

**УДК 712.253:551.584**

## **Изучение влияния парковых насаждений Ботанического сада ЮФУ на параметры микроклимата**

*А. С. Безрукова, Б. Л. Козловский, М. В. Куропятников  
Южный федеральный университет (ЮФУ), Ростов-на-Дону*

*Аннотация:* Ростовская область относится к территориям с дискомфортными условиями. Поэтому нужны специальные мероприятия для создания комфортной среды. В городах благоприятный микроклимат создают лесопарки, парки, сады и скверы. Анализ литературы показывает, что влияние зеленых насаждений на микроклимат южных городов изучены не достаточно. Целью работы была оценка влияния парка Ботанического сада Южного федерального университета на микроклимат. В качестве объекта исследования были взяты разные по видовому составу участки парка Ботанического сада ЮФУ. В рамках исследования проводилось измерение температуры и влажности воздуха прибором UNI-T UT333, на высоте 1,3 м от поверхности почвы, а также температуры поверхности дорожной сети прибором UNI-T UT320D. Измерения проводились на пешеходных аллеях и тропях. В ходе исследований установлено, что насаждения парка эффективно влияют на параметры микроклимата (температуру воздуха и поверхностей, влажность воздуха), изменяя их в сторону более комфортных. Доказано наличие достоверной разности между величинами измеряемых параметров на открытом пространстве и в парковой зоне при доверительной вероятности 99,9 %. Наибольший эффект изменения температуры воздуха и поверхностей дорожной сети наблюдается в полдень, затем происходит его снижение. Абсолютная разница влажности воздуха между парковым и открытым пространствами в течение дня не изменяется. Мелиоративное действие парковых насаждений на прилегающие территории распространяется слабо. Степень изменения параметров микроклимата не зависит от видового состава древесных растений, растущих на нем.

*Ключевые слова:* микроклимат, зеленые насаждения, комфортность среды, Ботанический сад ЮФУ, парк, температура воздуха, влажность воздуха, температура поверхности, суточная динамика, статистика.

## **Study of the influence of parkland of the Botanical Garden of the Southern Federal University on the parameters of the microclimate**

*A. S. Bezrukova, B. L. Kozlovskij, M. V. Kuropyatnikov  
Southern Federal University (SFedU), Rostov-on-Don*

*Abstract:* Rostov region refers to areas with uncomfortable conditions. Therefore, to create a comfortable environment requires special events. In cities, forest parks, parks, gardens and squares create a favorable microclimate. Analysis of the literature shows that the influence of green spaces on the microclimate of southern cities is not well studied. The aim of the work was to assess the impact of the park of the Botanical Garden of the Southern Federal University on the microclimate. As the object of the study were taken different in species composition plots of the park of the Botanical Garden of SFedU. As part of the study, measurements were made of the temperature and humidity of the air using the UNI-T UT333 device at a height of 1,3 m from the soil surface, as well as the surface temperature using the UNI-T UT320D device. The measurements were carried out on pedestrian alleys and paths. In the course of the research, it was established that the park stands effectively affect the microclimate parameters (air and surface temperature, air humidity), changing them in the direction of more comfortable. It is proved that there is a reliable difference between the values of the measured parameters at open space and in the park area with a confidence level of 99,9 %. The greatest effect of changes in air temperature and road network surfaces is observed at noon, then it decreases. The absolute difference in humidity between the park and open spaces during the day does not change. The ameliorative effect of parkland on of surrounding areas is spread weakly. The degree of change of microclimate parameters does not depend on the species composition of woody plants growing on it.

*Keywords:* microclimate, green plantings, comfort environment, Botanical Garden SFedU, park, air temperature, air humidity, surface temperature, diurnal dynamic, statistics.

Экологическая эффективность городских зеленых насаждений в условиях степной зоны юга России, в первую очередь, проявляется в формировании комфортного микроклимата. Ростовская область относится к территориям с раздражающими дискомфортными условиям, не пригодными для проживания без специальных систем жизнеобеспечения [3]. В создании комфортных условий большую роль имеют лесопарки, парки, сады и скверы. Древесные массивы обеспечивают защиту от шума, снижение загазованности

воздушного бассейна, оптимизацию ветрового режима, защиту от пыли, мелиорируют микроклимат.

Проблема создания комфортного микроклимата в городах рассматривается во многих работах [1, 2, 6, 7, 12, 13, 15], при этом особое внимание уделяется территориям с жарким климатом [4, 9, 10, 14]. Вместе с тем, не всегда в них приводится оригинальный фактический материал, который бы позволял судить о степени и достоверности (доказанной методами статистики) влияния древесных насаждений на микроклимат. Исследования роли зеленых насаждений на формирование микроклимата являются так же весьма актуальными для Ростова-на-Дону [5, 8].

Целью работы была оценка эффективности парковых насаждений Ботанического сада ЮФУ в формировании микроклимата.

В задачи исследования входило:

1. Провести сравнительное изучение величины параметров микроклимата в парке и на открытом участке в суточной динамике;
2. Определить границы влияния парковых насаждений на микроклимат;
3. Оценить эффективность влияния на микроклимат различающихся участков парка.

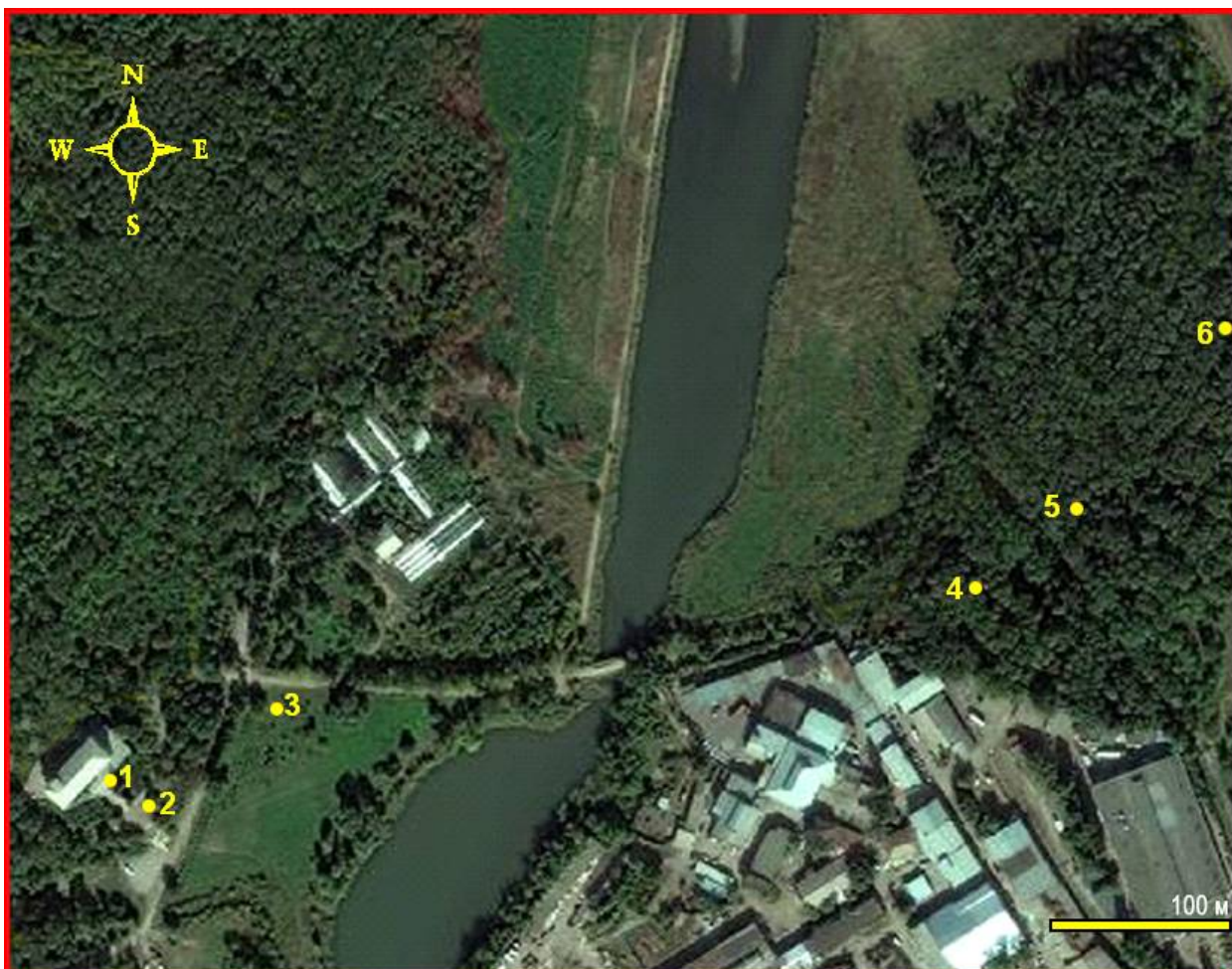
#### **Материал и методика**

В качестве объекта исследования был использован различные по видовой структуре, рельефу и расположению участки парка Ботанический сад ЮФУ.

В рамках исследования проводилось измерение температуры и влажности воздуха прибором UNI-T UT333, на высоте 1,3 м от поверхности почвы, а также температуры поверхности дорожно-тропиночной сети прибором UNI-T UT320D. Измерения проводились на пешеходных аллеях и тропах. Для исключения искажений датчики приборов учета защищались от прямых солнечных лучей.

Сравнительное изучение суточной динамики микроклимата проводилась по точкам, представленным на рис. 1. Точки № 1, 2, 3 – расположены на открытом пространстве, точки № 4, 5, 6 – на участке парка левого берега реки Темерник. Измерения проводились 16 июня 2018 года с 7 до 19 часов (время наиболее активной рекреации) с интервалом в два часа.

Для определения наличия статистически достоверной разности величины параметров микроклимата в парке и на открытом пространстве были проведены рендомизированные измерения на левобережном участке парка, где их количество (выборка) составило 36 и партере Ботанического сада с объемом выборки 20. Измерения проводились 21 июня 2018 года в 13 часов. Сравнение генеральных средних проводилось с помощью критерия Стьюдента [11].



*Рис. 1 – Точки замеров суточной динамики микроклимата*

Определение влияния парка на прилегающие открытые пространства осуществлялась путем измерения параметров микроклимата через каждые 20 метров по основным аллеям участка парка с пересечением его границ и дальнейшим продвижением на открытом пространстве.

Для установления связи величины параметров микроклимата со специфическими особенностями озелененных зон парк Ботанического сада ЮФУ был разбит на восемь участков, отличающихся видовым составом, рельефом, экспозицией и степенью влагообеспеченности (рис. 2).



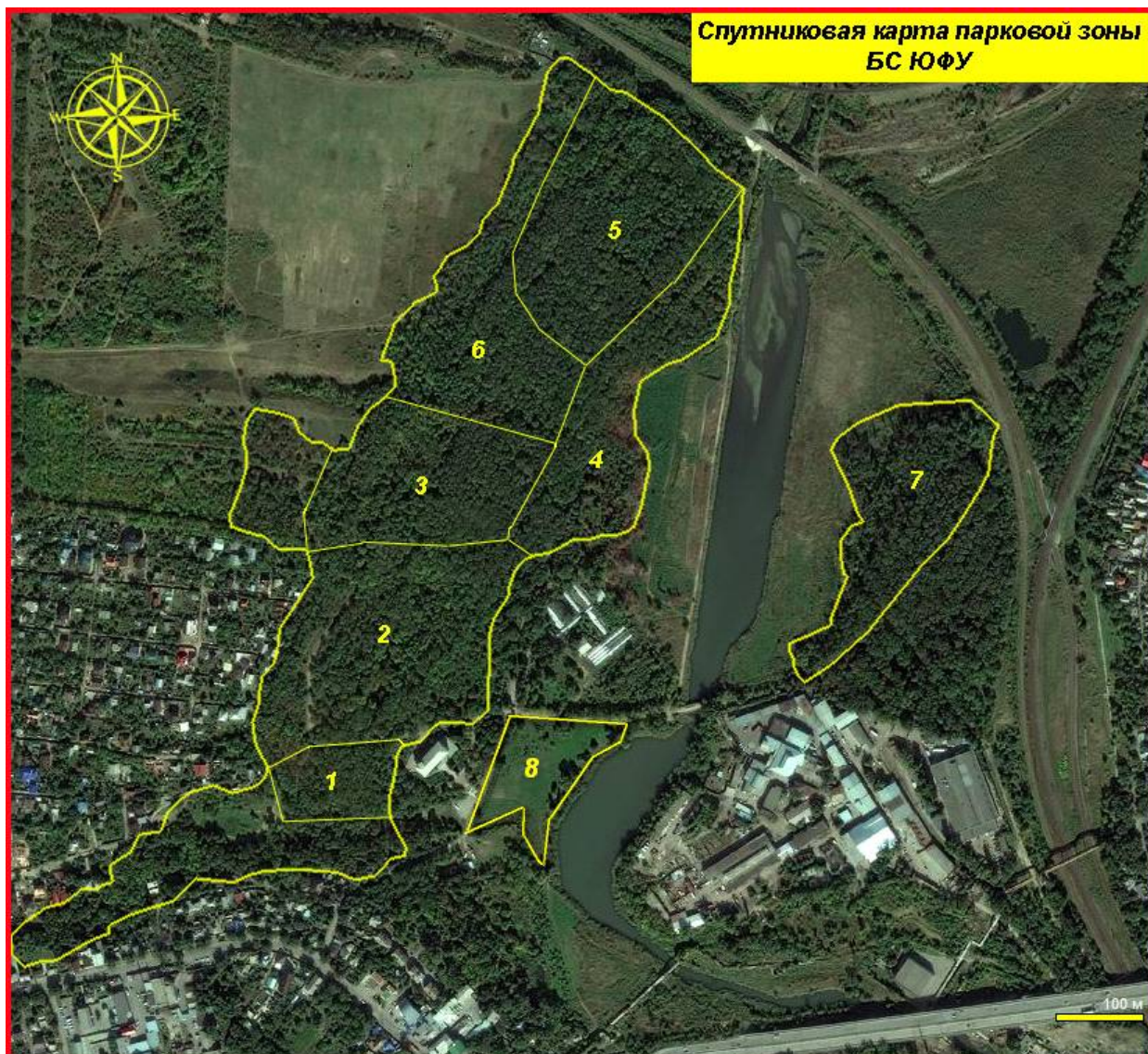


Рис. 2 – Деление парковой зоны Ботанического сада на участки  
Участок №1. Склон восточной экспозиции. Сухой. Первый ярус: *Quercus robur* (Д) и *Fraxinus excelsior* (Я) – 5Д5Я.

Участок № 2. Склон северо-восточной экспозиции. Сухой. Насаждения созданы на месте бывших каменоломен. Первый ярус: *Celtis occidentalis* (К), *Fraxinus excelsior*, *Pinus pallasiana* (С), *Quercus robur* – 4ЯЗС1К1Д.

Участок № 3. Склон северо-восточной экспозиции. Сухой. Первый ярус: еденично *Robinia pseudoacacia* (Р), *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Acer platanoides* (Кл), еденично *Pyrus communis* (Гр) – 4Д4Я2КледГредР.

Участок № 4. Участок поймы р. Темерник. Умеренное увлажнение, наблюдается выход грунтовых вод. Первый ярус: *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior* – 5Д5Я.

Участок № 5. Склон северо-восточной экспозиции. Сухой. Первый ярус: *Tillia caucasica* (Лп), *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, *Fraxinus americana* (Яам), *Robinia pseudoacacia*, *Celtis occidentalis*, единично *Acer negundo* (Кяс), парцела *Aésculus hippocástanum* (Кк), *Carpinus betulus* (Г) – 3ДЗЯ2К1Р1ЛпедКяседКкедГедЯам.

Участок № 6. Склон северо-восточной экспозиции. Сухой. Первый ярус: *Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior*, единично *Celtis occidentalis*, *Pinus sylvestris*, единично *Fraxinus americana*, единично *Quercus robur*, *Robinia pseudoacacia*, *Gleditsia triacanthos* (Гл) – 3КлЗЯЗС1РедЯамедДедГледК.

Участок № 7. Левобережная пойма р. Темерник. Влажный с близким залеганием грунтовых вод. Первый ярус: *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior* – 5Д5Я.

Участок № 8. Партер Ботанического сада, практически лишенный древесной растительности, и, располагающийся к востоку от административного здания. Этот участок служил в эксперименте в качестве контроля.

Измерение параметров проводилось 26 июня 2018 года с 13 до 14 часов. Полученные результаты обрабатывались с применением однофакторного дисперсионного анализа.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Изучение суточной динамики температуры воздуха и поверхности дорожно-тропиночной сети показало, что в парковой зоне они ниже, чем на открытом пространстве (рис. 3). При этом максимальная разница температур наблюдалась в 13 часов и для воздуха составляла 4,9 °С, для поверхностей – 17,2 °С. Затем разница снижалась и оказалась минимальной в 19 часов. Влажность воздуха в парковой зоне была выше, чем на открытом пространстве. Абсолютная разница во влажности воздуха между зонами в ходе наблюдения практически не менялась. Таким образом, можно говорить о том, что наибольшее мелиоративное влияние на микроклимат насаждения оказывают с 7 до 13 часов.

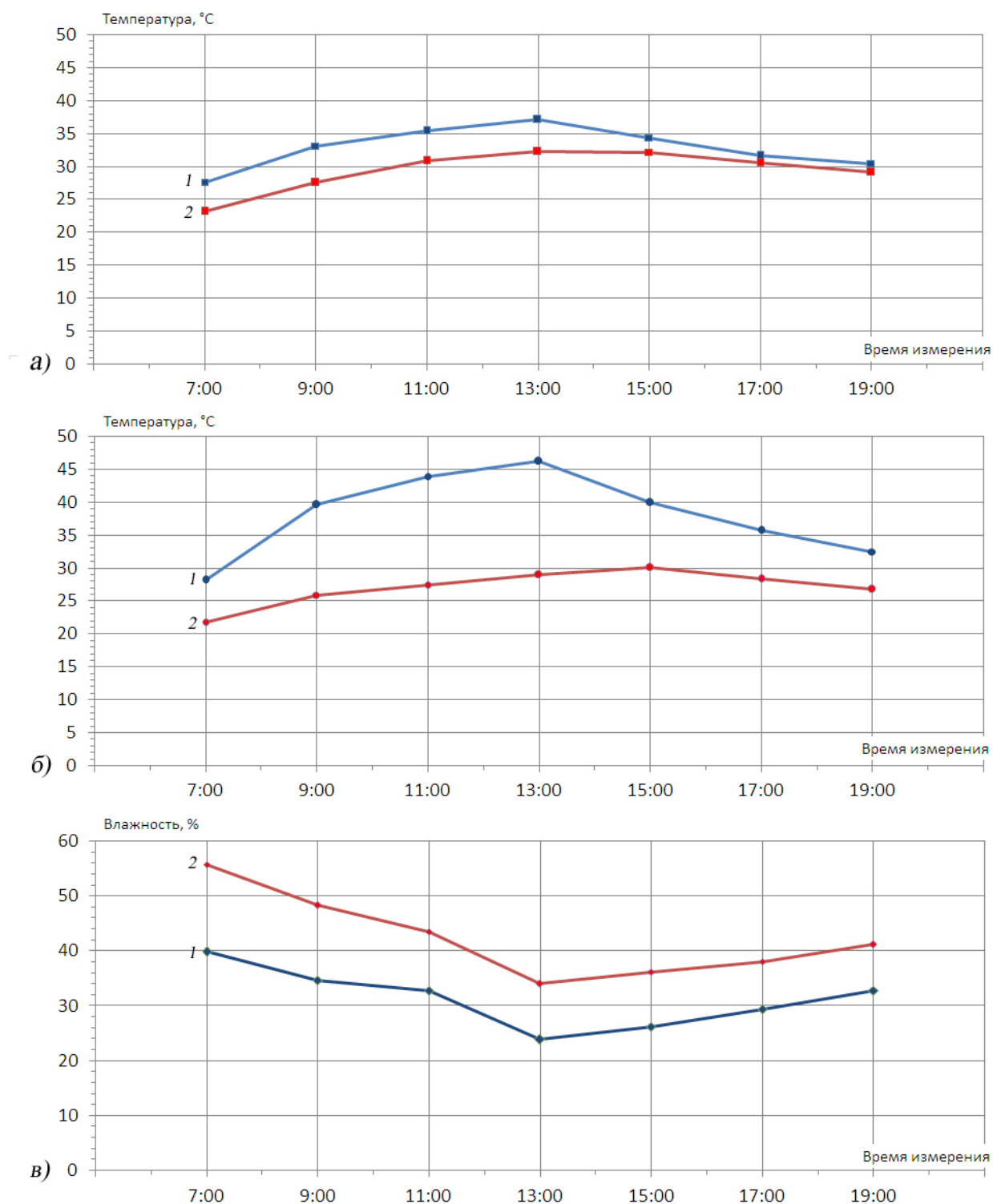


Рис. 3 – Динамика изменения температуры воздуха (а) и поверхности почвы (б), влажности воздуха (в) на открытых (1) и озелененных (2) пространствах

Для подтверждения наличия статистически достоверного эффекта от парковых территорий были проведены расчеты основных статистик на основании выборок значений параметров микроклимата на открытом пространстве (ОП) и парковой зоне (ПЗ). Результаты представлены в таблице 1.

*Таблица 1* – Средние значения параметров микроклимата паркового и открытого участка

Статистики	Параметры					
	$t_{\text{воздуха}}, ^\circ\text{C}$		$t_{\text{поверхности}}, ^\circ\text{C}$		Влажность $\mu$ , %	
	ОП	ПЗ	ОП	ПЗ	ОП	ПЗ
$\bar{x}$	35,6±0,25	31,9±0,30	45,1±1,4	31,0±0,82	31,8±0,41	41,2±0,86
$\sigma^2$	1,2	3,1	36,7	23,3	3,2	26,1
cv, %	3,08	5,52	13,43	15,57	5,63	12,40

При сравнении пар ОП и ПЗ фактический критерий Стьюдента составил соответственно 8,6, 9,6, 7,9 при числе степеней свободы 54, что указывает на наличие достоверной разности между величинами измеряемых параметров на открытом пространстве и в парковой зоне при доверительной вероятности 99,9 %. Касательно температур – это связано, в первую очередь, с механическим препятствованием проникновению части солнечного излучения кронами деревьев первого и второго яруса. Что дополнительно подтверждается наличием высокого перепада температур поверхностей между зонами. Повышенную влажность воздуха можно объяснить этим же, слабой продуваемостью парка, а также активным испарением влаги растениями.

Влияние парка на величину температуры воздуха и поверхности дорожно-тропиночной сети, а так же влажности воздуха обнаруживается на расстоянии не более 40 метров от его границы, затем значения параметров сравниваются с фоновыми показателями (рис 4.).



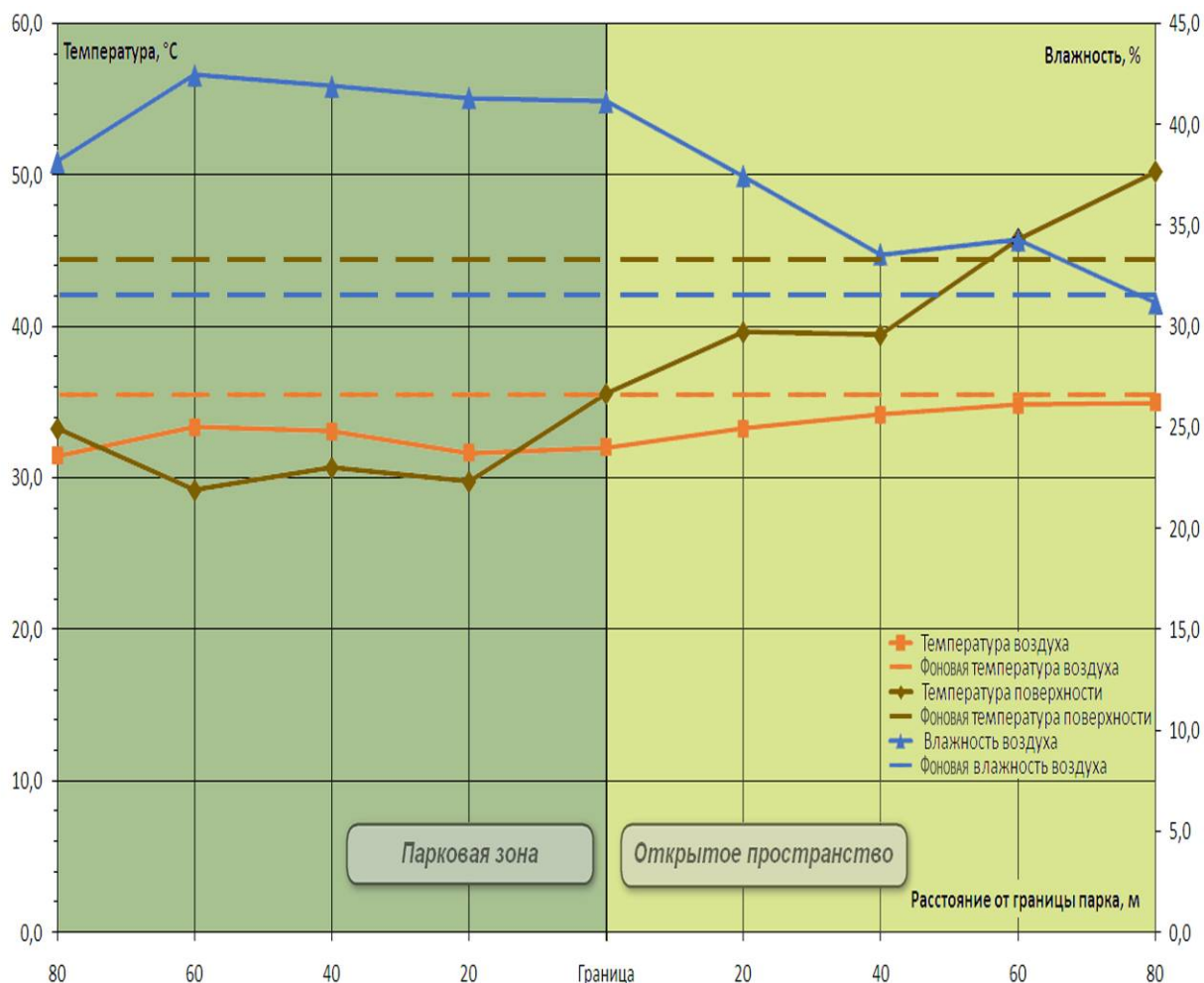


Рис. 4 – Динамика температуры воздуха, поверхности и влажности воздуха при переходе из открытого пространства в озелененную зону. Интервал между точками измерения 20 м

Средние значения величин параметров микроклимата на различных участках парка представлены в таблице 2. Для сравнения групповых средних применен метод множественных сравнений Шеффе. Минимальная принятая в исследовании доверительная вероятность 95 %. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Средние значения температуры воздуха, поверхности и влажность воздуха на различных участках парка Ботанического сада ЮФУ

Участок	$t_{\text{воздуха}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{поверх}}, ^\circ\text{C}$	$\mu, \%$
1	$34,4 \pm 0,1$	$27,8 \pm 0,4$	$33,1 \pm 0,6$
2	$34,7 \pm 0,2$	$29,1 \pm 0,3$	$32,9 \pm 1$
3	$35,3 \pm 0,1$	$27,5 \pm 1$	$29,7 \pm 1,1$
4	$35,9 \pm 0,1$	$30,4 \pm 0,5$	$28,6 \pm 0,4$
5	$35,2 \pm 0,1$	$28,2 \pm 1,2$	$29,7 \pm 0,9$

6	35,4±0,1	29,5±1	32,9±0,5
7	36,5±0,3	30,5±0,2	27,4±0,9
8	39,5±0,4	45,5±1,9	23,7±0,5

**Таблица 3** – Результаты сравнения групповых средних в статистическом комплексе из восьми градаций (указаны доверительные вероятности (%) для разностей сравниваемых пар)

Температура воздуха, °С		1	2	3	4	5	6	7	8
	1		–	–	99	–	–	99,9	99,9
	2	–		–	–	–	–	99,9	99,9
	3	–	–		–	–	–	–	99,9
	4	99	–	–		–	–	–	99,9
	5	–	–	–	–		–	95	99,9
	6	–	–	–	–	–		–	99,9
	7	99,9	99,9	–	–	95	–		99,9
Температура поверхности, °С		1	2	3	4	5	6	7	8
	1		–	–	–	–	–	–	99,9
	2	–		–	–	–	–	–	99,9
	3	–	–		–	–	–	–	99,9
	4	–	–	–		–	–	–	99,9
	5	–	–	–	–		–	–	99,9
	6	–	–	–	–	–		–	99,9
	7	–	–	–	–	–	–		99,9
%Влажность воздуха		1	2	3	4	5	6	7	8
	1		–	–	95	–	–	99	99,9
	2	–		–	–	–	–	99	99,9
	3	–	–		–	–	–	–	99
	4	95	–	–		–	–	–	95
	5	–	–	–	–		–	–	99
	6	–	–	–	–	–		99	99,9
	7	99	99	–	–	–	99		–
8	99,9	99,9	99	95	99	99,9	–		

Величина температуры воздуха, поверхности дорожно-тропиночной сети и влажности воздуха на открытом участке (градация 8) достоверно при  $P = 99,9\%$  отличается от таковых на всех семи, выделенных участках парка. При этом разница величин этих параметров между отдельными участками парка (градации 1-7) оказалась в большинстве случаев не достоверной при  $P = 95\%$ . Исключение составили пары участков 1 и 7 и 2 и 7, разность температуры и влажности воздуха у которых оказалась достоверной, при заданных уровнях значимости. Это вероятно связано с особенностями

рельефа (плакор и пойма). Таким образом, на имеющемся фактическом материале не удалось доказать наличие связи между степенью влияния насаждения на параметры микроклимата и особенностями самого насаждения. Вероятно, что эффект действия парковых насаждений мало зависит от их видового состава, рельефа местности и расположения и в первую очередь связан с проективным покрытием или плотностью древостоя.

### **Заключение**

Таким образом, насаждения парка эффективно влияют на параметры микроклимата, изменяя их в сторону более комфортных. Наибольший эффект изменения температуры воздуха и поверхностей дорожно-тропиночной сети наблюдается в полдень, затем происходит его снижение. Абсолютная разница влажности воздуха между парковым и открытым пространствами в течение светлого времени суток (период рекреационной нагрузки) не изменяется. Влияние парка на климат прилегающих территорий минимально.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (6.6222.2017/8.9).

### **Список литературы**

1. Аксянова Т. Ю., Ступакова О. М. Аналитический обзор влияния пространственной структуры зеленых насаждений на их ветро- и шумозащитные свойства // Вестник КрасГАУ, № 5, 2013. С. 119-122.
2. Алексеенко Е. В. Экологическая устойчивость культурных ландшафтов промышленного города (на примере парков г. Омска) : дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Омск, 2006. 173 с.
3. Андреев С. С., Андреева Е. С. Биоклиматическая характеристика Ростовской области по индексу патогенности метеорологической ситуации // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. Приложение. 2003. № 9. С. 67-76.
4. Березин Д. И. Снижение перегрева на придомовой территории путем рационального размещения зеленых насаждений // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура, Т. 13, № 2, 2013. С. 16-21.
5. Беспалов В. И., Котлярова Е. В. Анализ дендрологических особенностей формирования функциональных территориальных зон г. Ростова-на-Дону // Инженерный вестник Дона, 2015. № 4. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_66\\_Bespalov.pdf\\_83a8046754.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_66_Bespalov.pdf_83a8046754.pdf)
6. Городков А. В. Ландшафтно-средозащитное озеленение и его влияние на экологическое состояние крупных городов Центральной России : дис. ... доктор сель.-хоз. наук: 03.00.16. СПб, Брянск, 2000. 443 с.

7. Камышева А. С., Милешко Л. П. Роль зеленых насаждений в обеспечении экологической безопасности городов // Технологии техносферной безопасности. Вып № 2, 2017. С. 285-288.
8. Козловский Б. Л., Куропятников М. В., Федоринова О. И. Приоритетные задачи зеленого строительства в Ростове-на-Дону // Инженерный вестник Дона, 2013, № 1. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1552](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1552).
9. Косицына Э. С., Рубанова Е. Ю. К вопросу о роли и влиянии озеленения на формирование микроклимата городов степной и полупустынной зон // Вестник ВолгГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. Вып. 27, 2012. С. 170-173.
10. Куролап С. А., Катцшнер Л., Катцшнер А., Бюрхардт Р., Добрынина И. В., Владимиров Д. Р. Экологическая оценка микроклимата и загрязнения воздушного бассейна индустриально-развитых городов Германии и России // Вестник ВГУ. Серия география, геоэкология. №2, 2011. С. 7-16.
11. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
12. Мягков М. С. Пример моделирования микроклиматических условий для г. Волгограда // Вестник ВолгГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. Вып 32. 2013. С. 220-228.
13. Мягков М. С., Губернский Ю. Д., Конова Л. И., Лицневич В. К. Город, архитектура, человек и климат. М.: Архитектура, 2007. 344 с.
14. Agnihotri A. K., Ohri A., Mishra S. Impact of Green Spaces on the Urban Microclimate through Landsat 8 and TIRS Data, in Varanasi, India // International Journal of Environment an Sustainability. 2018. Vol. 7, № 2. pp. 72-80.
15. Rui L., Buccolieri R., Gao Z., Ding W., Shen J. The Impact of Green Space Layouts on Microclimate and Air Quality in Residential Districts of Nanjing, China // Forests 2018. Vol. 9, iss. 4. 224, [doi.org/10.3390/19040224](https://doi.org/10.3390/19040224).

### **Spisok literaturey**

1. Aksyanova T. YU., Stupakova O. M. Analiticheskij obzor vliyaniya prostranstvennoj struktury zelenykh nasazhdenij na ikh vetro- i shumozashhitnye svoystva // Vestnik KrasGAU, № 5, 2013. S. 119-122.
2. Alekseenko E. V. EHkologicheskaya ustojchivost' kul'turnykh landshaftov promyshlennogo goroda (na primere parkov g. Omska) : dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.16. Omsk, 2006. 173 s.
3. Andreev S. S., Andreeva E. S. Bioklimaticheskaya kharakteristika Rostovskoj oblasti po indeksu patogennosti meteorologicheskoy situatsii // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Estestvennye nauki. Prilozhenie. 2003. №. 9. S. 67-76.



4. Berezin D. I. Snizhenie peregreva na pridomovoj territorii putem ratsional'nogo razmeshheniya zelenykh nasazhdenij // Vestnik YUUrGU. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura, T. 13, № 2, 2013. S. 16-21.
5. Bespalov V. I., Kotlyarova E. V. Analiz dendrologicheskikh osobennostej formirovaniya funktsional'nykh territorial'nykh zon g. Rostova-na-Donu // Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015. № 4. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_66\\_Bespalov.pdf\\_83a8046754.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_66_Bespalov.pdf_83a8046754.pdf)
6. Gorodkov A. V. Landshaftno-sredozashhitnoe ozelenenie i ego vliyanie na ehkologicheskoe sostoyanie krupnykh gorodov Tsentral'noj Rossii : dis. ... doktor sel'.-khoz. nauk: 03.00.16. SPb, Bryansk, 2000. 443 s.
7. Kamysheva A. S., Mileshko L. P. Rol' zelenykh nasazhdenij v obespechenii ehkologicheskoy bezopasnosti gorodov // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. Vyp № 2, 2017. S. 285-288.
8. Kozlovskij B. L., Kuropyatnikov M. V., Fedorinova O. I. Prioritetnye zadachi zelenogo stroitel'stva v Rostove-na-Donu // Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 1. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1552](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1552).
9. Kositsyna E.H. S., Rubanova E. YU. K voprosu o roli i vliyanii ozeleneniya na formirovanie mikroklimate gorodov stepnoj i polupustynnoj zon // Vestnik VolgGASU. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. Vyp. 27, 2012. S. 170-173.
10. Kurolap S. A., Kattshner L., Kattshner A., Byurkhardt R., Dobrynina I. V., Vladimirov D. R. EHkologicheskaya otsenka mikroklimate i zagryazneniya vozdušnogo bassejna industrial'no-razvitykh gorodov Germanii i Rossii // Vestnik VGU. Seriya geografiya, geoehkologiya. №2, 2011. S. 7-16.
11. Lakin G. F. Biometriya M.: Vysshaya shkola, 1990. 352 s.
12. Myagkov M. S. Primer modelirovaniya mikroklimaticeskikh uslovij dlya g. Volgograda // Vestnik VolgGASU. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. Vyp 32. 2013. S. 220-228.
13. Myagkov M. S., Gubernskij Ju. D., Konova L. I., Licnevich V. K. Gorod, arhitektura, chelovek i klimat. M.: Arhitektura, 2007. 344 s.
14. Agnihotri A. K., Ohri A., Mishra S. Impact of Green Spaces on the Urban Microclimate through Landsat 8 and TIRS Data, in Varanasi, India // International Journal of Environment an Sustainability. 2018. Vol. 7, № 2. pp. 72-80.
15. Rui L., Buccolieri R., Gao Z., Ding W., Shen J. The Impact of Green Space Layouts on Microclimate and Air Quality in Residential Districts of Nanjing, China // Forests 2018. Vol. 9, Iss. 4. 224, [doi.org/10.3390/19040224](https://doi.org/10.3390/19040224).