

## **АНАЛИЗ ДИНАМИКИ NDVI РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПАРКА ИМ. М. ГАФУРИ Г. УФЫ**

**М.В. Мартынова,**  
д-р, с.-х. наук, доцент, доцент кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна,  
**С.И. Гарфутдинова,**  
соискатель кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна,  
**Г.Е. Одинцов,**  
канд., с.-х. наук, доцент кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна,  
**А.К. Габделхаков,**  
канд., с.-х. наук, доцент, доцент кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна,  
**Д.А. Рафикова,**  
ассистент кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна,  
*ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, Россия*

**Аннотация.** В ходе исследования был проведен анализ динамики NDVI растительного покрова парка им. М. Гафури г. Уфы. Для этого были использованы космические снимки Landsat за 1997, 2014 и 2023 гг., по которым определены NDVI растительного покрова исследуемого парка. Обработка снимков проводилась с использованием программного обеспечения ArcGis 10.5. Вегетационный индекс NDVI на полученной тематической карте сгруппирован в 7 классов с градацией от 0,0 до 0,7. Полученные результаты свидетельствуют о росте NDVI в нескольких классах за рассматриваемый период на исследуемой территории. На снимке 1997 г. большая часть территории лесопарка характеризуется шестым (49,1 %), седьмым (33,7 %) и пятым (10,7 %) классами. На снимке Landsat 2014 г. наблюдается уменьшение значения NDVI по площади растительного покрова. Существенными по площади являются изменения в 3-7 классах. По состоянию на 2023 год в парке доминирует 4 класс – 47,9 %. Уменьшение фотосинтетической активности исследуемого участка отражают большие переходы площади с 6-7 класса на более низкие. Этот факт можно связать с уменьшением лесоводственной полноты (степени сомкнутости крон). Уменьшение на 2 класса и более связано со строительством объектов благоустройства. За 26-летний период произошли изменения по всем классам индекса NDVI.

Ключевые слова: динамика, парк, NDVI, растительный покров, насаждение.

## **ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF NDVI VEGETATION COVER OF THE M. GAFURI PARK IN UFA**

**M.V. Martynova,**  
*Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of  
Forestry and Landscape Design,*  
**S.I. Garfutdinova,**  
*Candidate of the Department of Forestry and Landscape Design,*  
**G.E. Odintsov,**  
*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry and  
Landscape Design,*  
**A.K. Gabdelkhakov,**  
*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of  
Forestry and Landscape Design,*

**D.A. Rafikova,**  
*Assistant Professor at the Department of Forestry and Landscape Design,  
Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia*

**Abstract.** The study analyzed the dynamics of the NDVI vegetation cover of the M. Gafuri Park in Ufa. For this purpose, the Landsat satellite images for 1997, 2014 and 2023 were used, which determined the NDVI of the vegetation cover of the studied park. The images were processed using the ArcGIS 10.5 software. The NDVI vegetation index on the resulting thematic map is grouped into 7 classes with a gradation from 0.0 to 0.7. The results indicate an increase in NDVI in several classes during the period under review in the study area. In the picture from 1997 Most of the forest park's territory is characterized by sixth (49.1%), seventh (33.7%) and fifth (10.7%) classes. The 2014 Landsat image shows a decrease in the NDVI value in terms of vegetation cover. The changes in grades 3-7 are significant in terms of area. As of 2023, Class 4 dominates in the park – 47.9%. The decrease in photosynthetic activity of the studied area reflects large area transitions from class 6-7 to lower ones. This fact can be attributed to a decrease in forestry completeness (the degree of crown closure). A decrease of 2 classes or more is associated with the construction of landscaping facilities. Over the 26-year period, there have been changes in all classes of the NDVI index.

**Keywords:** dynamics, park, NDVI, vegetation, planting.

**Введение.** Оценка текущего состояния ландшафтов и отслеживание их эволюции под воздействием различных факторов является важнейшей задачей современных экологических исследований и управления природными ресурсами [3]. Спутниковые снимки играют ключевую роль в современном мониторинге ландшафтов, облегчая расчет растительных индексов, таких как нормализованный разностный растительный индекс (NDVI). Это позволяет анализировать динамику долгосрочных изменений в обширных географических регионах. Такие исследования особенно ценны в регионах с уникальной правовой базой, в которых приоритетное внимание уделяется сохранению биоразнообразия и сохранению функций экосистем [1].

Индексы растительности, которые измеряют состояние и плотность растительного покрова, очень чувствительны к изменениям, вызванным как деятельностью человека, так и природными явлениями. Эти факторы могут включать рекреационное использование, добычу полезных ископаемых, разрастание городов, ветровую и водную эрозию и лесные пожары [3,5]. В целях мониторинга глобальных тенденций в области растительности и биоразнообразия исследователи часто используют данные дистанционного зондирования со спутников. Эти спутниковые системы получают изображения в широком спектре электромагнитного излучения, что позволяет проводить всесторонние наблюдения за экосистемами Земли с высоким пространственным и временным разрешением. Анализируя эти изображения и создавая тематические карты на основе индексов растительности, ученые могут выявлять потенциальные экологические риски и прогнозировать будущие изменения в состоянии экосистем [4].

Индекс NDVI отличается простотой вычисления и обладает широким динамическим диапазоном, что позволяет эффективно определять тип растительного покрова. Он также демонстрирует умеренную чувствительность к изменениям почвенного или атмосферного фона. Однако следует отметить, что NDVI может быть менее точным при анализе участков с разреженной растительностью [2].

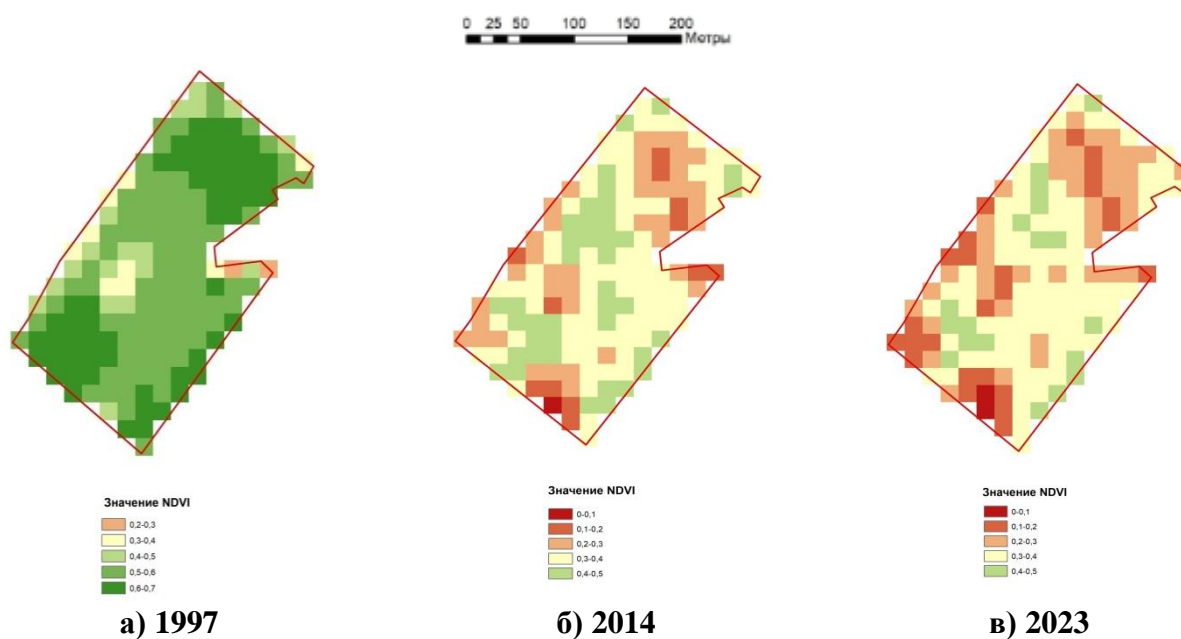
**Цель исследования** – анализ динамики NDVI растительного покрова парка им. М. Гафури г. Уфы.

**Методика исследования.** В качестве объекта исследования выбран парк им. М. Гафури (рисунок 1). Для проведения исследований использованы космические снимки Landsat-5 (1997) и Landsat-8 (2014 и 2023):

- спутниковый снимок Landsat-5, сцена LT51670221997204AAA02, дата съемки 23.07.1997 г., UTM Zone 40, облачность 0,00%;
- спутниковый снимок Landsat-8, сцена LC81660222014196LGN01, дата съемки 15.07.2014 г., UTM Zone 40, облачность 1,56%;
- спутниковый снимок Landsat-8, сцена LC81660222023189LGN00, дата съемки 08.07.2023 г., UTM Zone 40, облачность 0,04%



**Рисунок 1 – Исследуемая территория (парк им. М. Гафури)**



**Рисунок 2 – Коэффициенты NDVI в различные временные периоды по классам**

Анализ современного состояния парка и динамики вегетационного индекса NDVI за 26-летний период был осуществлен на основе космических снимков, охватывающих его территорию. Обработка снимков проводилась с использованием программного обеспечения ArcGis 10.5. В результате расчета были определены площади для каждого класса NDVI попиксельно.

**Результаты исследований.** Для оценки динамики вегетационного индекса NDVI были проведены сравнительные исследования снимков многолетних космических наблюдений. Анализ трех снимков, полученных в 1997, 2014 и 2023 годах и охватывающих исследуемую территорию, позволил проанализировать современное состояние вегетационного покрова и выявить тенденции изменения индекса NDVI в пределах выделенных участков по категориям землепользования. Сравнение динамики индексов с 1997 года указывает на существенные изменения площадей всех классов земель, представленных значениями от 0 до 1 (рисунок 2, таблицы 1, 2).

**Таблица 1 – Характеристики индекса вегетации NDVI по классам**

Значение NDVI	1997		2014		2023	
	Кол. пикселей, шт.	Площадь, га	Кол. пикселей, шт.	Площадь, га	Кол. пикселей, шт.	Площадь, га
0-0,1		0,00	1	0,09	2	0,18
0,1-0,2		0,00	12	1,08	25	2,25
0,2-0,3	2	0,18	40	3,60	43	3,87
0,3-0,4	9	0,81	76	6,84	81	7,29
0,4-0,5	18	1,62	40	3,60	18	1,62
0,5-0,6	83	7,47		0,00		0,00
0,6-0,7	57	5,13		0,00		0,00
Итого	169	15,21	169	15,21	169	15,21

размер одного пикселя 30 30 м

**Таблица 2 – Значения индекса вегетации NDVI**

Показатель	1997	2014	2023
Значение NDVI:			
Мин	0,2530120611190796	0,08129469305276871	0,09054809063673019
Макс	0,6833333373069763	0,4776639938354492	0,4566194415092468
Среднее	0,5566827582537069	0,3333259823142424	0,303298755686664
Ср. кв. откл.	0,08500733493556187	0,0840909372473759	0,08707520334612692

При группировке полученных значений NDVI в 7 классов согласно методике исследования, получили следующие результаты. На снимке 1997 г. большая часть территории лесопарка характеризуется шестым (49,1 %), седьмым (33,7 %) и пятым (10,7 %) классами. Удельный вес остальных классов (1-4) составляет менее 6 %. На снимке Landsat 2014 г. наблюдается уменьшение значения NDVI по площади растительного покрова: на 6-7 классы приходится 0 %, увеличилась площадь с 1 по 5 классы. Участки парка, на которых произошли изменения в 1-2 классах NDVI, незначительны. Существенными по площади являются изменения в 3-7 классах. На снимке 2023 года 6-7 классы остались неизменными, незначительно увеличилась площадь с 1 по 4 класс, по 5 классу площадь уменьшилась. По состоянию на 2023 год в парке доминирует 4 класс – 47,9 %.

По территории 1-5 классы (значение вегетационного индекса 0-0,7) наблюдается существенное увеличение площади, а территории с 6-7 классом (ВИ от 0,5-0,7) характеризуются отрицательной динамикой, что обусловлено изменениями в предыдущих классах. Уменьшение фотосинтетической активности исследуемого участка отражают большие переходы площади с 6-7 класса на более низкие. Этот факт можно связать с уменьшением лесоводственной полноты (степени сомкнутости крон). Уменьшение на 2 класса

и более связано со строительством объектов благоустройства. За 26-летний период произошли изменения по всем классам индекса NDVI. Эти участки равномерно распределены по всему парку.

**Заключение.** Расчёт вегетационного индекса NDVI на основе снимков с различным пространственным разрешением (низким, средним и широким) представляет собой эффективный инструмент для комплексного анализа лесных территорий. Данный метод позволяет не только выделить участки, не покрытые лесом или являющиеся нелесной землей, но также чётко визуализировать участки древостоев, существенно отличающиеся по своим характеристикам от окружающих (представленные более тёмными оттенками на индексированном изображении). Широкое применение расчёт NDVI находит в картографировании, таксации и анализе лесных массивов, включая парковые насаждения.

### Список литературы

1. Баширова, Ч. Ф. Индекс NDVI для дистанционного мониторинга растительности // Молодой ученый. 2019. № 31 (269). С. 30-31. URL: <https://moluch.ru/archive/269/61895/>.
2. Ботвич, И.Ю. Динамика трендов NDVI растительности Западной Сибири в условиях климатических изменений (по спутниковым данным) / И.Ю. Ботвич, Г.С. Высоцкая, С.А. Иванов, Т.И. Письман, А.П. Шевырногов. Журн. Сиб. федер. ун-та. Техника и технологии, 2023, 16(2). С. 244–251. EDN: HTMBYS
3. Елсаков, В.В. Современные изменения растительного покрова пастбищ северного оленя Тиманской тундры по результатам анализа данных спутниковой съёмки / В.В. Елсаков, В.М. Щанов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса 2019. Т. 16, № 2. С. 128-142. DOI: 10.21046/2070-7401- 2019-16-2-128-142.
4. Многолетние тренды в состоянии растительности хребтов Тянь-Шаня и Джунгурского Алатау по данным EMODIS NDVI C6 (2002-2019) / А. Г. Терехов, И. С. Витковская, И. И. Абаев, С. А. Долгих // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 6. С. 133-142.
5. Терехин, Э.А. Индикация многолетних изменений в растительном покрове залежных земель лесостепи на основе рядов вегетационного индекса NDVI / Э.А. Терехин // Компьютерная оптика. 2021. Т. 45, № 2. С. 245-252. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-797.

### References

1. Bashirova, C. F. NDVI index for remote monitoring of vegetation // Young Scientist. 2019. No. 31 (269). pp. 30-31. URL: <https://moluch.ru/archive/269/61895>
2. Botvich, I.Y. Dynamics of NDVI vegetation trends in Western Siberia in the conditions of climatic changes (according to satellite data) / I.Y. Botvich, G.S. Vysotskaya, S.A. Ivanov, T.I. Pisman, A.P. Shevyrnogov. Journal of the Siberian Federal University. un-ta. Engineering and Technology, 2023, 16(2). pp. 244-251. EDN: HTMBYS
3. Elsakov, V.V. Modern changes in the vegetation cover of reindeer pastures of the Timan tundra based on the results of satellite survey data analysis / V.V. Elsakov, V.M. Shchanov // Modern problems of remote sensing of the Earth from space 2019. Vol. 16, No. 2. pp. 128-142. DOI: 10.21046/2070-7401- 2019-16-2-128-142.
4. Long-term trends in the vegetation of the Tien Shan and Dzungur Alatau ridges according to EMODIS NDVI C6 data (2002-2019) / A. G. Terekhov, I. S. Vitkovskaya, I. I. Abaev, S. A. Dolgikh // Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2019. Vol. 16. No. 6. pp. 133-142.
5. Terekhin, E.A. Indication of long-term changes in the vegetation cover of the fallow lands of the forest-steppe based on the series of the NDVI vegetation index / E.A. Terekhin // Computer optics. 2021. Vol. 45, No. 2. pp. 245-252. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-797.