

ЭКОЛОГИЯ  
ECOLOGY

DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-3-263-274

УДК 574:528.8

Научная статья

**Дистанционный мониторинг зеленых насаждений Уфы  
за 1988–2018 годы****И.Р. Рахматуллина<sup>1</sup>✉, З.З. Рахматуллин<sup>2</sup>, А.Ю. Кулагин<sup>1,3</sup>**<sup>1</sup>*Башкирский государственный педагогический университет имени М. Акмуллы,  
Российская Федерация, 450008, Уфа, ул. Октябрьской революции, д. 3а*<sup>2</sup>*Башкирский государственный аграрный университет,  
Российская Федерация, 450001, Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34*<sup>3</sup>*Уфимский федеральный исследовательский центр РАН,  
Российская Федерация, 450054, Уфа, пр-кт Октября, д. 69*

✉ rahmat\_irina@mail.ru

**Аннотация.** Зеленые насаждения города – неотъемлемая часть его экологического каркаса. При планировании городского пространства необходимы сведения об их фактическом распределении, состоянии и динамики. Для этого целесообразно использовать спутниковые снимки. Цель работы – провести дистанционный мониторинг зеленых насаждений Уфы по космическим снимкам Landsat за последние 30 лет. Обработка снимков, включающая радиометрическую калибровку, уменьшение объема данных с шести каналов до трех основных компонентов, неуправляемая классификация снимков, группировка классов до пяти типов подстилающей поверхности (открытая почва, без растительности, травянистая растительность, древесно-кустарниковая растительность, под водой), построение матрицы изменений производились с помощью инструментов программного продукта SAGA GIS. В результате построена карта, показывающая пространственные изменения типа «древесно-кустарниковая растительность» за 30 лет. Участки, на которых этот тип сохранился, составляют 16 073 га, на которых сменился другим типом подстилающей поверхности – 3700 га. Участки, характеризовавшиеся в 1988 г. другими типами, а в 2018 г. перешедшие в тип «древесно-кустарниковая растительность», занимают 8665 га. Наблюдается положительная динамика сохранения и увеличения площади древесно-кустарниковых насаждений. Но это характерно не для всего городского округа, а преимущественно для лесов Уфимского городского лесничества, которые расположены в основном по окраине, вокруг центральной части города. Для «внутригородских» древесно-кустарниковых насаждений, не относящихся к лесному фонду и расположенных в застроенной части города, характерна устойчивая отрицательная динамика и смена другими типами подстилающей поверхности.

**Ключевые слова:** зеленые насаждения, древесно-кустарниковая растительность, космические снимки Landsat, типы подстилающей поверхности

© Рахматуллина И.Р., Рахматуллин З.З., Кулагин А.Ю., 2020

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Введение

Роль зеленых насаждений в выполнении экосистемных, средообразующих, барьерно-защитных, рекреационных функций, а также в существенном снижении техногенной городской нагрузки очевидна и неоспорима.

Зеленые насаждения Уфы – столицы Республики Башкортостан – важная часть экологического каркаса и неотъемлемая часть градостроительной структуры. Они представлены дикорастущими и искусственно посаженными деревьями и кустарниками, травяным слоем, газонами и цветами на всей территории городского округа, а также лесами городского округа, которые образуют зеленый фонд [1].

Распределение лесных насаждений на территории города Уфы неравномерное. В основном леса представлены небольшими и крупными массивами, которые расположены по окраинам города. Природные условия развития города на сравнительно узком водораздельном плато между р. Белой и р. Уфой обуславливают также особую противоэрозионную значимость этих лесов.

В центральной части города сосредоточены в основном парки, скверы, бульвары, внутриквартальные насаждения, представленные озеленением детских садов, школ, микрорайонов, культурно-бытовых учреждений и жилых территорий.

Изучению зеленых насаждений Уфы посвящено значительное число научных работ. В них дается эколого-биологическая характеристика флоры и растительности города, приводятся классификация эколого-ценотических групп видов и их структура [2], лесоводственно-таксационные показатели древостоев и их подроста, особенности их роста и формирования, обосновываются лесохозяйственные мероприятия [3–5], рассматриваются вопросы устойчивости, возобновления древесных пород в условиях техногенного загрязнения, адаптивные реакции, направленные на снижение негативного воздействия загрязнения и способствующие продолжительному существованию насаждений [6–8]. Ряд работ направлен на оценку городских лесонасаждений по показателям экологической продуктивности [9] и относительному жизненному состоянию лесных насаждений [10]. Большинство исследователей признают, что городские лесные насаждения по сравнению с другими лесонасаждениями подвержены влиянию различных факторов, таких как повышенная концентрация загрязняющих веществ, уплотнение почв, ограниченное пространство для роста, отрицательно сказывающихся на их состоянии и способствующие повышению восприимчивости к вредителям и болезням, а расширение городской застройки и транспортной инфраструктуры ведет к сокращению их площадей [11–13].

Таким образом, актуальная на сегодняшний день задача – контроль состояния зеленых насаждений. Для проведения проектных работ по стратегическому планированию и оптимизации системы древесно-кустарниковых насаждений города необходимо иметь детальное представление о фактическом распределении растительности, ее состоянии и динамике. Для проведения наземных полевых исследований требуются значительные временные и финансовые затраты. Поэтому на первоначальном этапе таких исследований целесообразно пользоваться данными дистанционного зондирования Земли с обработкой их инструментами географических информационных систем [14; 15].

Цель – определить динамику площадей древесно-кустарниковых насаждений Уфы по мультиспектральным космическим снимкам за последние 30 лет. Для реализации этой цели решались следующие задачи:

- 1) подбор и обработка мультиспектральных космических снимков Landsat, покрывающих территорию Уфы за период с 1988 по 2018 г.;
- 2) проведение неуправляемой классификации снимков с выделением пяти типов подстилающей поверхности;
- 3) количественная оценка трансформации типов подстилающей поверхности за 30 лет.

### **Материалы и методы исследования**

В качестве информационной базы послужили космические снимки Landsat (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), покрывающие территорию Уфы, выполненные в летнее время, с облачностью менее 10 %.

Первый снимок был произведен 24.08.1988 г. (сцена LT51660221988237KIS00), второй – 26.07.2018 г. (сцена LC81660222018207LGN00), проекция снимков WGS84/UTM, зона 40N. На обоих снимках была выделена современная граница Уфы по данным публичной кадастровой карты (<https://pkk5.rosreestr.ru>). Таким образом, выделенная площадь Уфы составила 70 790 га, что соответствует состоянию на 01.01.2019 г.

Обработку снимков проводили с помощью инструментов программного продукта SAGA GIS – System for Automated Geoscientific Analyses, ver. 7.3.0 (<http://www.saga-gis.org>) [16]. Первоначальная обработка спектральных каналов снимков включала пересчет всех пикселей из безразмерных нормализованных значений (Digital Number, DN) в отражательную способность (reflectance) с помощью инструмента Top of Atmosphere Reflectance.

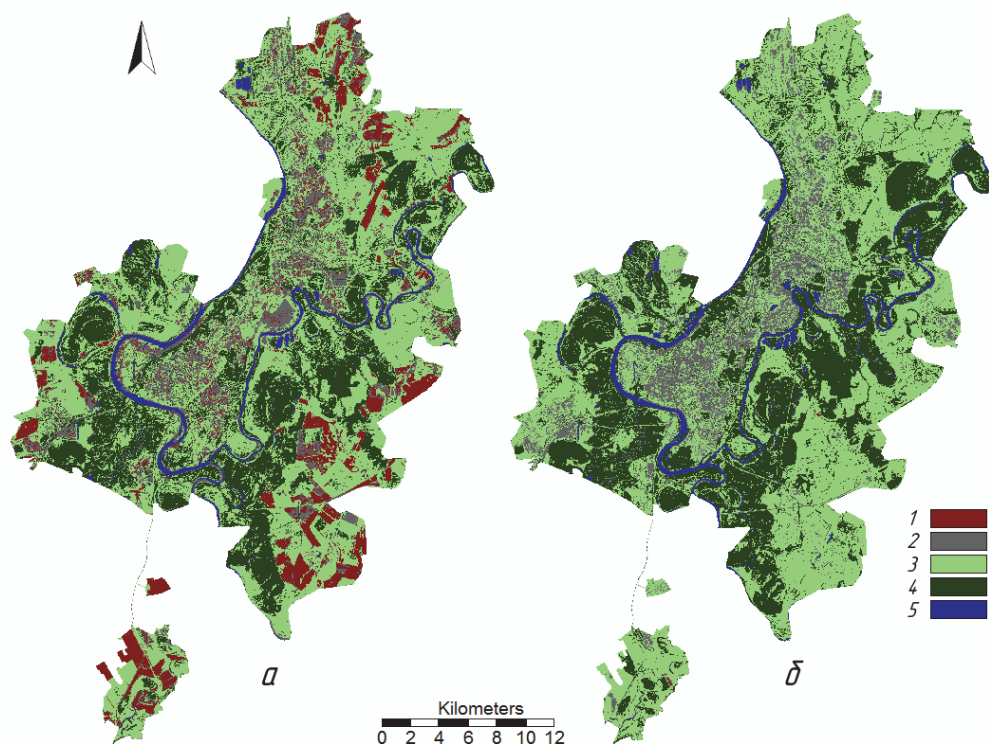
Уменьшение объема данных с шести мультиспектральных каналов до трех основных компонентов – яркость, уровень зеленого и влажность – выполнили с помощью инструмента Tasseled Cap Transformation [17].

Неуправляемую классификацию снимков произвели с помощью инструмента K-Means Clustering for Grids с выделением двадцати классов. Методом экспертного анализа, используя топографические карты, данные полевых наблюдений, изображения картографических интернет-ресурсов, каждый класс интерпретировали с группировкой их в следующие типы подстилающей поверхности: открытая почва, без растительности, травянистая растительность, древесно-кустарниковая растительность, под водой (рис. 1).

Тип «открытая почва» включает в себя участки обнаженного почвенного покрова, преимущественно свежевспаханые поля, лишенные равномерного растительного покрова;

Тип «без растительности» включает в себя большую группу урбанизированных территорий – земли под застройками, зданиями и сооружениями, под дорогами, тротуарами и т. д., а также природные участки, лишенные растительности, но без обнаженной почвы – скальные выходы, пески, овраги, невспаханые поля и т. д.

Тип «травянистая растительность» включает газоны, цветники, поля с сельскохозяйственными культурами, может включать единичные деревья и кустарники.



**Рис. 1.** Типы подстилающей поверхности Уфы от 24.08.1988 г. (а) и 26.07.2018 г. (б):

1 – открытая почва; 2 – без растительности; 3 – травянистая растительность;

4 – древесно-кустарниковая растительность; 5 – под водой

**[Figure 1.** Types of underlying surface of Ufa 24.08.1988 (a) and 26.07.2018 (b):

1 – soil; 2 – without vegetation; 3 – grass; 4 – trees and shrubs; 5 – under water]

Тип «древесно-кустарниковая растительность» включает древесную и кустарниковую растительность.

Тип «под водой» включает гидрографическую сеть: реки, озера, а также различные обводненные участки.

Различия на снимках 1998 и 2018 гг. по типам подстилающей поверхности выявили с помощью инструмента матрицы изменений Confusion Matrix (Two Grids).

### Результаты исследования и их обсуждение

Распределение земель по типам подстилающей поверхности показывает преобладание травянистой растительности, на долю которой приходится 48–52 %, и древесно-кустарниковой растительности (28–35 %). Тип «без растительности» занимает около 10 %, «открытая почва» – сильно варьирует по годам с 10 до 0,1 %. На долю водных участков приходится около 3,5 % (табл. 1).

Пространственные и количественные изменения за 30 лет наблюдаются во всех типах подстилающей поверхности. Площадь земель, характеризующихся типом «открытая почва», сократилась с 10 % (7205 га) в 1988 г. до 0,1 % (54 га) в 2018 г. Большая часть этих земель (5982 га) перешла в тип «травянистая растительность». Это можно объяснить несколькими причинами. Во-первых, разницей в месяцах снимка: первый снимок (1988 г.) произведен в конце августа, когда на пахотных угодьях и в садово-дачных това-

риществах обнажается почва при различных работах (уборка урожая, сев озимых культур и т. д.). Тогда как второй снимок (2018 г.) произведен в конце июля – в разгар вегетационного периода. Во-вторых, изменением городской черты: 30 лет назад часть земель с обнаженной почвой – это поля, которые еще не относились к городу, а поэтому использовались для сельскохозяйственного производства.

Таблица 1

**Распределение земель по типам подстилающей поверхности, %**  
 [Table 1. The distribution of types of the underlying surface, %]

Типы подстилающей поверхности [Types of underlying surface]	Распределение земель, % [Land distribution, %]	
	24.08.1988 г.	26.07.2018 г.
Открытая почва [Soil]	10,2	0,1
Без растительности [Without vegetation]	10,6	9,8
Травянистая растительность [Grass]	48,1	51,6
Древесно-кустарниковая растительность [Trees and shrubs]	27,9	34,9
Под водой [Under water]	3,2	3,6
Итого 2018 г. [Total 2018]	<b>100</b>	<b>100</b>

Таблица 2

**Матрица изменений в типах подстилающей поверхности, га**  
 [Table 2. Changes in the types of the underlying surface, ha]

Тип подстилающей поверхности [Types of underlying surface]	Открытая почва [Soil]	Без растительности [Without vegetation]	Травянистая растительность [Grass]	Древесно-кустарниковая растительность [Trees and shrubs]	Под водой [Under water]	Итого в 1988 г. [Total in 1988]
Открытая почва [Soil]	15	864	5982	323	21	7205
Без растительности [Without vegetation]	20	3142	3399	641	300	7502
Травянистая растительность [Grass]	17	2172	24 077	7627	143	34 036
Древесно-кустарниковая растительность [Trees and shrubs]	2	613	3005	16 073	80	19 773
Под водой [Under water]	0	159	42	74	1999	2274
Итого 2018 г. [Total 2018]	54	6950	36 505	24 738	2543	70 790

Площадь земель, характеризующихся типом «без растительности», за 30 лет сократилась на 0,8 % (с 7502 до 6950 га). Однако в пространственном отношении наблюдаются значительные перемещения. Так, не трансформировавшиеся участки без растительности составили всего 3142 га. Большая часть (3399 га) – перешли в тип «травянистая растительность». При этом в других местах, наоборот, участки земель типа «травянистая растительность» площадью 2172 га трансформировались в тип «без растительности» (табл. 2). Такие изменения характерны для растущих городов, когда травяной покров сначала уничтожается на строительных площадках, а после сдачи объектов территория благоустраивается и озеленяется.

Площадь земель, классифицированных как «древесно-кустарниковая растительность» увеличилась на 7 % с 19 773 до 24 738 га.

По данным Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Республике Башкортостан на 01.01.2019 г. [18]

под лесами занято 20 820 га, под лесами, не входящими в лесной фонд, – 689 га. Если учитывать, что при классификации снимка в древесно-кустарниковые насаждения входят также многолетние насаждения (3674 га), то цифры спутникового снимка 2018 г. сопоставимы с данными государственного учета земель.

Рассмотрим более подробно трансформацию земель, относящихся к типу «древесно-кустарниковая растительность» (рис. 2). Площадь участков, на которых тип подстилающей поверхности за 30 лет не сменился другим типом, составляет 16 073 га. Это равняется 65 % от современной их площади (зеленый цвет на рис. 2).

Земли, характеризовавшиеся в 1988 г. другими типами, а в 2018 г. перешедшие в тип «древесно-кустарниковые насаждения», занимают 8665 га. Это составляет 35 % современной их площади (желтый цвет на рис. 2). Среди них преобладают земли, трансформировавшиеся из типа «травянистая растительность».

Земли, характеризующиеся в 1988 г. как древесно-кустарниковые насаждения, а в 2018 г. – другими типами, занимают 3700 га (красный цвет на рис. 2).

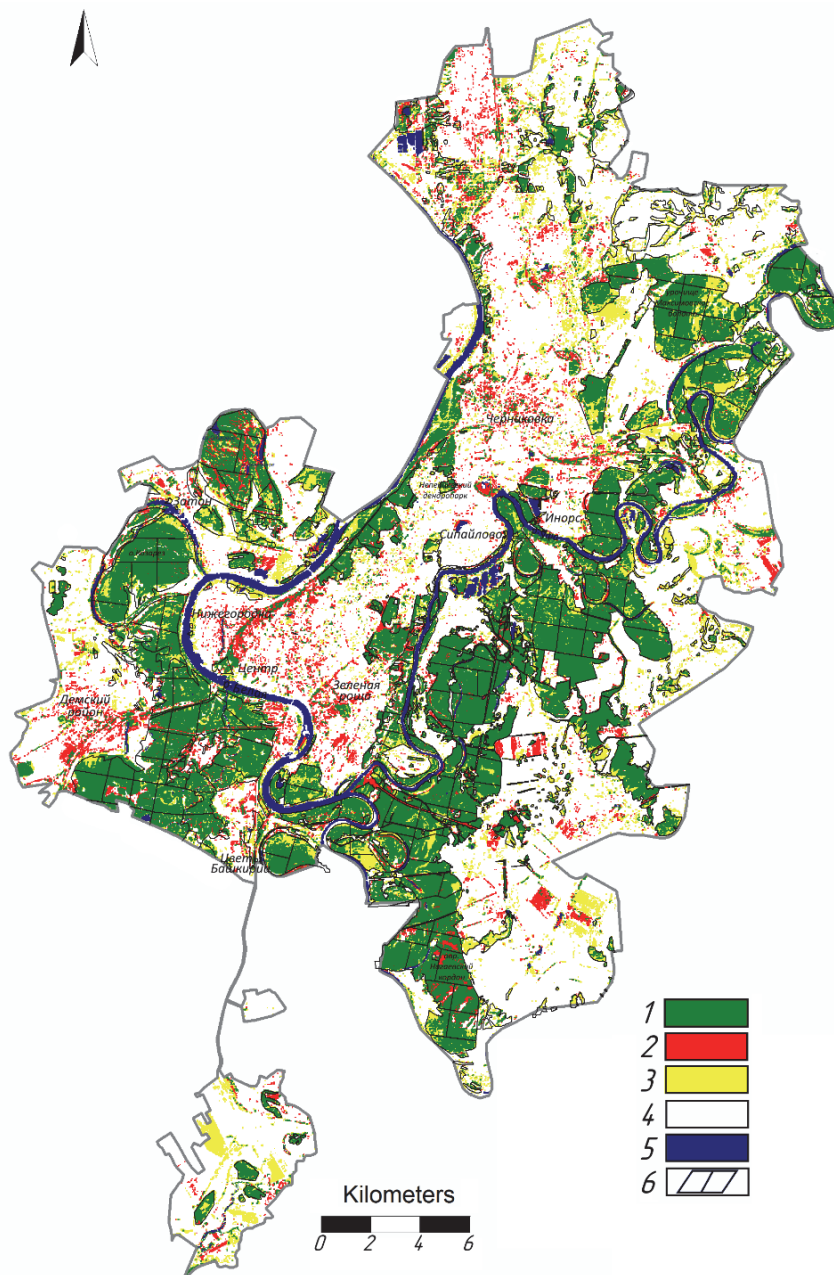
Таким образом, наблюдается положительная динамика сохранения и увеличения площади древесно-кустарниковых насаждений. Но, если взглянуть на карту, видно, что это характерно не для всего городского округа, а преимущественно для лесов Уфимского городского лесничества, которые расположены в основном по окраине, вокруг центральной части города. Такая динамика объясняется рядом причин. Во-первых, если учитывать, что тип «травянистая растительность» может включать одиночные, редкие деревья или молодые несомкнувшиеся лесные культуры, которые за 30 лет подросли, кроны деревьев сомкнулись и насаждения превратились в настоящие лесные массивы. Во-вторых, положительная динамика в увеличении площади лесов Уфимского городского лесничества, относящихся к защитным лесам, к категории защитности «городские леса» – это результат признания особой ценности этих лесов, установление особого правового режима использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, введение ряда запретов (на использование токсичных химических препаратов, ведение охотничьего, сельского хозяйства, разработку месторождений полезных ископаемых, размещение объектов капитального строительства).

Так, сохранение лесов наблюдается на восточном склоне р. Уфы с преобладанием дуба, липы, осины и лесных культурах сосны; на острове Козарез – в окружении старицы р. Белой, в насаждениях дуба и вяза; в северо-восточной части Уфы – в урочище Максимовское болото, в насаждениях ольхи и березы.

К ним относится и дендрологический памятник природы регионального значения Непейцевский дендропарк. Это один из старейших дендропарков в Республике Башкортостан, заложенный еще в дореволюционное время и имеющий особое природоохранное, научное, культурное, оздоровительное значение. Однако на периферии дендропарка, граничащей с многоэтажной застройкой, все же наблюдается уменьшение доли древесно-кустарниковых насаждений.

Однако рост города не может не сказаться на городских лесах: на отдельных участках наблюдается сокращение лесных насаждений, как правило, связанное со строительством или расширением инфраструктурных объектов, например, автомобильных дорог (Каменная переправа, Дёмское шос-

се, северный обход Затона). Существенное снижение доли лесных насаждений наблюдается в пойменных лесах из дуба и ольхи на западном берегу р. Белой, между озерами Ольховое, Березовое и Духовое, в овражных липовых насаждениях Нагаевского кордона.



**Рис. 2.** Трансформация древесно-кустарниковых насаждений за 1988–2018 гг.:

1 – земли, на которых древесно-кустарниковая растительность сохранилась; 2 – земли, на которых древесно-кустарниковая растительность сменилась на другие типы подстилающей поверхности; 3 – земли, на которых другие типы подстилающей поверхности сменились на древесно-кустарниковую растительность; 4 – земли, характеризующиеся другими типами подстилающей поверхности на обоих снимках; 5 – участки под водой (2018 г.); 6 – кварталная сеть лесов Уфимского городского лесничества

**[Figure 2.** Changes in the “Trees and shrubs” type for 1988–2018:

1 – the “Trees and shrubs” type has been preserved; 2 – the “Trees and shrubs” type was transformed into other types; 3 – other types were transformed into the “Trees and shrubs” type”; 4 – other types have survived; 5 – under water; 6 – forest quarters of the Ufa city forestry]



Для «внутригородских» древесно-кустарниковых насаждений, не относящихся к лесному фонду и расположенных в застроенной части города, характерна устойчивая отрицательная динамика и смена другими типами подстилающей поверхности. Особенно это наблюдается в южной, западной и центральной частях (Демский район, Затон, Зеленая роща, Нижегородка, Цветы Башкирии, Кооперативная поляна), а также в северных районах города (Черниковка, Инорс). Среди крупных парков, лесопарков и садов уменьшение древесно-кустарниковой растительности наблюдается как по окраинам рекреационных объектов (Демский парк культуры и отдыха, Сад культуры и отдыха имени С. Юлаева), так и внутри объектов (Лесопарк имени Лесоводов Башкирии, Парк культуры и отдыха имени М.И. Калинина, парк имени Гастелло, Парк культуры и отдыха нефтехимиков, Парк культуры и отдыха имени М. Гафури, Сад культуры и отдыха имени С.Т. Аксакова).

### Заключение

За 30 лет в количественном отношении площадь древесно-кустарниковых насаждений Уфы увеличилась. Однако в пространственном отношении наблюдается значительное варьирование. Так, положительная динамика увеличения доли древесно-кустарниковой растительности характерна для лесов Уфимского городского лесничества как следствие накладываемых ограничений целевым назначением и категорией защитности лесов. Во внутригородских насаждениях, наоборот, наблюдается уменьшение лесных насаждений, как правило, связанное с ростом и расширением города, увеличением застроенных площадей и строительством инфраструктурных объектов.

Опыт использования архивных снимков Landsat при оценке древесной растительности позволяет составить картину динамических изменений площади лесов с высокой степенью достоверности и реализовывать ландшафтно-экологический подход при ведении хозяйства в лесах Уфы.

### Список литературы

- [1] Правила охраны, защиты и воспроизводства лесов и содержания зеленых насаждений в городском округе г. Уфа Республики Башкортостан (в редакции решений Совета городского округа г. Уфа Республики Башкортостан от 30.12.2015 № 55/3). URL: <http://docs.cntd.ru/document/438917053> (дата обращения: 15.01.2020).
- [2] *Ишибирдина Л.М.* Эколого-биологическая характеристика флоры и растительности города Уфы и ее динамика за 60–80 лет: автореф. ... дис. к. б. н. Днепропетровск, 1992. 16 с.
- [3] *Конашова С.И., Султанова Р.Р., Абдулов Т.Х., Ханов Д.А.* Ведение хозяйства в городских лесах // *Аграрный вестник Урала*. 2010. № 3 (69). С. 93–95.
- [4] *Хайретдинов А.Ф., Баранов С.В.* Природа и насаждения зеленой зоны г. Уфы. Уфа: БГАУ, 2007.
- [5] *Габделхаков А.К., Сабирова Г.В., Фазлутдинов И.И.* Состояние насаждений липы мелколистной в зеленой зоне г. Уфы // *Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг: международный сборник научных статей*. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2017. С. 84–93.
- [6] *Гатин И.М., Музафарова А.А., Кулагин А.А.* Характеристика возобновительного потенциала древесных растений на техногенных территориях // *Вестник Башкирского университета*. 2006. № 4. С. 46–47.



- [7] Зайцев Г.А., Кулагин А.Ю. Сосна обыкновенная и нефтехимическое загрязнение: дендроэкологическая характеристика, адаптивный потенциал и использование. М.: Наука, 2006. 124 с.
- [8] Кулагин А.А., Рыбакова Е.А. Особенности водного режима березы бородавчатой (*Betula pendula* Roth) в течение вегетационного периода на территории города Уфы Республики Башкортостан // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. № 5. С. 193–196.
- [9] Исяньюлова Р.Р., Габдрахимов К.М., Рамазанов Ф.Ф. Экологическая продуктивность насаждений г. Уфы. Уфа: Башкирский ГАУ, 2011. 118 с.
- [10] Кулагин А.Ю., Тагирова О.В. Лесные насаждения Уфимского промышленного центра: современное состояние в условиях антропогенных воздействий. Уфа: Гилем, 2015. 196 с.
- [11] Flint H.L. Plants showing tolerance of urban stress // Journal of Environmental Horticulture. 1985. No. 3. Pp. 85–89.
- [12] Metzger J.M., Oren R. The effect of crown dimensions on transparency and the assessment of tree health // Ecological Applications. 2001. No. 11. Pp. 1634–1640.
- [13] Рахматуллина И.Р., Рахматуллин З.З., Исаков Ф.Ф., Серова О.В. Динамика вегетационного индекса NDVI насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях загрязнения Уфимского промышленного центра // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2019. № 2 (34). С. 116–117.
- [14] Воробьев О.Н., Курбанов Э.А., Губаев А.В., Полевищикова Ю.А., Демешева Е.Н., Коптелов В.О. Дистанционный мониторинг городских лесов // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2015. № 1 (25). С. 5–21.
- [15] Погорелов А.В., Литлин Д.А. Зеленые насаждения города Краснодара. Оценка и многолетние изменения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2017. № 3. С. 192–205.
- [16] Conrad O., Bechtel B., Bock M., Dietrich H., Fischer E., Gerlitz L., Wehberg J., Wichmann V., Böhner J. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4 // Geosci. Model Dev. 2015. Vol. 8. Pp. 1991–2007. DOI: 10.5194/gmd-8-1991-2015.
- [17] Healey S.P., Cohen W.B., Zhiqiang Y., Krankina O. Comparison of Tasseled Cap Based Landsat Data Structures for Use in Forest Disturbance Detection // Remote Sensing of Environment. 2005. No. 97. Pp. 301–310.
- [18] Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Республике Башкортостан в 2018 году / Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Республике Башкортостан. Уфа, 2019. 247 с.

### История статьи:

Дата поступления в редакцию: 02.02.2020

Дата принятия к печати: 21.02.2020

### Для цитирования:

Рахматуллина И.Р., Рахматуллин З.З., Кулагин А.Ю. Дистанционный мониторинг зеленых насаждений Уфы за 1988–2018 годы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2020. Т. 28. № 3. С. 263–274. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-3-263-274>

### Сведения об авторах:

Рахматуллина Ирина Римилевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, географии и природопользования Башкирского государственного педагогического университета имени М. Акмуллы. eLIBRARY SPIN-код: 5798-0502. E-mail: rahmat\_irina@mail.ru

Рахматуллин Загир Забирович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна Башкирского государственного аграрного университета. eLIBRARY SPIN-код: 3321-2007. E-mail: zagir1983@mail.ru

Кулагин Алексей Юрьевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией лесоведения Уфимского института биологии Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук. eLIBRARY SPIN-код: 2468-8394; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7574-4547>. E-mail: coolagin@list.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-3-263-274

Scientific article

## Remote monitoring of green plants of Ufa in 1988–2018

Irina R. Rakhmatullina<sup>1</sup>✉, Zagir Z. Rakhmatullin<sup>2</sup>, Alexey Yu. Kulagin<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>*Bashkir State Pedagogical University,  
3a Oktyabrskoy revolyutsii St, Ufa, 450008, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Bashkir State Agrarian University,  
34 50-letiya Oktyabrya St, Ufa, 450001, Russian Federation*

<sup>3</sup>*Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences,  
69 Prospekt Oktyabrya, Ufa, 450054, Russian Federation*

✉ rahmat\_irina@mail.ru

**Abstract.** Green spaces of the city are an integral part of its ecological framework. When planning urban space, information is needed on their actual distribution, condition and dynamics. To do this, it is advisable to use satellite images. The purpose of the work is to conduct remote monitoring of green spaces of Ufa using Landsat satellite images over the past 30 years. Image processing, including radiometric calibration, reducing the amount of data from 6 channels to 3 main components, uncontrolled classification of images, grouping classes to 5 types of underlying surface (open soil, no vegetation, grassy vegetation, tree and shrub vegetation, underwater), matrix construction changes were made using the tools of the SAGA GIS software product. As a result, a map was constructed showing spatial changes of the “tree-shrub vegetation” type over 30 years. The plots on which this type is preserved make up 16 073 ha, on which it was replaced by another type of underlying surface – 3700 ha. Plots characterized in 1988 by other types, and in 2018 converted to the “tree-shrub vegetation” type, occupy 8665 ha. On the one hand, there is a positive trend in the conservation and increase in the area of tree-shrub plantings. But this is not characteristic of the entire urban district, but mainly of the forests of the Ufa urban forestry, which are located mainly on the outskirts, around the central part of the city. For intracity tree-shrub plantings that are not related to the forest fund and located in the built-up part of the city, stable negative dynamics and a change in other types of underlying surface are characteristic.

**Keywords:** green spaces, tree-shrub vegetation, Landsat satellite images, types of underlying surface

### References

- [1] *Pravila okhrany, zashchity i vosproizvodstva lesov i sodержaniya zelenykh nasazhdenii v gorodskom okruge g. Ufa Respubliki Bashkortostan (v redaktsii reshenii Soveta gorodskogo okruga g. Ufa Respubliki Bashkortostan ot 30.12.2015 № 55/3)* [Rules of protection, protection and reproduction of forests and maintenance of green spaces in

- the city district of Ufa of the Republic of Bashkortostan (as amended by the decisions of the Council of the City District of Ufa of the Republic of Bashkortostan 30.12.2015, 55.3]. (In Russ.) Available from: <http://docs.cntd.ru/document/438917053> (accessed: 15.01.2020).*
- [2] Ishbirdina LM. *Ekologo-biologicheskaya kharakteristika flory i rastitel'nosti goroda Ufy i ee dinamika za 60–80 let [Ecological and biological characteristics of the flora and vegetation of the city of Ufa and its dynamics over 60–80 years]* (abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Biological Sciences). Dnepropetrovsk; 1992. (In Russ.)
- [3] Konashova SI, Sultanova RR, Abdulov TKh, Khanov DA. Management of the urban forests. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2010;3(69):93–95. (In Russ.)
- [4] Khayretdinov AF, Baranov SV. *Priroda i nasazhdeniya zelenoi zony g. Ufy [Nature and plantings of the green zone of Ufa]*. Ufa: BSAU; 2007. (In Russ.)
- [5] Gabdelkhakov AK, Sabirova GV, Fazlutdinov II. The state of small-leaved linden plantations in the green zone of Ufa. *Forest ecosystems in the context of climate change: biological productivity and remote monitoring*. Yoshkar-Ola: VSUT; 2017. p. 84–93. (In Russ.)
- [6] Gatin IM, Muzafarova AA, Kulagin AA. Characteristics of the renewable potential of woody plants in technogenic territories. *Bulletin of Bashkir University*. 2006;(4):46–47. (In Russ.)
- [7] Zaitsev GA, Kulagin AY. *Sosna obyknovennaya i neftekhimicheskoe zagryaznenie: dendroekologicheskaya kharakteristika, adaptivnyi potentsial i ispol'zovanie [Scotch pine and petrochemical pollution: dendroecological characteristics, adaptive potential and use]*. Moscow: Nauka Publ.; 2006. (In Russ.)
- [8] Kulagin AA, Rybakova EA. Features of the water regime of the warty birch (*Betula pendula* Roth) during the growing season in the city of Ufa, Bashkortostan. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2015;(5):193–196. (In Russ.)
- [9] Isangulova RR, Gabdrahimov KM, Ramazanov FF. *Ekologicheskaya produktivnost' nasazhdenii g. Ufy [Ecological productivity of plantations of Ufa]*. Ufa: Bashkir State Agrarian University; 2011. (In Russ.)
- [10] Kulagin AYu, Tagirova OV. *Lesnye nasazhdeniya Ufimskogo promyshlennogo tsentra: sovremennoe sostoyanie v usloviyakh antropogennykh vozdeistvii [Forest plantings of the Ufa industrial center: the current state in the conditions of anthropogenic impacts]*. Ufa: Gilem Publ.; 2015. (In Russ.)
- [11] Flint HL. Plants showing tolerance of urban stress. *Journal of Environmental Horticulture*. 1985;(3):85–89.
- [12] Metzger JM, Oren R. The effect of crown dimensions on transparency and the assessment of tree health. *Ecological Applications*. 2001;(11):1634–1640.
- [13] Rakhmatullina IR, Rakhmatullin ZZ, Iskhakov FF, Serova OV. Dynamics of the NDVI vegetation index of pine forest plantations (*Pinus Sylvestris* L.) under pollution in industrial center of Ufa. *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Applied Ecology. Urban Studies*. 2019;2(34):116–117. (In Russ.)
- [14] Vorobeв ON, Kurbanov EA, Gubaev AV, Polevshchikova YuA, Demisheva EN, Koptelov VO. Remote monitoring of urban forests. *Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management*. 2015;1(25):5–21. (In Russ.)
- [15] Pogorelov AV, Lipilin DA. Green plantings of the city of Krasnodar. Evaluation and multi-year changes. *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Applied Ecology. Urban Studies*. 2017;(3):192–205. (In Russ.)
- [16] Conrad O, Bechtel B, Bock M, Dietrich H, Fischer E, Gerlitz L, Wehberg J, Wichmann V, Böchner J. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) V. 2.1.4. *Geosci. Model Dev*. 2015;8:1991–2007. DOI: 10.5194/gmd-8-1991-2015.
- [17] Healey SP, Cohen WB, Zhiqiang Y, Krankina O. Comparison of Tasseled Cap Based Landsat Data Structures for Use in Forest Disturbance Detection. *Remote Sensing of Environment*. 2005;(97):301–310.

- [18] Department of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography in the Republic of Bashkortostan. *Gosudarstvennyi (natsional'nyi) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Respublike Bashkortostan v 2018 godu* [State (national) report on the state and use of land in the Republic of Bashkortostan in 2018]. Ufa; 2019. (In Russ.)

**Article history:**

Received: 02.02.2020

Revised: 21.02.2020

**For citation:**

Rakhmatullina IR, Rakhmatullin ZZ, Kulagin AYu. Remote monitoring of green plants of Ufa in 1988–2018. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2020;28(3):263–274. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-3-263-274>

**Bio notes:**

*Irina R. Rakhmatullina*, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology, Geography and Nature Management of the Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla. eLIBRARY SPIN-code: 5798-0502. E-mail: rahmat\_irina@mail.ru

*Zagir Z. Rakhmatullin*, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry and Landscape Design of the Bashkir State Agrarian University. eLIBRARY SPIN-code: 3321-2007. E-mail: zagir1983@mail.ru

*Alexey Yu. Kulagin*, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Forest Science of the Ufa Institute of Biology of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences. eLIBRARY SPIN-code: 2468-8394; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7574-4547>. E-mail: coolagin@list.ru