсомольская роща». Именно они составляют экологическую основу экосистем города. Имеют выраженную ромбовидную форму с ориентацией вдоль Петербургского шоссе, разрезающего эти территории с юго-востока на северо-запад. Данные ядра стабилизации сформированы условно коренными старовозрастными сосняками и ельниками. Четыре ядра находятся в стадии образования. Оформлено внешнее ядро и буферная зона, но высота деревьев и плотность крон не позволяет констатировать появление внутреннего ядра. Состоят преимущественно из лиственных и темнохвойных пород деревьев.

- Мощная *буферная зона* образована вокруг аэродрома «Мигалово» на юго-западной оконечности города, а также в пределах пустующих пространств у пос. Элеватор. В Заволжском районе выделяется значительная буферная зона в условном квадрате «ул. Луначарского – ул. Веселова – ул. Скворцова-Степанова – ул. Красина», образованная на пустыре дикорастущими видами.

- Деградирующий *«старый» экологический каркас* представлен сужающимся зелёным буфером вдоль р. Тьмака и системой прудов «Лазурь», условно объединяющим ООПТ города (Первомайская роща, парк «Текстильщик», ландшафтный парк Тьмака, парк Победы, Бобачёвская роща, Берёзовая роща). Указанные ООПТ поддерживают шаткую экологическую стабильность южной части г. Твери, однако из-за отсутствия должного ухода за произрастающими здесь древесными и кустарниковыми видами, а также увеличивающимся антропогенным загрязнением, их экологическая ценность постепенно снижается.

- Наиболее «оголёнными» являются южные окраины города. Здесь зелёные насаждения представлены в пределах *«зоны разрушения зелёных насаждений»* и имеют линейно вытянутую структуру вдоль крупнейшей транспортной артерии – ж/д магистрали и связанной с ней лесополосы. Остальные земли заняты жилыми, инфраструктурными и транспортно-логистическими объектами города.

- *Зона уничтожения зелёных насаждений.*

Оформляется внутренняя периферия зелёных зон по мере расширения городской застройки. Постепенно «зона разрушения

зелёных насаждений» преобразуется в «зону уничтожения зелёных насаждений».

Территориальная структура зелёного пространства Твери в 2022 г. (см. рис. 5Б):

- *Ядра стабилизации.* Выделяются 22 ядра: 6 из них полностью сформировавшиеся ядра экологической стабилизации, 5 из которых сохранились с 1992 г., 16 – имеют лишь оформившееся внешнее ядро. Отличительной особенностью ядер, выделяемых в 2022 г., стало изменение их пространственной конфигурации от ромбовидной формы до овальной, а также общее сокращение размерности и высокая степень сегментированности. Это может быть обусловлено тем, что за 30 лет под воздействием внешних негативных антропогенных факторов, таких как загрязнение вод, почв, распространение растительных болезней и вредителей, несанкционированных рубок и гарей, общая площадь зелёных насаждений сократилась, процент территории покрытой зелёными насаждениями снизился, а алгоритм евклидовой геометрии перевел участки, которые ранее относились к внутреннему ядру в ядро внешнее, либо в буферную зону.

- Отмечается общее пространственное сокращение *буферной зоны* и её деструкция на обособленные фрагменты.

- *«Старый» экологический каркас* – описанные ранее городские ООПТ пострадали из-за расширения селитебной застройки и повышенной рекреационной нагрузки: 1) Первомайская роща и парк Тексильщиков находятся в кризисном состоянии из-за высокой загрязнённости лесных массивов, а также распространения вредителей; 2) Планомерное «ландшафтное планирование» городского центра загубило уникальное разнообразие поймы р. Тьмака и цепи прудов Лазурь; 3) При строительстве ЖК «Лесная мелодия – 1 и – 2», была отторгнута часть территории ООПТ Бобачёвская роща в пользу застройщиков. Аналогичные деструктивные процессы характерны для всех зелёных территорий города.

- *Зона разрушения зелёных насаждений.* Наблюдается центростремительное сжатие данной зоны в сторону сохранившихся ядер экологической стабилизации и ООПТ города.

Отдельно стоит заметить явное *уменьшение плотности* зелёных насаждений в центральных районах города за прошедшие 30 лет. В результате планомерных действий муниципальных властей Центральный, Пролетарский и Московский районы остались фактически без «зелёных островов» в пределах наиболее плотной селитебной и деловой застройки города. Сильны *процессы деэкологизации* и на

территориях нового строительного освоения в пределах микрорайонов Мигалово, Соминка, Южный и Юность.

Мощный *очаг экологической дестабилизации* наблюдается и на юго-восточной окраине города в районе пос. Элеватор. Здесь, вследствие расширения промышленной зоны города, под рубку уходят десятки и сотни гектаров облесённой территории, которые не находятся в ведении государственного лесного фонда.

• *Зона уничтожения зелёных насаждений.* На отдельных участках городской территории указанная зона приобрела сплошное распространение, например, в пределах исторической и современной городской застройки жилых кварталов. Данная тенденция хорошо прослеживается в Центральном и Московском районах города.

Таким образом, за рассматриваемый период: ядра стабилизации претерпели количественные и качественные изменения, геометрическую трансформацию; в результате антропогенного воздействия «старый» экологический каркас теряет устойчивость, вследствие пространственной сегментации зелёных насаждений; «буферная зеленая зона» сокращается и распадается на фрагментированные участки; «зона разрушения» смещается к городской периферии, а «зона уничтожения» занимает доминирующее положение практически на всей территории города.

Предложения по трансформации зеленого каркаса Твери

Макроуровень. Благоустройство водно-зелёного диаметра, продолжение благоустройства природного парка в долине реки Тьмаки. Интенсификация озеленения экологических и создание новых буферных лесопарков с южной и северной стороны Твери и зелёных коридоров.

Мезоуровень. Озеленение экологических коридоров. Создание набережных, новых парков, реконструкция существующих и исторических зелёных элементов. Применение передовых тенденций в озеленении городов. Озеленение пустошей.

Микроуровень. Локальная трансформация – городская «акупунктура». Применение ландшафтных стилей в оформлении жилых кварталов. Малозатратные способы улучшения городской среды при помощи растений.

Варианты решения

Необходимы: заинтересованность властей, повышение экологического сознания активных жителей, привлечение специалистов в сфере благоустройства и озеленения, ежедневный мониторинг работы по улучшению среды, применение креативных нестандартных решений (геопластика, колористика, МАФ, ландшафтный дизайн городских территорий, экопарковки, подземные парковки, вертикальное озеленение, топиарии, применение местных растений из природы (для популяризации и устойчивости родной природы), создание

экологических троп), разные способы борьбы с грязью на дорогах и пылью, применение новых материалов, озеленение новых микрорайонов.

Создание единого, целостного каркаса зелёных насаждений в городе является наиболее эффективным способом достижения высокого качества городской среды. Обширная мозаичность селитебных, промышленных и складских территорий, низкое качество транспортной структуры, городской инфраструктуры, разорванность зелёных зон, труднодоступность зон рекреаций – эти проблемы необходимо решать.

Список литературы

1. Атмосферная коррекция по методу DOS. GIS LAB. Географические информационные системы и дистанционное зондирование. [Электронный ресурс]. URL: <https://gis-lab.info/qa/atcorr-dos.html>.
2. Владимиров В.В. Расселение и окружающая среда / В.В. Владимиров. М.: Стройиздат, 1982. 228 с.
3. Генеральный план городского округа – города Твери. Администрация города Твери. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tver.ru/isogd/>.
4. Государственный стандарт Союза ССР ГОСТ 28329-89 "Озеленение городов. Термины и определения" (утв. постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 10 ноября 1989 г. N 3336) (Докипедия: Государственный стандарт Союза ССР ГОСТ 28329–89 "Озеленение городов. Термины и определения" (утв. постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 10 ноября 1989 г. N 3336)) [Электронный ресурс]. URL: <https://dokipedia.ru/document/5321385>.
5. Елизаров В. В. О создании экологического каркаса Самарской области / А. В. Елизаров // Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. Самара, 1998. Вып. 6. С. 76–91.
6. Муравьева Л. В. Изменение площади лесов на территории Тверского лесничества за последние 30 лет / Л. В. Муравьева, А. Р. Сергеев // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. 2022. № 1(37). С. 22–31. DOI 10.26456/2226-7719-2022-1-22-31.
7. Муравьева Л. В. Интегральная оценка экологического состояния леса на примере Кулицкого участкового лесничества / Л. В. Муравьева, А. Р. Сергеев О. Ю. Сурсимова // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. 2022. № 4(40). С. 105–113. DOI 10.26456/2226-7719-2022-4-105-113.
8. Национальный проект «Жильё и городская среда». Минстрой России [Электронный ресурс] / Стройкомплекс России. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/natsionalnye-proekty/natsionalnyy-proekt-zhilye-i-gorodskaya-sreda/>.

9. Расчет евклидова расстояния с помощью NumPy. [Электронный ресурс] Habr. URL: <https://habr.com/ru/articles/579914/>
10. Родоман Б. Б. Поляризованная биосфера: Сборник статей. Смоленск: Ойкумена. 2002. 336 с.
11. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*" (утв. Приказом Минрегиона РФ от 28.12.2010 N 820). СП 42.13330.2011. [Электронный ресурс] URL: https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPGR_28.12.2010.pdf.
12. Сергеев А. Р. Классификация лесов Тверского лесничества на основе анализа снимков спутниковой системы Landsat / А. Р. Сергеев // География, экология, туризм: научный поиск студентов и аспирантов: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции, Тверь, 20 мая 2022 года. Тверь: Тверской государственный университет, 2022. С. 58–61.
13. Сорокин А. С. К организации водно-болотного эколого-просветительского центра "Птичье Эльдorado" в Г. Твери (Россия) / А. С. Сорокин, Д. В. Кошелев, А. В. Зиновьев // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2014. № 4. С. 195–202.
14. Сукманова Н. Ю., Чернышова Е. Ю. Зеленый каркас в социальном пространстве города Твери. // Современное общество, образование и наука. /Сборник науч. трудов межд. науч.-практ. конф. Тамбов, 2018. С.107–112.
15. Таргаева Е. Е. Особенности формирования модели экологического каркаса индустриального города ресурсного региона (на примере городов Новокузнецка и Прокопьевска): дис. ... канд. геогр. наук: 1.06.21. Новокузнецк, 2022. 180 с.
16. Earth Explorer. USGS science for a changing world [Электронный ресурс] URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
17. Lappo G. M. (1997). Geografiya gorodov [Urban geography]. Moscow, Gumanitarniy izdatel'skiy tsentr VLADOS Publ. 480 p.
18. The history of land surveying. CourthouseDirect.com/ Public records online not in line. URL: <https://info.courthousedirect.com/blog/history-of-land-surveying>.
19. Wentao Yea, Xi Li, Xiaoling Chena, Guo Zhanga (2015). A spectral index for highlighting forest cover from remotely sensed imagery. A State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan, China 43007. DOI: 10.1117/12.2068775.
20. World Health Organization [Электронный ресурс]: Europe. URL: <https://www.who.int/europe/home?v=welcome>.

Об авторах:

СЕРГЕЕВ Антон Романович – студент 1 курса магистратуры факультета географии и геоэкологии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2, e-mail: arsergeev2000@gmail.com), ORCID: 0000-0002-5963-4126, SPIN-код: 7848-7262.

СУКМАНОВА Нина Юрьевна, доцент кафедры социально-экономической географии и территориального планирования ТвГУ, кандидат географических наук, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2, e-mail: NinaSukmanova@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-0844-4461, SPIN-код: 8978-3370.

ПРОКОФЬЕВА Наталья Борисовна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физической географии и экологии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170021, г. Тверь-21, Прошина, д. 3 корп.2, e-mail: prokofjevanat@mail.ru), ORCID: 0000-0002-8679-4504, SPIN-код: 1838-2279.

SPATIAL ANALYSIS OF THE ECOLOGICAL FRAMEWORK OF THE CITY OF TVER

A.R. Sergeev, N.J. Sukmanova, N.B. Prokofieva

Tver State University, Tver

The paper considers the features of the formation and functioning of the "green frame" as part of the ecological frame of the city of Tver. The main elements of green spaces (cores, corridors, centers, etc.) have been identified. The main attention is paid to the analysis of the spatial dynamics of green spaces. Cartographic, geoinformational and visual analysis made it possible to identify new elements of the territorial structure of the green space of Tver at three levels, with options for solving the current situation.

Keywords: *Tver, ecological frame, green frame, deecologisation of urban space.*

Рукопись поступила в редакцию 30.05.2023
Рукопись принята к печати 31.05.2023