

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/4>

УДК 630.56:(551.584.5 + 674.031.795.243)



Влияние микроклиматических городских условий на рост *Tilia cordata* Mill. (на примере г. Уфы)

Регина Р. Байтурина^{1,2}✉, aspirant_bsau@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-8156-2165>

Айдар К. Габделхаков¹, aliya201199@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-7129-880X>

Ленара Р. Салимьянова¹, lenara.muhametzyanova@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-4683-7060>

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», 50-летия Октября, 34, г. Уфа, 450001, Российская Федерация

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Космонавтов, 1, г. Уфа, 450064, Российская Федерация

Биологическое состояние насаждений с контрастными микроклиматическими условиями произрастания в черте города оказывает ориентация улиц по сторонам света и наличие высотных строений. Измерены диаметры ствола ($d_{0,1}$ и $d_{1,3}$), кроны и высота у *Tilia cordata* Mill. ($n = 1312$ деревьев) VII класса возраста, свободно произрастающих на десяти линейных пробных площадях, выделенных в пределах трех улиц города Уфы Республики Башкортостан. Сравнение средних значений биометрических параметров деревьев, растущих на площадях с разным микроклиматом, произведено с помощью критерия Стьюдента ($\alpha=0,05$). В процессе проведения исследований на участках с контрастными микроклиматическими условиями было выявлено, что на рост, развитие и продуктивность зеленых насаждений в условиях города влияет их местоположение, микроклиматические условия. Очень большое значение на рост дерева оказывает ориентация улиц по сторонам света и наличие высотных строений – солнечная или теневая. На теневой стороне в вегетационный период больше влаги и температура воздуха ниже. Кроме того, непосредственная близость деревьев к проезжей части главной улицы города также оказывает серьезное влияние на их состояние. Данные этого исследования позволяют применять их при организации ландшафтного ухода за городскими насаждениями, в том числе липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.).

Ключевые слова: *Tilia cordata* Mill., диаметр ствола, высота дерева, Уфа, зависимость, микроклиматические условия, выбросы, загрязнение, городские условия

Финансирование: данное исследование не получало внешнего финансирования.

Благодарности: авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.


Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.


Для цитирования: Байтурина, Р. Р. Влияние микроклиматических городских условий на рост *Tilia cordata* Mill. (на примере г. Уфы) / Р. Р. Байтурина, А. К. Габделхаков, Л. Р. Салимьянова // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 13. – № 1 (49). – С. 54–66. – Библиогр.: с. 62–65 (20 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/4>.

Поступила 15.11.2022. Пересмотрена 24.03.2023. Принята: 07.04.2023. Опубликована онлайн: 15.05.2023.

The influence of microclimatic urban conditions on the growth of *Tilia cordata* Mill. (Ufa city example)

Regina R. Baiturina^{1,2}✉, aspirant_bsau@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0002-8156-2165>

Aydar K. Gabdelkhakov¹, aliya201199@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0001-7129-880X>

Lenara R. Salimyanova¹, lenara.muhametzyanova@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-4683-7060>

¹Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 50-letiya Otyabrya Str., 34, Ufa, 450001, Russian Federation

²Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education «Ufa State Petroleum Technological University», Cosmonavtov str., 1, Ufa, 450064, Russian Federation

Abstract

The biological state of plantings with contrasting microclimatic growing conditions within the city limits is influenced by the orientation of streets to the cardinal directions and the presence of high-rise buildings. The trunk diameters ($d_{0,1}$ and $d_{1,3}$) and the height of *Tilia cordata* Mill were measured ($n = 1476$ trees on 12 trial areas) with different age range (within V-X classes), freely growing on twelve linear trial areas allocated within two districts of the Ufa city of the Republic of Bashkortostan. The comparison of the average values of biometric parameters of trees growing in areas with different microclimates was carried out using the Student's test ($\alpha=0.05$). In the process of conducting research on sites with contrasting microclimatic conditions, it was revealed that the growth, development and productivity of green spaces in urban conditions is influenced by their location, microclimatic conditions and air temperature. The orientation of the streets to the cardinal directions and the presence of high-rise buildings - sunny or shady - are very important for the growth of the tree. On the shady side during the growing period there is more moisture and the air temperature is lower. Of great importance for the difference in the diameters of the trees of the objects under consideration is their age. In addition, the immediate proximity of trees to the carriageway of the main street of the city also has a serious impact on their condition. The data of this study allow them to be used in the organization of landscape care for urban plantings, including linden trees.

Keywords: *Tilia cordata* Mill., stem diameter, tree height, Ufa, dependence, micro-climatic conditions, emissions, pollution, urban conditions

Funding: this research received no external funding.

Acknowledgments: the authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Baiturina R. R., Gabdelkhakov A. A., Salimyanova L. R. (2022) The influence of microclimatic urban conditions on the growth of *Tilia cordata* Mill. (Ufa city example). *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 1 (49), pp. 54-66 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/4>

Received: 15.11.2023 **Revised:** 24.03.2023 **Accepted:** 07.04.2023 **Published online:** 15.05.2023

Введение

Уфа – самый зеленый город-миллионник России, где на одного жителя приходится 202 м² зелёных насаждений. В городе имеется огромное

количество автомобилей, загрязняющих окружающую среду и воздух [1], а также Уфа – промышленный город, что сказывается на росте и структуре произрастающих на его улицах, парках и скверах

деревьев. Специфическая черта городской среды, при воздействии деятельности людей (рекреация, промышленность и т.п.) – сама становится важным фактором воздействия на природу и человека [1, 3, 8]. Значительную роль в экологии городской среды и микроклимата играют зеленые насаждения¹¹. Деревья являются основным компонентом ландшафта города. Они влияют на количество шума, грязи и пыли в воздухе, дыма, газа, пыли, копоти, выделение фитонцидов, выравнивание температуры воздуха, выделяют кислород, поглощают CO₂ [1, 4]. Ощутимо охлаждение микроклимата города и регулирование теплового комфорта на открытом воздухе деревьями [7]. Одним из примеров климато-мелиорации города является размещение зеленых насаждений вдоль улицы у фасада южной экспозиции для благоприятного эффекта в регулировании микроклимата помещений, окна которых выходят на солнечную сторону [6]. Вопросы адаптации видов к городским условиям изучаются исследователями и представляют интерес во всем мире [11, 14, 16]. Экологические условия урбанизированных территорий [13, 15, 20] вынуждают растения к выработке различных биохимических и физиологических адаптационных процессов (стратегий) [15]. Не менее актуален вопрос влияния загрязнения воздуха и почвы на состояние здоровья отдельных видов деревьев в парках и городских лесах [9, 12, 14]. Различные признаки растений широко используются для оценки состояния окружающей среды [13]. Проводятся исследования по видам деревьев, которые являются наиболее подходящими для посадки в условиях прогнозируемого будущего городского климата [18]. К их числу относится липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.) [2,4,5] как ценное дерево, которое часто высаживают в городских зеленых насаждениях [13, 17, 18].

Неблагоприятные особенности городской среды заметно изменяют состояние древесных растений и отражаются как на отдельных физиологических и морфологических показателях, так и на

общем облике, его долговечности, сопротивляемости неблагоприятным воздействиям.

В условиях увеличения техногенных нагрузок санитарно-гигиеническая роль покрытых растительностью пространств города является мощным средством нейтрализации вредных последствий техногенного загрязнения для городского населения. Природные, озелененные территории, а также акватории, влияют на микроклиматические характеристики городской среды, в том числе задерживают десятки тонн пыли, концентрируют в листьях тяжелые металлы, участвуют в формировании температурно-влажностных режимов, химического состава воздуха, биотрансформируют и рассеивают сотни тысячи тонн загрязняющих веществ [19], обогащают воздух кислородом. Они оказывают воздействие на скорость движения воздушных потоков, уровень инсоляции поверхностей на уровне земли, зданий и сооружений, а также снижают шумовую нагрузку от автомобилей и других источников.

Для того чтобы зеленые насаждения города могли обеспечивать свою функцию по защите атмосферы от загрязнения в полной мере, на каждого горожанина должно приходиться 300 м² лесов, в том числе 50 м², непосредственно в черте города, а остальные вокруг него.

На сегодняшний день содержание объектов зеленого хозяйства на территории г. Уфы проводит МБУ «Горзеленхоз», которое представляет собой крупнейшее учреждение сферы жилищно-коммунального хозяйства столицы республики. На его содержании находятся 103 городских объекта площадью 276 га, в том числе 11 парков, 41 сквер, 3 сада, 24 улицы, 1 транспортная развязка, 2 бульвара, 21 прилегающая территории, 23 фонтана, 1 водоем, 54 памятных сооружения, питомник (60 га), 21767 га городских лесов и вольерное хозяйство (<http://ufagreen.ru/>).

Природно-климатические условия объекта исследований вполне благоприятны для произрастания хвойных и мягких лиственных видов, включая липу. Твердые лиственные виды (дуб, клен, вяз, ильм), несмотря на относительно богатые лесные почвы, не имеют хороших условий для успешного произрастания, так как сумма положительных тем-

¹¹ Гизатуллина, Г. И. Лесоводственно-экологическая характеристика насаждений общего пользования в г. Уфе: автореф. дис. канд. с.-х. наук. Уфа: БашГАУ. 2018. 24 с.

ператур для них недостаточна [3], что подтверждается относительно низкими бонитетами¹² этих насаждений. Периодически суровые морозы, засухи, систематическое затопление паводковыми водами в поймах рек Белой, Уфы и Демы в сочетании с другими неблагоприятными факторами оказывают отрицательное влияние на рост и состояние насаждений, представленных твердыми лиственными породами [1].

Целью исследования является оценка влияния условий местопроизрастания и микроклиматических условий на биометрические показатели деревьев липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), что вызывает интерес у специалистов и является актуальным вопросом на сегодня.

В соответствии с целью исследований были сформулированы задачи:

- сравнить биометрические показатели липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), заложенных на пробных площадях, оценить состояние деревьев;

- на основании полученных данных и используя данные предшествующих исследований, сделать выводы о влиянии факторов на рост *T. cordata*.

Материалы и методы

Объект и предмет исследования

Рассматривались только деревья свободного роста. В качестве объектов исследования были выбраны деревья на трех улицах Советского района города Уфы (табл. 1). Деревья на этих улицах высаживались в период с 1967 по 1972 гг. 10-15-летними саженцами и отнесены нами к VII классу возраста (биологический возраст 65-70 лет). Пробные площади (ПП) располагаются в центральной части города по ул. Проспект Октября, протянувшейся с юго-западного в северо-восточном направлении, улиц Братьев Кадомцевых и 50 лет СССР, ориентированных перпендикулярно ул. Проспект Октября. Различие объектов заключается в ориентированности улиц по отношению к сторонам света и обуславливается разной освещенностью деревьев, а по ул. Проспект Октября предусматривает по-

вторность вариантов.

Уфимский район представляет собой связующий центр перерабатывающих предприятий, при этом страдает экология города. Так, например, средние за год концентрации специфических веществ как ксиолов – 0,009 мг/м³, толуола – 0,056 мг/м³, остальных примесей – ниже допустимых норм. Объем выбросов загрязняющих веществ в 2019 году составил от стационарных источников – 175,6 тыс. т., от передвижных источников – 127,1 тыс. т. [1, 8].

Сбор данных

Сбор материалов проведен камеральным и полевым способом. Использованы лесоводственно-таксационные приемы¹³, таксационные описания, план лесонасаждений, проектные ведомости, литературные источники, документы МБУ «Горзеленхоз» и другие документы.

Диаметры в коре с точностью до 1 см измеряли мерной вилкой на высоте до 10 см ($d_{0,1}$) и 1,3 м ($d_{1,3}$) от шейки корня. Также рассматривался сбеж ствола как разница между этими замерами. Диаметры раздвоенных стволов определяли по положению развилки относительно высоты 1,3 м: если развилка выходила выше 1,3 м, то это одно дерево, а если ниже, то два/три и т.д. [8]. В городе отмечаются многоствольные деревья липы мелколистной – были обнаружены деревья даже с 8 стволами. Высотомером с градацией 0,5 м на каждой ПП были измерены высоты 15-33 деревьев, представленных разными ступенями толщины.

Оценивались также такие биометрические показатели, как диаметр кроны и качественные характеристики дерева: обрезка ветвей, поврежденность ствола (в т.ч. механические повреждения), декоративность, заболевания листьев и ствола, болезни.

С помощью прибора экологического контроля ДТ-9881М проведено измерение содержания взвешенных твердых частиц с точностью 50 % при 0,3 мкм и 100 % для частиц > 0,45 мкм на уровне

¹²Лесохозяйственный регламент Уфимского лесничества. Уфа, 2018. 185 с. URL: <https://forest.bashkortostan.ru/documents/active/> (дата обращения: 27.09.2022).

¹³Сальникова, И. С. Таксация леса: учебное пособие / И. С. Сальникова, Г. В. Анчугова, З. Я. Нагимов. Екатеринбург, 2017. 72 с. ISBN: 978-5-94984-615-5. Режим доступа <https://elibrary.ru/sdyhje>.

1,3 м от поверхности почвы. Учитывались значения температуры и относительной влажности воздуха. Для определения уровня освещенности (Е, лк) использовался Люксметр “ТКА-ЛЮКС”.

Анализ данных

Статистическая обработка материалов была выполнена стандартными методами вариационной статистики с применением программ Microsoft Excel и StatSoft Statistica. Сравнение средних зависимых выборок при количественной изменчивости проводилось на основе t-критерия Стьюдента при уровне значимости $\alpha=0,05$.

Результаты и обсуждение

Исследования «выявили зависимость содержания взвешенных твердых частиц PM_{2.5}/PM₁₀ от интенсивности движения автотранспорта. Примечательно, что тесной связи между количеством автотранспорта и концентрацией мелкодисперсных пылевых частиц в насаждениях не выявлено. Следовательно, древесные посадки служат мощным фильтрующим барьером для загрязнителей вдоль автомагистралей, в том числе вследствие значительного уменьшения содержания PM_{2.5}/PM₁₀ в составе атмосферного воздуха» [1]. Фенологические наблюдения¹⁴ за *T. cordata* Mill. показали, что на объектах исследования (Советский район г. Уфы) фазы распускания листовых почек и облиствения зафиксированы в апреле с середины до 20-х чисел, цветения - с 25 июня до 5 июля, плодоношения с 16 по 24 июля, начало листопада с 25 августа по 10 октября. Согласно исследованиям в магистральных посадках у деревьев первой величины наиболее выражено сокращение продолжительности цветения, наблюдается более поздний окрас листвы осенью и опад листвы на 4-14 дней по сравнению с озелененными участками за чертой города. Предположительно причинами сдвига феноритмов¹⁵ растений могут послужить более теп-

лый микроклимат и дополнительное освещение. Представляет интерес влияние городских условий на деревья с точки зрения негативного влияния на их жизненное состояние [10] по оценке конкретных биометрических показателей.

T. cordata преобладает в озеленении г. Уфы, в том числе и на рассмотренных объектах. На исследованных ПП деревья были высажены одновременно. Это позволяет, в определенной степени, оценить их рост и развитие на фоне влияния урбанизированной среды.

Следует отметить, что большинство обследованных нами деревьев имеют механические повреждения стволов в нижней части, кроны всех деревьев подвержены обрезке.

Средние высоты деревьев исследованных объектов (табл. 1) составили от 11,5 (ПП2) до 16,5 м (ПП3), при этом высоты отдельных экземпляров варьируют от 5 до 22 м. Для большинства ПП (кроме ПП 2 и 8) на световой стороне улицы средняя высота зеленых насаждений выше, чем на теневой. Среднеквадратические средние $d_{1,3}$ максимальное значение в 38 см имеют ПП5 и ПП9, минимальное значение в 27 см – ПП6. Варьирование $d_{0,1}$ и $d_{1,3}$ – среднее и составляет 16-38 %, в то время как для сбегса – значительное (56-101 %). Показатель точности опыта для замеров диаметров допустимый и не превышает 4 %, а для сбегса, учитывая сильную закомелистость многих стволов, приемлемый – находится в пределах 5-9 %. Рис. 1 наглядно показывает различие средних показателей $d_{0,1}$ и $d_{1,3}$ и их статистик по ПП. Например, четко видно, что вариационный размах для $d_{0,1}$ шире, чем для $d_{1,3}$ (кроме ПП 1 и 10). Данная тенденция характерна и для межквартильного размаха, который изменяется от 7 до 12 см для $d_{1,3}$ и от 10 до 15 см для $d_{0,1}$. Распределения $d_{0,1}$ для ПП 4 и 9, $d_{1,3}$ для ПП 3 и 5 характеризуются отрицательной асимметрией, для остальных ПП – положительной. Варьирование изучаемых параметров объясняется не только внутривидовой изменчивостью, внешними воздействиями в виде повреждений и обрезки, микроклиматическими условиями местопроизрастания, но и наличием деревьев более молодого поколения в результате восстановительных посадок, взамен погибших экземпляров (например, на ПП4).

¹⁴ Кулагин, А.А., Николаева В.В. Фенологические наблюдения за *Tilia cordata* Mill. на территории г. Уфы» / А. А. Кулагина, В. В. Николаева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 4. С. 150-153.

¹⁵ Бухарина, И.Л., Поварнишина, Т.М., Ведерников, К.Е. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде: монография / И.Л. Бухарина, Т.М. Поварнишина, К.Е. Ведерников. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – 216 с.

Средние арифметические значения $d_{1,3}$ для исследуемых ПП практически совпадают со значениями моды и медианы, незначительные величины коэффициентов асимметрии и эксцесса – свидетельствует о соответствии их рядов распределений нормальному закону. Для $d_{0,1}$ и сбega большинства рассмотренных объектов значения мер косости и крутости лежат за пределами своих двухкратных

основных ошибок, показывая различие распределений выборок от нормального. Дальнейший анализ соответствия изучаемых выборок нормальному закону распределения по критериям Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса и Шапиро-Уилкса показал их отличие не только для $d_{0,1}$ и сбega, но и части $d_{1,3}$ ПП.

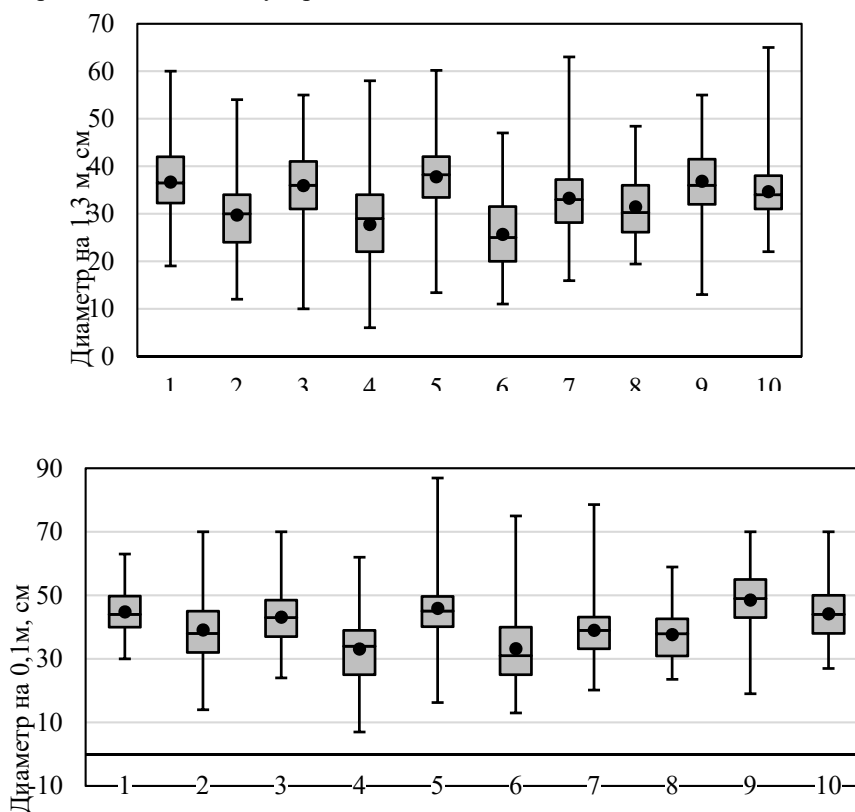


Рисунок 1 Диаметры деревьев на высоте 1,3 м (верхний) и 0,1 (нижний) ПП (1-10): прямоугольник представляет межквартильный размах, точка – средняя арифметическая, черта – медиана, усы – минимальное и максимальное значения наблюдаемых признаков

Figure 1. Tree diameters at a height of 1.3 m (upper) and 0.1 (lower) PP (1-10): the rectangle represents the interquartile span, the dot is the arithmetic mean, the dash is the median, the whiskers are the minimum and maximum values of the observed features

Источник: собственная разработка авторов

Source: author's composition

Природопользование

Таблица 1

Характеристика пробных площадей для исследования влияния микроклимата на рост *Tilia cordata* Mill.

Table 1

Characteristics of trial areas for the study of the influence of microclimate on the growth of *Tilia cordata* Mill.

Шифр пробной площади	Место расположения пробной площади	Средняя высота деревьев, м	Средний диаметр, см	Расстояние между рядами, м	Среднее расстояние между деревьями в ряду, м	Количество обследованных деревьев, экз.	Средние значения			Концентрация выбросов РМ, µg/m ³	
							освещенность, лк	температура, °С	влажность, %		
1	четная сторона ул. Братьев Кадомцевых	12,0	37	8	5	70				2,5	10
2	нечетная сторона ул. Братьев Кадомцевых	11,5	31	7	5	200	1086	21,1	13,0	12	50
3	нечетная сторона ул. Проспект Октября между остановками «Универмаг Уфа» и «Спортивная»	16,5	37	7	5	187	1337	20,9	12,9	33	52
4	четная сторона ул. Проспект Октября между остановками «Универмаг Уфа» и «Спортивная»	15,5	30	5	5	105	1355	20,4	12,4	18	89
5	нечетная сторона ул. Проспект Октября от остановки «Спортивная» до ул. Шафиева	15,0	38	6	5	196	1175	20,6	12,8	13	66
6	четная сторона ул. Проспект Октября от остановки «Спортивная» до ул. Шафиева	14,5	27	6	4	107	1030	20,8	12,8	12	65
7	нечетная сторона ул. Проспект Октября от ул. Шафиева до остановки «Госцирк»	12,0	34	4	4	179	1159	20,7	12,7	9	35
8	четная сторона ул. Проспект Октября от ул. Шафиева до остановки «Госцирк»	14,5	32	12	4	84	1269	19,7	12,2	5	27
9	четная сторона ул. 50 лет СССР (между улицами Зорге и Проспект Октября)	13,5	38	8	4	91	1439	20,2	10,8	19	62
10	нечетная сторона ул. 50 лет СССР (между улицами Зорге и Проспект Октября)	15,5	35	6	4	93	1176	19,7	12,1	8	31

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Природопользование

Таблица 2

Критерии различия парного сравнения параметров *T. cordata*

Table 2

Criteria for the difference of paired comparison of *T. cordata* parameters

ПП	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметры на высоте до 10 см ($d_{0,1}$) Diameters at a stem height of up to 10 cm										
1	-	7,00	0,20	9,61	1,56	8,72	2,02	5,4	3,29	0,47
2	<0,01	-	4,46	3,64	6,58	4,00	0,18	0,77	9,33	5,11
3	0,84	<0,01	-	8,88	2,98	9,31	4,98	5,64	3,18	0,28
4	<0,01	<0,01	<0,01	-	8,51	0,14	4,05	4,43	10,05	7,98
5	0,12	<0,01	<0,01	<0,01	-	9,56	7,96	7,53	1,72	1,60
6	<0,01	<0,01	<0,01	0,89	<0,01	-	4,85	3,86	10,74	8,08
7	<0,05	0,86	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	2,71	5,71	2,80
8	<0,01	0,44	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	9,42	5,06
9	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,09	<0,01	<0,01	<0,01	-	3,62
10	0,64	<0,01	0,78	<0,01	0,11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
Диаметры на высоте 1,3 м ($d_{1,3}$) Diameters at a stem height of up to 1,3 m										
1	-	6,87	1,40	8,14	2,04	11,01	0,92	4,01	0,79	1,72
2	<0,01	-	9,62	1,25	11,35	4,09	4,99	3,33	8,53	5,84
3	0,17	<0,01	-	8,60	2,87	13,41	4,24	6,53	0,97	3,39
4	<0,01	0,21	<0,01	-	8,70	1,75	5,20	4,18	7,15	6,26
5	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	-	12,85	6,69	8,05	1,91	4,55
6	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	<0,01	-	8,80	6,72	10,69	9,42
7	0,36	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	3,50	2,10	0,02
8	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	5,27	2,70
9	0,43	<0,01	0,33	<0,01	0,06	<0,01	0,04	<0,01	-	2,15
10	0,09	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,98	<0,01	0,03	-
Сбор ($d_{0,1} - d_{1,3}$)										
1	-	0,19	1,65	3,77	0,29	0,17	1,26	2,37	3,57	1,44
2	0,85	-	2,40	4,29	4,24	1,99	2,51	5,73	3,79	0,92
3	0,10	0,02	-	2,71	1,26	0,01	2,44	0,07	4,93	3,79
4	<0,01	<0,01	0,01	-	2,84	3,14	0,28	1,54	7,04	5,73
5	0,77	<0,01	0,21	0,61	-	0,51	3,32	1,59	4,25	2,51
6	0,87	0,05	0,99	<0,01	<0,01	-	2,54	2,26	3,82	1,99
7	0,21	0,01	0,02	0,78	<0,01	0,01	-	0,06	5,29	4,24
8	0,02	<0,01	0,94	0,13	0,12	0,03	0,95	-	5,83	4,29
9	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	2,40
10	0,16	0,36	<0,01	<0,01	0,01	0,05	<0,01	<0,01	0,02	-

Примечание: правая верхняя половина – t-критерий, левая нижняя половина – уровень их значимости. Полу жирным шрифтом выделены незначимые различия

Note: the upper right half is the t-criteria, the lower left half is the level of their significance. Minor differences are highlighted in bold

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

С учетом этого попарное сравнение средних зависимых выборок при количественной изменчивости произведено по критерию Стьюдента (табл. 2). По ул. Братьев Кадомцевых и ул. 50 лет СССР диаметры деревьев по нечетной стороне улицы значимо отличаются от диаметров четной стороны (освещены меньше и влаги больше), причем по четной стороне улицы деревья толще, возможно, это объясняется оптимальными условиями для липы как теневыносливого вида. При сравнении параметров деревьев на этих двух улицах необходимо отметить большие значения для ПП 9 и 10, где улица гораздо шире по сравнению с ПП 1 и 2. Причем по ул. Братьев Кадомцевых деревья липы на порядок больше и по нечетной (световой) стороне они высажены в 2-3 ряда. Сравнение диаметров лип на 0,1 м и 1,3 м по ул. Проспект Октября также показало существенное различие между световыми и теневыми сторонами улицы ($t < t_{st}$). На нечетной (световой) стороне улицы (ПП 3, 5 и 7) деревья толще, сбег сильнее (кроме ПП 7 и 8). По нечетной стороне улицы липы высажены дальше от проезжей части дороги в два ряда, по сравнению с четной стороной, и образуют пешеходную аллею. Сравнение $d_{0,1}$ и $d_{1,3}$ отдельно для четной (ПП 4, 6 и 8) и нечетной (ПП 3, 5 и 7) стороне улицы тоже показали статистически значимые различия. Для сбega стволов различия выражены не для всех случаев наблюдений.

Концентрация загрязняющих веществ зависит от техногенных и погодных условий. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ для населения и растительности существенно различаются, которые необходимо учитывать при проектировании городских зеленых насаждений. Концентрация выбросов на нечетной (световой) стороне ПП1 по ул. Братьев Кадомцевых на порядок выше РМ 2,5, по сравнению с РМ 10 – где разница составила $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Освещенность превышает на 200 лк, чем на теневой стороне, при

этом температура и влажность ниже. Такие же изменения наблюдаются на ПП 3 и 4. На остальных участках освещенность зафиксирована выше по четной стороне улиц. Наибольшая концентрация РМ 10 зафиксирована по ул. Проспект Октября между остановками «Универмаг Уфа» и «Спортивная», где наблюдается большой поток автомобилей в течение всего дня – более 10 тыс. машин за сутки. Динамика средних показателей влажности и температуры воздуха на ПП 5-10 отличаются незначительно, что объясняется вне-вегетационным (весенним) периодом. Измерения проведены в апреле месяце, при установлении стабильных положительных температур. Авторами планируется продолжение изучения микроклиматических условий в вегетационный период и последующий их анализ.

Заключение

В процессе проведения исследований на участках с контрастными микроклиматическими условиями было выявлено, что на рост, развитие зеленых насаждений в условиях города влияет их местоположение, микроклиматические условия, температура воздуха. Очень большое значение на рост дерева оказывает ориентация улиц по сторонам света и наличие высотных строений – солнечная или теневая. На теневой стороне больше влаги и температура воздуха ниже. Кроме того, непосредственная близость деревьев к проезжей части главной улицы города также оказывает серьезное влияние на их состояние. Проспект Октября – одна из самых загруженных улиц города и по ней проезжает более 10 тыс. машин за сутки. Таким образом, на рост зеленых насаждений оказывают влияние факторы, изменяющие среду их обитания на локальном уровне. Данные этого исследования позволяют применять их при организации ландшафтного ухода за городскими насаждениями липы (*T. Cordata* Mill.).

Список литературы

1. Байтурина, Р. Р. Концентрация мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе городских насаждений (на примере г. Уфа) / Р. Р. Байтурина // Успехи современного естествознания. 2022. № 5. С. 7-11 DOI: <https://doi.org/10.17513/use.37817>.
2. Салтан, Н. В. Эколого-биологические особенности *Tilia cordata* Mill. в урбанизированной среде Кольского Севера (на примере Г. Мурманск) / Н. В. Салтан, Е. А. Святковская, Н. Н. Тростенюк // Известия

Самарского научного центра Российской академии наук. – 2019. – Т. 21, № 2-2(88). – С. 180-184. Режим доступа: <https://elibrary.ru/zkdkto>.

3. Галимова, Р. Г. Климат Республики Башкортостан / Р. Г. Галимова. – Уфа : Башкирский государственный университет, 2017. – 96 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/yvmqnu>.

4. Мамиева, Е. Б. Оценка устойчивости фотосинтетического аппарата липы мелколистной *Tilia cordata* Mill. в градиенте техногенного загрязнения г. Владикавказ / Е. Б. Мамиева, Л. В. Ширнина, В. Т. Попова // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12, № 2(46). – С. 30-42. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/3>.

5. Исяньюлова, Р. Р. Липа мелколистная как одна из преобладающих пород в составе насаждений Республики Башкортостан / Р. Р. Исяньюлова, Э. Н. Талипов // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2019. – № 1(157). – С. 50-54. Режим доступа: <https://elibrary.ru/zcssyp>.

6. Попова, И.В. Оценка роли зеленых насаждений в формировании комфортных микроклиматических условий в летний период / И.В. Попова, Е.Э. Бурак, Ю.А. Воробьева // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2019. № 2. С. 47-55. Режим доступа: <https://elibrary.ru/wjnetn>.

7. Deng, J., Pickles, B.J., Kavakopoulos, A., Blanusa, T., Halios, C.H., Smith, S.T., Shao, L. Concept and methodology of characterising infrared radiative performance of urban trees using tree crown spectroscopy (2019) Building and Environment, 157: 380-390. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.04.056>.

8. Erofeeva, E.A. Estimating the frequency of hormesis and other non-monotonic responses in plants experiencing road traffic pollution in urban areas and experimental pollutant exposure (2020) Environmental Monitoring and Assessment, 192 (7): 460. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08418-8>.

9. Gabdelkhakov A. Estimation of diameters by stump measurements for natural and artificial small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.) / A. Gabdelkhakov, L. Blonskaya, I. Sabirzyanov, R. Baiturina, I. Mullagaliev // International Journal of Agriculture and Biology. 2021. Т. 26. № 4. P. 416-468. DOI: <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1857>.

10. Krzyżaniak, M., Świerk, D., Antoszewski, P. Factors influencing the health status of trees in parks and forests of urbanized areas (2021) Forests, 12 (6): 656. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12060656>.

11. Martynova M. Effectiveness of tending activities in broadleaved forests / M. Martynova, R. Sultanova, L. Blonskaya, A. Gabdelkhakov, E. Volkova, G. Odintsov // Journal of Environmental Accounting and Management. – 2021. Т. 9. № 4. P. 319-330. DOI: <https://doi.org/10.5890/JEAM.2021.12.001>.

12. Möller, T., Oldeland, J., Schultz, M. The value of alien roadside trees for epiphytic lichen species along an urban pollution gradient (2021) Journal of Urban Ecology, 7 (1). DOI: <https://doi.org/10.1093/jue/juab025>.

13. Pietras-Couffignal, K., Robakowski, P. The impact of air pollution on growth features and the health of trees in Berlin (2019) Dendrobiology, 82, pp. 52-65. DOI: <https://doi.org/10.12657/denbio.082.006>.

14. Skrypnik, L., Maslennikov, P., Feduraev, P., Pungin, A., Belov, N. Ecological and landscape factors affecting the spread of European mistletoe (*Viscum album* L.) in urban areas (a case study of the Kaliningrad city, Russia) (2020) Plants, 9 (3), Article № 394. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9030394>.

15. Straigytė, L., Vaidelys, T., Žalkauskas, R., Manton, M. Impact of urban green spaces, native tree species and seasons on soil pH in Kaunas, Lithuania (2019) Baltic Forestry, 25 (2), pp. 257-262. DOI: <https://doi.org/10.46490/vol25iss2pp257>.

16. Šuškalo, N., Hasanagić, D., Topalić-Trivunović, L., Kukrić, Z., Samelak, I., Savić, A., Kukavica, B. Antioxidative and antifungal response of woody species to environmental conditions in the urban area (2018) Ecotoxicology, 27 (8), pp. 1095-1106. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10646-018-1963-z>.

17. Czaja, M. The Complex Issue of Urban Trees—Stress Factor Accumulation and Ecological Service Possibilities / M. Czaja, A. Kołton, P. Muras // Forests. 2020; 11 (9): 932. DOI: <https://doi.org/10.3390/f11090932>.

18. Weryszko-Chmielewska, E., Piotrowska-Weryszko, K., Dąbrowska, A. Response of *Tilia sp.* L. to climate warming in urban conditions – Phenological and aerobiological studies (2019) *Urban Forestry and Urban Greening*, 43, Article № 126369. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126369>.

19. Zhang, J., Ghirardo, A., Gori, A., Albert, A., Buegger, F., Pace, R., Georgii, E., Grote, R., Schnitzler, J.-P., Durner, J., Lindermayr, C. Improving Air Quality by Nitric Oxide Consumption of Climate-Resilient Trees Suitable for Urban Greening (2020) *Frontiers in Plant Science*, 11, 549913. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.549913>.

20. Andrianjara, I. Urban tree management: Diversity of *Tilia* genus in streets and parks of Paris based on morphological and genetic characteristics / I. Andrianjara, M. Bordenave-Jacquemin, V. Roy et al. // *Urban Forestry & Urban Greening*. – 2021. – Vol. 66. – P. 127382. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127382>.

References

1. Baiturina, R.R. Koncentraciya melkodispersnyh chastic v atmosfernom vozduhe gorodskih nasazhdenij (na primere g.Ufa) [The concentration of fine particles in the atmospheric air of urban plantings (on the example of Ufa)] / R.R. Bajturina // *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2022. №5. S. 7-11 DOI: <https://doi.org/10.17513/use.37817> (In Russian).

2. Saltan, N. V. Ekologo-biologicheskie osobennosti *Tilia cordata* Mill. v urbanizirovannoj srede Kol'skogo Severa (na primere G. Murmansk) / N. V. Saltan, E. A. Svyatkovskaya, N. N. Trostenyuk // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. – 2019. – T. 21, № 2-2(88). – С. 180-184. URL: <https://elibrary.ru/zkdkto>.

3. Galimova, R. G. *Klimat Respubliki Bashkortostan* / R. G. Galimova. – Ufa : Bashkirskij gosudarstvennyj universitet, 2017. – 96 с. URL: <https://elibrary.ru/yvmqnu>.

4. Mamieva, E. B. Ocenka ustojchivosti fotosinteticheskogo apparata lipy melkolistnoj *Tilia cordata* mill. v gradiente tekhnogenogo zagryazneniya g. Vladikavkaz / E. B. Mamieva, L. V. SHirmina, V. T. Popova // *Forestry Engineering Journal*. – 2022. – T. 12, № 2(46). – С. 30-42. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/3>.

5. Isyan'yulova, R. R. Lipa melkolistnaya kak odna iz preobladayushchih porod v sostave nasazhdenij Respubliki Bashkortostan / R. R. Isyan'yulova, E. N. Talipov // *Ispol'zovanie i ohrana prirodnyh resursov v Rossii*. – 2019. – № 1(157). – С. 50-54. Режим доступа: <https://elibrary.ru/zessyp>.

6. Popova, I.V. i dr. Ocenka roli zelenykh nasazhdenij v formirovanii komfortnykh mikroklimaticheskikh uslovij v letnij period / I.V. Popova, E.E. Burak, YU.A. Vorob'eva // *Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta*. Ser.: Estestvennye i medicinskie nauki. 2019. № 2. S. 47-55. URL: <https://elibrary.ru/wjnetn>.

7. Deng, J., Pickles, B.J., Kavakopoulos, A., Blanusa, T., Halios, C.H., Smith, S.T., Shao, L. Concept and methodology of characterising infrared radiative performance of urban trees using tree crown spectroscopy (2019) *Building and Environment*, 157: 380-390. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.04.056>.

8. Erofeeva, E.A. Estimating the frequency of hormesis and other non-monotonic responses in plants experiencing road traffic pollution in urban areas and experimental pollutant exposure (2020) *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (7): 460. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08418-8>.

9. Gabdelkhakov A. Estimation of diameters by stump measurements for natural and artificial small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.) / A. Gabdelkhakov, L. Blonskaya, I. Sabirzyanov, R. Baiturina, I. Mullagaleev // *International Journal of Agriculture and Biology*. 2021. T. 26. № 4. P. 416-468. DOI: <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1857>.

10. Krzyżaniak, M., Świerk, D., Antoszewski, P. Factors influencing the health status of trees in parks and forests of urbanized areas (2021) *Forests*, 12 (6): 656. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12060656>.

11. Martynova M. Effectiveness of tending activities in broadleaved forests / M.Martynova, R.Sultanova, L. Blonskaya, A.Gabdelkhakov, E. Volkova, G.Odintsov // *Journal of Environmental Accounting and Management*. – 2021. T. 9. № 4. P. 319-330. DOI: <https://doi.org/10.5890/JEAM.2021.12.001>.

12. Möller, T., Oldeland, J., Schultz, M. The value of alien roadside trees for epiphytic lichen species along an urban pollution gradient (2021) *Journal of Urban Ecology*, 7 (1). DOI: <https://doi.org/10.1093/jue/juab025>.

13. Pietras-Couffignal, K., Robakowski, P. The impact of air pollution on growth features and the health of trees in Berlin (2019) *Dendrobiology*, 82, pp. 52-65. DOI: <https://doi.org/10.12657/denbio.082.006>.
14. Skrypnik, L., Maslennikov, P., Feduraev, P., Pungin, A., Belov, N. Ecological and landscape factors affecting the spread of European mistletoe (*Viscum album* L.) in urban areas (a case study of the Kaliningrad city, Russia) (2020) *Plants*, 9 (3), Article № 394. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9030394>.
15. Straigtė, L., Vaidelys, T., Žalkauskas, R., Manton, M. Impact of urban green spaces, native tree species and seasons on soil pH in Kaunas, Lithuania (2019) *Baltic Forestry*, 25 (2), pp. 257-262. DOI: <https://doi.org/10.46490/vol25iss2pp257>.
16. Šuškalo, N., Hasanagić, D., Topalić-Trivunović, L., Kukrić, Z., Samelak, I., Savić, A., Kukavica, B. Antioxidative and antifungal response of woody species to environmental conditions in the urban area (2018) *Ecotoxicology*, 27 (8), pp. 1095-1106. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10646-018-1963-z>.
17. Czaja, M. The Complex Issue of Urban Trees—Stress Factor Accumulation and Ecological Service Possibilities / M. Czaja, A. Kołton, P. Muras // *Forests*. 2020; 11 (9): 932. DOI: <https://doi.org/10.3390/f11090932>.
18. Weryszko-Chmielewska, E., Piotrowska-Weryszko, K., Dąbrowska, A. Response of *Tilia* sp. L. to climate warming in urban conditions – Phenological and aerobiological studies (2019) *Urban Forestry and Urban Greening*, 43, Article № 126369. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126369>.
19. Zhang, J., Ghirardo, A., Gori, A., Albert, A., Buegger, F., Pace, R., Georgii, E., Grote, R., Schnitzler, J.-P., Durner, J., Lindermayr, C. Improving Air Quality by Nitric Oxide Consumption of Climate-Resilient Trees Suitable for Urban Greening (2020) *Frontiers in Plant Science*, 11, 549913. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.549913>.
20. Andrianjara, I. Urban tree management: Diversity of *Tilia* genus in streets and parks of Paris based on morphological and genetic characteristics / I. Andrianjara, M. Bordenave-Jacquemin, V. Roy et al. // *Urban Forestry & Urban Greening*. – 2021. – Vol. 66. – P. 127382. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127382>.

Сведения об авторах

✉ *Байтурина Регина Рафаиловна* – кандидат биол. наук, доцент, доцент кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», ул. 50-летия Октября, 34, г. Уфа, Российская Федерация, 450001 | старший научный сотрудник лаборатории искусственных систем декарбонизации и лаборатории климатических изменений и углеродного баланса экосистем ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Космонавтов, 1, г. Уфа, Российская Федерация, 450064; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8156-2165>, e-mail: aspirant_bsau@mail.ru.

Габделхаков Айдар Кавилович – кандидат с.-х. наук, доцент, доцент кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», ул. 50-летия Октября, 34, г. Уфа, Российская Федерация, 450001, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7129-880X>, e-mail: aliya201199@mail.ru.

Салимьянова Ленара Рушановна – аспирант кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», ул. 50-летия Октября, 34, г. Уфа, Российская Федерация, 450001, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4683-7060>, e-mail: lenara.muhametzyanova@gmail.com.

Information about the authors

✉ *Regina R. Baiturina* – Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor of Forestry and Landscape Design Department, Bashkir State Agrarian University, 50-letiya Otyabrya Str., 34, Ufa, Russian Federation, 450001 | Head of the Laboratory of Artificial Decarbonization Systems and Laboratory of Climate Change and Ecosystem Carbon Balance, Ufa State Petroleum Technological University, Cosmonauts Str., 1, Ufa, 450064, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8156-2165>, e-mail: aspirant_bsau@mail.ru

Природопользование

Aydar K. Gabdelkhakov – Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor of Forestry and Landscape Design Department, Bashkir State Agrarian University, 50-letiya Otyabrya Str., 34, Ufa, 450001, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7129-880X>, e-mail: aliya201199@mail.ru,

Lenara R. Salimyanova – postgraduate student of Forestry and Landscape Design Department, Bashkir State Agrarian University, 50-letiya Otyabrya Str., 34, Ufa, 450001, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4683-7060>, e-mail: lenara.muhametzyanova@gmail.com

✉ – Для контактов | Corresponding author