

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ
ПРИ СРАВНЕНИИ ДОЛИ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ
В ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ
ОБЛАСТНЫХ ЦЕНТРОВ ЦЧР**

А. А. Бабанина, Д. Е. Дюкарев, П. А. Суханов, Ю. А. Нестеров

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия,
e-mail: d-dukarev@yandex.ru

**THE USE OF REMOTE SENSING METHODS
FOR COMPARING THE PROPORTION OF GREEN
VEGETATION IN THE SPATIAL STRUCTURE
OF THE REGIONAL CENTERS OF THE CENTRAL
CHERNOZEM REGION (CCR)**

A. A. Babanina, D. E. Dyukarev, P. A. Sukhanov, Y. A. Nesterov

Аннотация. В настоящей научной статье представлен сравнительный анализ площадей зеленых насаждений в областных центрах Центрально-Черноземного региона России с использованием геоинформационных систем и методов дистанционного зондирования Земли. Исследование фокусируется на городских округах Центрально-Черноземного региона (г. о. г. Белгород, г. о. г. Воронеж, г. о. г. Курск, г. о. г. Липецк, г. о. г. Тамбов), а результаты анализа включают сопоставление доли и общей площади зеленых насаждений в структуре этих городских округов. Дешифровка данных дистанционного зондирования Земли выявила, что в областных центрах ЦЧР зеленые насаждения охватывают значительные территории, однако их распределение обладает неравномерным характером. Полученные результаты исследования представляют интерес для администрации городов в контексте принятия управленческих и градостроительных решений, учитывающих особенности зеленых зон в различных городских округах.

Ключевые слова: ГИС-технологии, зеленые насаждения, Центрально-Черноземный регион, методы дистанционного зондирования Земли, экогеоурбанистика

Abstract. This scientific article presents a comparative analysis of the areas of green spaces in the regional centers of the Central Chernozem region of Russia using geoinformation systems and methods of remote sensing of the Earth. The study focuses on urban districts of the Central Chernozem region (Belgorod, Voronezh, Kursk, Lipetsk, Tambov), and the results of the analysis

include a comparison of the share and total area of green spaces in the structure of these cities. The decryption of Earth remote sensing data revealed that in the regional centers of the Central Park, green spaces cover significant territories, but their distribution is uneven. The obtained research results are of interest to the city administration in the context of making managerial and urban planning decisions that take into account the peculiarities of green zones in various urban districts.

Keywords: GIS technologies, green vegetation, Central Chernozem Region, remote sensing methods, ecogeourbanism

Введение. В современном мире, где урбанизация стремительно преобразует облик городов, вопросы экологии и устойчивого развития становятся все более актуальными. Среди ключевых элементов, влияющих на экологическое состояние городов, занимают важное место зеленые насаждения, оказывающие положительное воздействие на окружающую среду и качество жизни горожан [Казарян, 2021]. Зеленые насаждения — один из важнейших элементов благоустройства, выполняющие роль экологического каркаса городского округа, одновременно являясь как фильтрующими элементами запыленного и загазованного воздуха, так и преградой при распространении автотранспортного шума. В данном контексте, сравнительная оценка городских зеленых насаждений областных центров Центрально-Черноземного региона России (ЦЧР) представляет собой актуальную исследовательскую задачу.

Для обширных территорий наиболее эффективным является мониторинг и использование космических снимков. Современные автоматизированные геоинформационные системы позволяют получать наиболее оперативную и достоверную информацию о состоянии различных экосистем на любой самой удаленной территории [Евдокименко, 2022]. ГИС-технологии позволяют не только эффективно собирать пространственные данные, но и проводить их комплексный анализ, выявляя закономерности и тренды в распределении зеленых насаждений в структуре городского округа.

Цель исследования — используя данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), определить долю и площадь зеленых насаждений региональных центров Черноземья, сравнить их между собой и строительными нормами и правилами.

Методы и исходные данные. Исходными данными являются спутниковые снимки Landsat-9. Для выделения зеленых насаждений в общей структуре городских округов были получены двухканальные снимки с общедоступного информационного портала EarthExplorer, содержащего архив материалов ДЗЗ за 2023 г.

[Геологическая..., 2024]. Наименования и даты создания снимков, на которых представлены изучаемые городские округа, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Список используемых снимков LANDSAT-9

Городской округ	Название снимка ДЗЗ	Дата
г. Курск	LC09_L2SP_178024_20230618_20230620_02_T1_SR	18.06.2023
г. Липецк	LC09_L2SP_176023_20230604_20230606_02_T1_SR	04.06.2023
г. Воронеж	LC09_L2SP_176024_20230604_20230606_02_T1_SR	04.06.2023
г. Белгород	LC09_L2SP_178025_20230602_20230604_02_T1_SR	02.06.2023
г. Тамбов	LC08_L2SP_175023_20230707_20230718_02_T1_SR	07.07.2023

Методика исследования основана на определении нормализованного относительного индекса растительности — NDVI, вычисляемого по формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

где NIR — отражение в ближней инфракрасной области спектра; RED — отражение в красной области спектра.

Индекс NDVI имеет размах значений от 1 (интенсивная, густая растительность) до -1 (асфальт, бетон и т. д.). Для растительности индекс принимает положительные значения (от 0,2 до 0,9), и чем больше зеленая фитомасса растений в момент измерения, тем значение NDVI ближе к единице (табл. 2) [Степанов, 2020].

Таблица 2. Нормализованный относительный индекс растительности [3]

Тип объекта	Значение NDVI
Густая растительность	0,7
Разряженная растительность	0,5
Открытая почва	0,025
Облака	0
Снег и лед	-0,05
Вода	-0,25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	-0,5

Расчеты показателей NDVI и определения доли и площади зеленых насаждений произведены в программном обеспечении QGIS в следующей последовательности действий:

- 1) Загрузка двухканальных растровых снимков в пространство QGIS;
- 2) Добавление границ городских округов с помощью вспомогательного модуля «QuickOSM»;
- 3) Обрезка растровых снимков по загруженному контуру;
- 4) Определение значений NDVI в разделе «калькулятор растров»;
- 5) Цветосинтезирование полученных значений;
- 6) Определение площадных характеристик в инструментах анализа «Зональная статистика растров» [Практикум..., 2016].

Результаты и обсуждение. На рисунке представлены карты территорий городских округов ЦЧР с цветовой градацией значений NDVI.

Анализ карт с помощью инструмента «Зональная статистика» позволил составить сводную таблицу (табл. 3) с площадью г.о. (км²), долей озеленения в общей структуре г.о и площадью зеленых насаждений (км² и га).

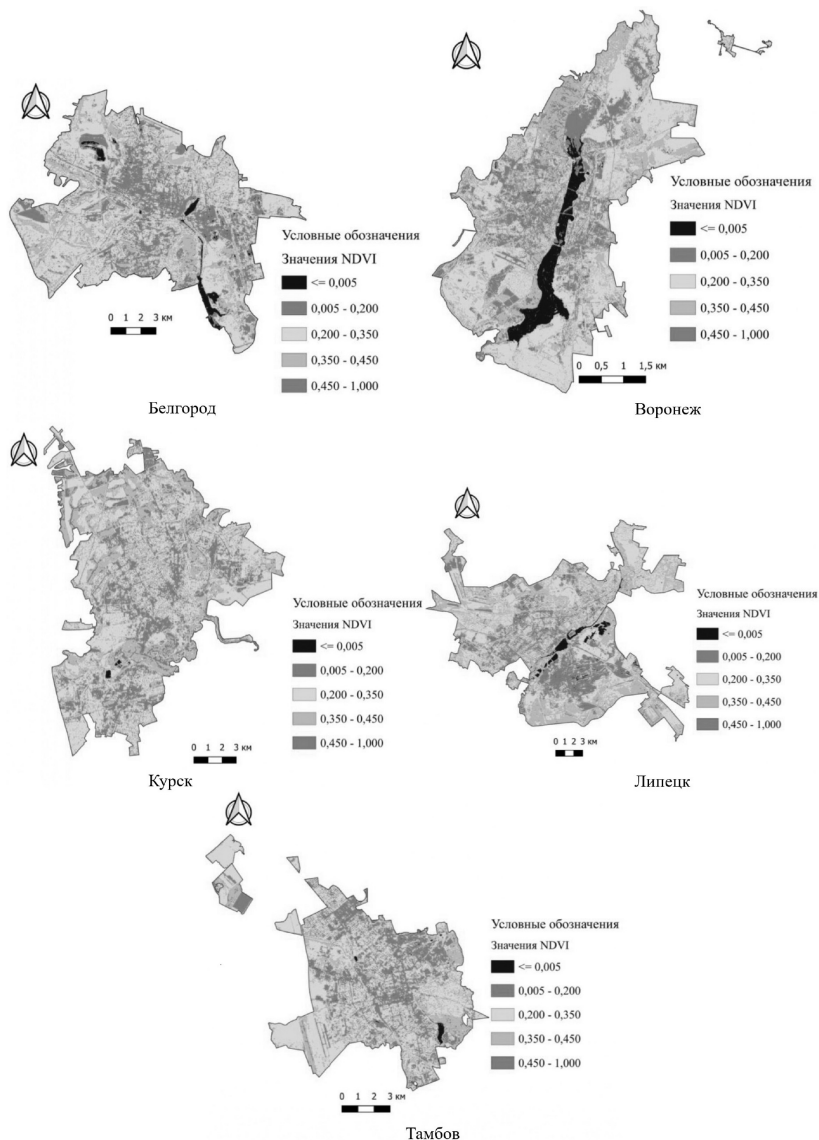
Таблица 3. Сводная таблица с полученными значениями площади зеленых насаждений

Городской округ	Площадь городского округа, км ²	Доля озеленения в общей структуре г.о., %	Площадь зеленых насаждений, км ²	Площадь зеленых насаждений, га
г. Курск	208	78,0	162	16 231
г. Липецк	330	73,3	242	24 178
г. Воронеж	596	70,6	421	42 050
г. Белгород	153	70,3	108	10 753
г. Тамбов	107	68,9	74	7 374

Изучив сводную таблицу, можно прийти к следующим выводам:

1. Наивысший уровень озеленения в общей структуре городского округа наблюдается в г. о. г. Курска (78 %). Самое низкое значение зеленых насаждений отмечено в г. о. г. Тамбова (68,9 %). Это объясняется включением крупных лесопарковых зон, таких как Соловьиная роща и урочище Солянка, в состав г. о. г. Курска. Кроме того, относительно небольшая площадь г. о. г. Курска выдвигает его на первое место по доле озеленения в общей структуре городского округа Центрально-Черноземного региона.

2. Наибольшая общая площадь зеленых насаждений принадлежит г. о. г. Воронежа (420 км² или 42 005 га), в то время как самую небольшую площадь озеленения имеет г. о. г. Тамбова (74 км² или 7 374 га). Городской округ г. Воронежа обладает наибольшей



Распределение значений NDVI по территории городских округов ЦЧР

общей площадью зеленых зон, благодаря включению в городской округ таких территорий, как Воронежская нагорная дубрава, Шилов лес, Северный лес и др., что существенно увеличивает общую площадь зеленых насаждений. Важно отметить, что при высокой

площади городского округа г. Воронежа (596 км²), доля озеленения в его общей структуре городского округа оставляет его на третьем месте.

Заключение. При использовании методов дистанционного зондирования Земли для оценки зеленых насаждений установлено, что во всех областных центрах ЦЧР зеленые насаждения занимают большую часть территорий, однако расположены они неравномерно относительно селитебных зон городских округов. В связи с необходимостью проведения детального анализа распределения населения и зеленых территорий, исследование носит пролонгированный характер.

ЛИТЕРАТУРА

- Казарян Р. А. Развитие современных городов с позиции экологического подхода // Экономика строительства и природопользования. 2021. № 1 (78). С. 28–34.
- Евдокимов С. И., Штефурык А. В. Использование ГИС-технологий в мониторинге природных и антропогенных объектов // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2022. Т. 15. № 1. С. 70–93.
- Геологическая служба США: официальный сайт [электронный ресурс] // URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения 17.01.2024).
- Степанов С. Ю., Петров Я. А., Сидоренко А. Ю. Оперативный контроль за состоянием лесных ресурсов на основе анализа данных дистанционного зондирования Земли // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2020. № 2 (38). С. 44–52.
- Практикум по геоинформационным технологиям. QGIS в экологии и природопользовании / Д. В. Сарычев. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2016. 29 с.