



DOI 10.22363/2313-2310-2019-27-4-307-324  
УДК 58.01/.07

Научная статья

## Влияние абиотических факторов на растения *Tilia cordata* Juss., произрастающие на территории кампуса РУДН

Р.Х. Мамаджанов<sup>1</sup>, А.П. Хаустов<sup>1</sup>, М.М. Редина<sup>1</sup>, М.У. Умаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Российский университет дружбы народов

Российская Федерация, 113093, Москва, Подольское шоссе, д. 8, корп. 5

<sup>2</sup>Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова РАН

Российская Федерация, 364051, Чеченская Республика,

Грозный, Старопромысловское шоссе, 21

**Аннотация.** В работе выявлены основные абиотические факторы, оказывающие воздействие на компоненты антропогенной экосистемы – растения *Tilia cordata* Juss., произрастающие на территории кампуса Российского университета дружбы народов (РУДН). Определены морфологические параметры и индексы асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. на трех исследуемых площадках кампуса. По показателям асимметрии листьев у растений *Tilia cordata* Juss. изучено влияние абиотических факторов воздействия. Выявлены достоверные различия в функциях распределения индексов асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. на трех площадках кампуса, расположенных вблизи и за пределами антропогенных объектов – автомобильных дорог Ленинского проспекта и улицы Миклухо-Маклая соответственно.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, окружающая среда, абиотические факторы, экосистема, антропогенное воздействие, биомониторинг, флуктуирующая асимметрия, зеленые растения

### Введение

Одними из наиболее чувствительных к антропогенному воздействию организмов являются зеленые растения, поскольку именно они выполняют важнейшие функции для поддержания любой экосистемы: обеспечивают газообмен с окружающей средой и являются главными поставщиками первичной биологической продукции [1–4].

Идеи о влиянии абиотических факторов на рост и развитие зеленых растений высказывались еще много тысячелетий назад. Например, в трудах древнегреческого ученого Теофраста (371–286 гг. до н. э.) имеются сведения о влиянии климатических факторов на рост и развитие растений. В древних писаниях – Зендавесте (VII–VI в. до н. э.), Библии (I в. н. э.), Махабхарате



(VI–II в. до н. э.) – описываются фенологические особенности растений в весенний период, в частности указывается период цветения и плодоношения по мере увеличения температуры на земной поверхности [5].

По мере становления и развития современного человеческого общества внимание к изучению влияния абиотических факторов на живые организмы только усилилось.

В период средневековья Альберт Великий (XIII в.) высказал идею о том, что изменение морфологических параметров растений напрямую зависит от климатических факторов, а именно от количества солнечной радиации, поступающей на земную поверхность [5].

В эпоху индустриализации выдающиеся ученые В.В. Докучаев (1846–1903), К.А. Тимирязев (1843–1920), В.И. Вернадский (1863–1945) и другие, подчеркнув важность изучения воздействия на живой организм не только конкретного фактора, но также совокупности внешних (антропогенных) и внутренних (межвидовых, межпопуляционных) факторов, открыли абсолютно новый, системный, подход в изучении живых систем [5].

Антропогенные факторы, относящиеся к абиотическим факторам воздействия, в настоящее время по масштабам и ущербу приобрели глобальный характер [6]. Последствия от их воздействия проявляются на всех уровнях организации живых систем и могут обнаруживаться в любой точке земного шара. Все это делает их одной из проблем для жизни и функционирования любой экосистемы [7; 8].

В нашем исследовании мы изучили влияние абиотических (в том числе и антропогенных) факторов воздействия на растения *Tilia cordata* Juss., произрастающие в пределах антропогенной экосистемы – кампуса Российского университета дружбы народов (РУДН).

### Материалы и методы

Объектом исследования являются листья растений липы мелколистной (*Tilia cordata* Juss.), произрастающей на территории антропогенной экосистемы – кампуса РУДН.

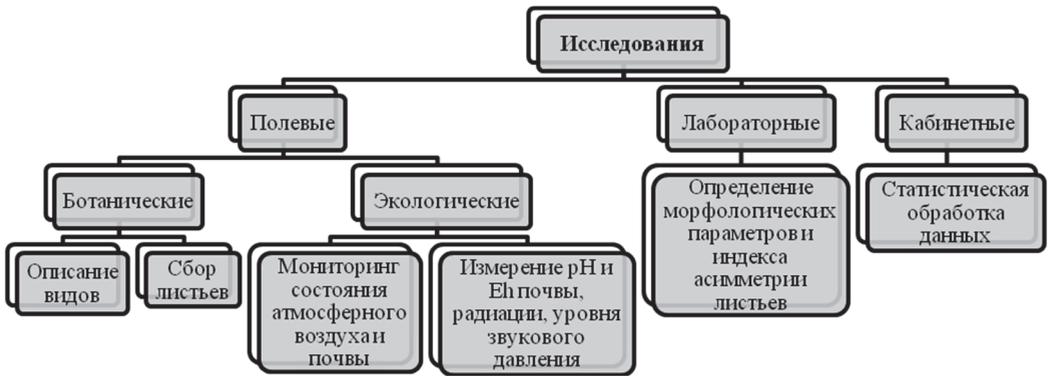
Выбор объекта исследования обусловлен в первую очередь численностью и характером распределения вида, а также его использованием в качестве деревообразующей породы при озеленении дорог, промышленных зон, улиц, садов, парков.

Исследования (полевые, лабораторные и кабинетные) проводили в летне-осенний период с 2017 по 2019 г. Схема проведения исследований представлена на рис. 1.

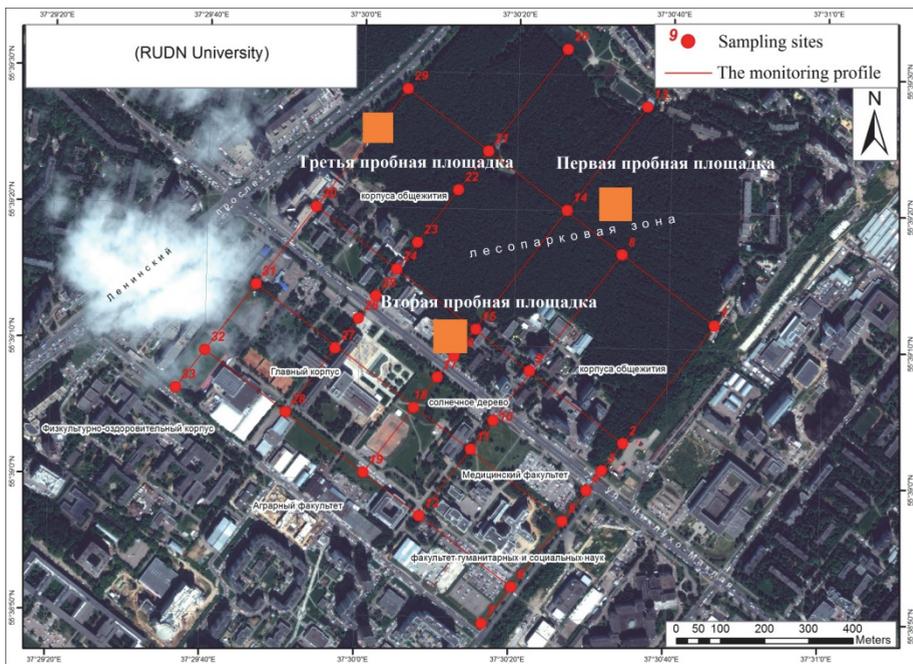
Из рис. 1 видно, что полевые наблюдения состояли из ботанических и экологических исследований. Ботанические, в свою очередь, включали выделение пробных площадок, описание исследуемых растений, сбор их листьев на трех пробных площадках.

Первая пробная площадка расположена в лесопарковой зоне кампуса, на расстоянии более 300 м от автомобильной дороги Ленинского проспекта и 100 м от автомобильной дороги улицы Миклухо-Маклая – единственных антропогенных объектов, прилегающих к территории кампуса; вторая проб-

ная площадка – в непосредственной близости (50 м) от автомобильной дороги улицы Миклухо-Маклая; третья – в пределах 50 м от автомобильной дороги Ленинского проспекта (рис. 2).



**Рис. 1.** Схема проведения исследований на территории антропогенной экосистемы – кампуса РУДН [Figure 1. Research scheme on the territory of the anthropogenic ecosystem – the RUDN University campus]



**Рис. 2.** Карта-схема отбора проб листьев растений и проведения замеров исследуемых параметров на территории антропогенной экосистемы – кампуса РУДН (масштаб 1 см : 400 м): --- маршрут проведения экологического мониторинга, • – точки отбора проб для проведения экологических исследований, ■ – площадки отбора проб для проведения ботанических исследований [Figure 2. Sampling sites in the RUDN University campus (scale 1 cm : 400 m): --- the boundary of the environmental monitoring in the RUDN University campus; • – sampling sites of the environmental monitoring in the RUDN University campus; ■ – sampling sites for the bioindication by plant]

При выборе площадок учитывали географическое расположение, расстояние до антропогенных объектов, почвенные и климатические условия.

При описании видов деревьев руководствовались определителем Ю.В. Рычина и С.С. Станкова [9]. Так, на первой площадке выделили три дерева *Tilia cordata* Juss., на второй – два, на третьей – четыре.

Сбор листьев проводили на трех пробных площадках по методу А.С. Боголюбова и Н.С. Лазаревой [10], согласно которому на каждом дереве собирали по 10 листьев с разных сторон света и частей кроны. В общей сложности было собрано 90 листьев *Tilia cordata* Juss.

Экологические исследования включали:

– мониторинг состояния окружающей среды на содержание оксида углерода (CO), диоксида азота (NO<sub>2</sub>), сероводорода (H<sub>2</sub>S), сажи в атмосферном воздухе и в поверхностном слое почвы;

– определение кислотности (pH) и окислительно-восстановительного потенциала (Eh) почв, уровня звукового давления и радиации.

Мониторинг состояния атмосферного воздуха и почвы проводили согласно методикам [11] и [12] соответственно. Замеры pH и Eh – согласно общим положениям [13]. Уровень радиации определяли по показателю мощности эквивалентной дозы (МЭД, мкЗв/ч) – по методу [14], уровень звукового давления в трех диапазонах «звук», «ультразвук» и «инфразвук» – по методу, изложенному в работе А.П. Хаустова и М.М. Рединой [15].

Карта-схема точек отбора проб представлена на рис. 2. В каждой точке проводили по три замера по каждому из исследуемых параметров. В общей сложности было проведено 1386 замеров.

Из морфологических параметров листьев *Tilia cordata* Juss. учитывались длина (см), ширина (см) и площадь листовой пластинки (см<sup>2</sup>), длины первой и второй жилок слева и справа (см), расстояние от верхушки листа до конца четвертой жилки слева и справа (см), длины правой и левой сторон листа от главной жилки (см), ширины левой и правой половинок листа от главной жилки (см), расстояния между концами 1-ой и 2-ой жилок слева и справа (см), угол между главной и второй жилкой слева и справа (°). Измерения проводили при помощи линейки и штангенциркуля по методике [16; 17].

Индексы асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. рассчитывали по семи морфологическим параметрам: длина первой и второй жилок ( $As_{1,2}$ ), расстояние от верхушки листа до конца четвертой жилки ( $As_3$ ), длины сторон листа от главной жилки ( $As_4$ ), ширина листа ( $As_5$ ), расстояние между концами 1-ой и 2-ой жилок ( $As_6$ ), угол между второй и главной жилками ( $As_7$ ) по формуле (1) [16].

$$As_{1,2,3...7} = \frac{(x - y)}{(x + y)}, \quad (1)$$

где  $x$  – морфологический параметр слева;  $y$  – морфологический параметр справа ( $x$  – the morphological parameter of leaf in the left side;  $y$  – the morphological parameter of leaf in the right side).

После этого, вычисляли суммарный индекс асимметрии (2):

$$As_{total} = \frac{\sum As_{1,2,3...7}}{N}, \quad (2)$$

где  $N$  – общее количество индексов асимметрии ( $N$  – the total numbers of the asymmetry indexes of leaves).

Статистическая обработка данных включала применение методов кластерного и однофакторного дисперсионного анализа, сравнение выборок с помощью непараметрических критериев согласия Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка [18].

С целью выделения однородных и неоднородных участков опробования в отдельные кластеры по влиянию абиотических факторов воздействия, а именно по климатическим параметрам (температура и влажность атмосферного воздуха и почвы) и антропогенным факторам (содержание загрязняющих веществ, уровень звукового давления и радиация, рН и Eh в почве), использовали кластерный анализ по методу Варда [18]. Так, объединение кластеров происходило по наименьшему значению квадратов расстояний (SS) между отдельными переменными, входящими в состав кластера, и средним значением для этого кластера.

Непараметрические критерии согласия Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка [18; 19] использовали для описания функций распределения индексов асимметрии листьев на каждой из пробных площадок. Так, по уровню асимптотической значимости ( $p$ ) определяли характер распределения функций (при  $p > 0,05$  распределение функции считалось нормальным, нулевая гипотеза не отвергалась).

При проведении однофакторного дисперсионного анализа [18] использовали Post Hoc тест (при разных степенях свободы  $k$ ) для выявления достоверных отличий в функциях распределения индексов асимметрии на трех площадках. При уровне значимости  $p > 0,05$  функции распределения индексов асимметрии на исследуемых площадках достоверно не отличались друг от друга.

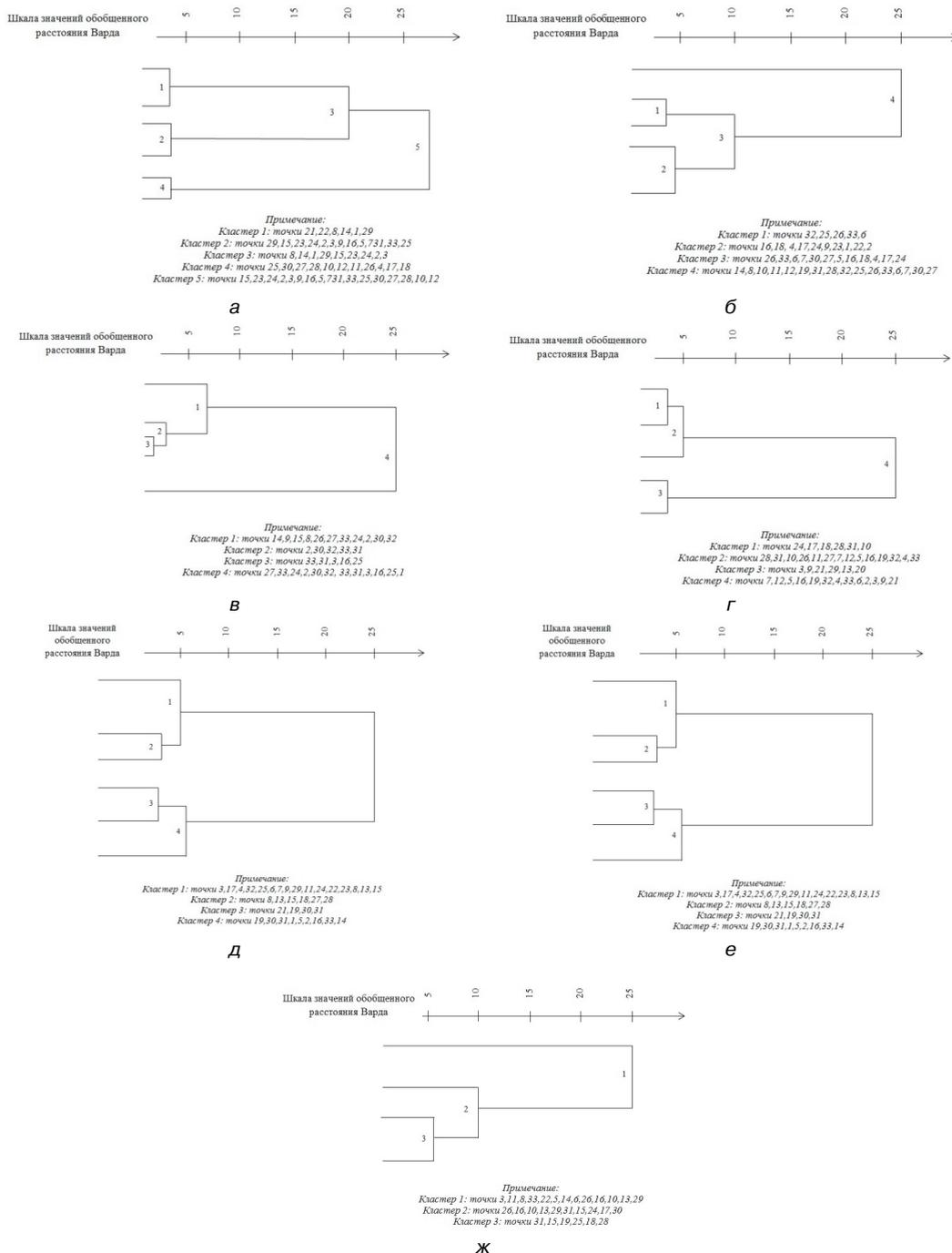
Однофакторный дисперсионный анализ использовали для выявления абиотических факторов воздействия – исследуемых параметров, на результативный признак – индекс асимметрии листьев зеленых растений. Так, по каждому из факторов сперва рассчитывали фактические значения  $F_{\phi}$  (критерия Фишера), затем полученные данные сравнивали с теоретическими значениями ( $F_{st}$ ) [18]. При неравенстве  $F_{\phi} > F_{st}$  и уровне значимости  $p = 0,5$  исследуемый абиотический фактор среды оказывал достоверное влияние на индекс асимметрии, и, наоборот, при  $F_{\phi} < F_{st}$  и  $p = 0,5$  влияние отсутствовало.

### Результаты и их обсуждение

Результаты кластерного анализа абиотических факторов воздействия на компоненты антропогенной экосистемы – кампуса РУДН приведены на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что наполняемость кластеров различна в зависимости от факторов воздействия. Так, по каждому из факторов можно выделить от четырех (уровень радиации, влажность почвы, загрязняющие вещества и температура почвы и атмосферного воздуха) до пяти (влажность атмосферного воздуха, уровень звукового давления) кластеров. По рН и Eh в почве выделено три кластера.

Разное число кластеров можно объяснить значительным разбросом значений относительно среднего по каждому из рассматриваемых факторов воздействия.



**Рис. 3.** Дендрограммы объединения точек опробования по исследуемым показателям на территории кампуса РУДН:

- а – дендрограмма объединения точек опробования по показателю «влажность атмосферного воздуха»;
  - б – дендрограмма объединения точек опробования по показателю «влажность почвы»;
  - в – дендрограмма объединения точек опробования по показателю «загрязняющие вещества»;
  - г – дендрограмма объединения точек опробования по показателю «температура»;
  - д – дендрограмма объединения точек опробования по показателю «уровень звукового давления»;
  - е – дендрограмма объединения точек опробования по показателю «уровень радиация»;
  - ж – дендрограмма объединения точек по показателю «рН и Eh»
- [Figure 3.** Dendrograms of spreading the abiotic components in the RUDN University campus:  
 а – dendrogram of combining sampling points by the indicator “atmospheric humidity”; б – dendrogram of combining sampling points by the indicator “soil moisture”; в – dendrogram of the association of sampling points in terms of “pollutants”; г – dendrogram of the union of sampling points by the indicator “temperature”; д – dendrogram combining the sampling points in terms of “sound pressure level”; е – dendrogram of the association of sampling points on the indicator “radiation level”;  
 ж – dendrogram of combining sampling points by the indicator “pH and Eh”]

Необходимо отметить, что наполняемость кластеров по содержанию загрязняющих веществ, температуре в атмосферном воздухе и почве практически не отличалась, поскольку значения квадратов расстояний между отдельными переменными (SS), входящих в состав кластеров, и средним значением для этих кластеров были схожими. Следовательно, мы посчитали нужным объединить каждый из рассматриваемых факторов для атмосферного воздуха и почвы в одну общую дендрограмму (рис. 1, в, г).

Из рис. 3 также видно, что наполняемость кластеров (по точкам опробования, входящим в состав кластеров) в зависимости от факторов воздействия существенно различалась. Такие различия, а следовательно, и неоднородность участков опробования можно объяснить, во-первых, сложностью природных процессов, протекающих в антропогенной экосистеме – кампусе РУДН, во-вторых, эмерджентными свойствами [2] абиотических факторов воздействия на окружающую среду кампуса, в-третьих, депонирующей способностью почвы и зеленых растений к загрязняющим веществам, радиации и шумовому воздействию.

Несмотря на это, мы видим (рис. 3), что значения по каждому из факторов воздействия в точках 29–33, располагающихся в 50 м от автомобильной дороги Ленинского проспекта, и в точках 8–14, расположенных более чем в 300 м от автомобильной дороги в лесопарковой зоне кампуса, объединялись в два противоположных кластера на расстоянии  $r = 25$ . Такое объединение говорит о том, что сумма квадратов расстояний между каждой точкой и средней по кластеру для каждого из показателей существенно отличаются, что приводит к максимальному увеличению целевой функции.

Точки опробования 3, 4, 15, 16, 24, 25 по каждому из факторов поочередно входили в состав отдельного (промежуточного) кластера. Данная область расположена в пределах второй пробной площадки, пролегающей вдоль автомобильной дороги улицы Миклухо-Маклая на расстоянии более 300 м от Ленинского проспекта. Такую область можно назвать промежуточной зоной, или зоной рассеяния, через которую выделившиеся загрязняющие вещества рассеиваются на большие расстояния.

Необходимо отметить, что в точках 29–33 зафиксированы максимальные значения содержания загрязняющих веществ, уровня звукового давления и радиации, в то время как в точках 8–14 наблюдалась обратная картина. Следовательно, характер и функции распределения в этих точках могут существенно различаться.

Таким образом, точки опробования 29–33 располагаются в пределах третьей пробной площадки, в непосредственной близости от автомобильной дороги Ленинского проспекта, которая, в свою очередь, является основным источником антропогенного воздействия на территорию кампуса РУДН. Точки 8–14 расположены в пределах первой пробной площадки, на расстоянии более 300 м, в лесопарковой зоне кампуса.

С учетом вышесказанного в дальнейшем при анализе структурных элементов (листьев зеленых растений) антропогенной экосистемы – кампуса РУДН необходим целостный подход, позволяющий учесть максимальное число абиотических факторов воздействия.

Поскольку одним из чувствительных компонентов к изменению состояния экосистемы являются зеленые растения, целесообразно определить их морфометрические параметры и оценить жизненное состояние на каждой из пробных площадок.

Одним из основных показателей при оценке жизненного состояния зеленых растений является индекс асимметрии листовой пластинки [20; 21].

Используя непараметрические критерии согласия Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка, охарактеризуем функции распределения индекса асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. на трех пробных площадках кампуса РУДН (табл. 1).

Таблица 1

**Распределение функций по показателям асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. на трех исследуемых площадках кампуса РУДН**  
 [Table 1. The asymmetry index function distribution of the *Tilia cordata* Juss. in the three sampling sites in the RUDN University campus]

Уровень значимости по критерию Колмогорова – Смирнова ( $p$ ) [The Kolmogorov – Smirnov test – $p$ -value]			
Асимметрия [Asymmetry index]	Площадка [Sampling sites]		
	1	2	3
Первая жилка	0,200	0,200	0,200
Вторая жилка	0,105	0,200	0,002
Вершина листа	0,200	0,200	0,200
Длина листа	0,030	0,111	0,200
Ширина листа	0,004	0,200	0,092
Концы жилок	0,200	0,200	0,200
Углы	0,028	0,106	0,001
Суммарная	0,200	0,200	0,170
Уровень значимости по критерию Шапиро – Уилка ( $p$ ) [The Shapiro – Wilk test – $p$ -value]			
Асимметрия [Asymmetry index]	Площадка [Sampling sites]		
	1	2	3
Первая жилка	0,593	0,264	0,208
Вторая жилка	0,120	0,773	0,000
Вершина листа	0,795	0,969	0,993
Длина листа	0,019	0,140	0,285
Ширина листа	0,013	0,571	0,005
Концы жилок	0,954	0,997	0,457
Углы	0,026	0,158	0,004
Суммарная	0,877	0,954	0,118

*Примечание:* распределение функции считается нормальным и нулевая гипотеза не отвергается при уровне значимости  $p > 0,05$  (по критериям Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка), где  $p$  – асимптотическая значимость.

*Note:* the distribution of the function is considered normal and the null hypothesis is not rejected at a significance level  $p > 0.05$  (according to the Kolmogorov – Smirnov and Shapiro – Wilk criteria), where  $p$ -value is the asymptotic significance.

Из табл. 1 видно, что на трех площадках нормальному распределению, по критериям Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка, соответствуют функции асимметрии (первой жилки, вершины листа, концов жилок), а также суммарный индекс асимметрии листьев (при  $p > 0,05$ ). На первой и второй площадках закону нормального распределения также подчиняются функции распределения асимметрии второй жилки.

Распределение функций асимметрии на третьей площадке по показателям асимметрии второй жилки и угла между главной и второй жилками существенно отличается и не удовлетворяет критерию нормальности (при  $p < 0,05$ ).

При помощи однофакторного дисперсионного анализа определим достоверные различия в функциях распределения индексов асимметрии на первой, второй и третьей площадках (табл. 2).

Таблица 2

**Достоверность различий показателей асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. на исследуемых площадках кампуса РУДН**  
 [Table 2. Differences between means of the asymmetry indexes of leaves *Tilia cordata* Juss. in the RUDN campus]

Площадка [Sampling sites]	Асимметрия первой жилки [The asymmetry of the first vein of leaf]		
1	<b>0,000</b>	0,002	0,005
2	0,002	<b>0,000</b>	0,733
3	0,005	0,733	<b>0,000</b>
Площадка [Sampling sites]	Асимметрия второй жилки [The asymmetry of the second vein of leaf]		
1	<b>0,000</b>	0,001	0,002
2	0,001	<b>0,000</b>	0,001
3	0,002	0,001	<b>0,000</b>
Площадка [Sampling sites]	Асимметрия вершины листа [The asymmetry of the end of leaf]		
1	<b>0,000</b>	0,723	0,001
2	0,723	<b>0,000</b>	0,01
3	0,001	0,01	<b>0,000</b>
Площадка [Sampling sites]	Асимметрия длины листа [The asymmetry of the length of leaf]		
1	<b>0,000</b>	0,698	0,003
2	0,698	<b>0,000</b>	0,005
3	0,003	0,005	<b>0,000</b>
Площадка [Sampling sites]	Асимметрия ширины листа [The asymmetry of the width of leaf]		
1	<b>0,000</b>	0,002	0,872
2	0,002	<b>0,000</b>	0,569
3	0,872	0,569	<b>0,000</b>
Площадка [Sampling sites]	Асимметрия концов жилок [The asymmetry of the end of the first and the second vein of leaf]		
1	<b>0,000</b>	0,005	0,001
2	0,005	<b>0,000</b>	0,020
3	0,001	0,020	<b>0,000</b>
Площадка [Sampling sites]	Асимметрия углов [The asymmetry of the angles of leaf]		
1	0,000	0,001	0,000
2	0,001	0,000	0,078
3	0,000	0,078	0,000
Площадка [Sampling sites]	Асимметрия суммарная [The total asymmetry index]		
1	0,000	0,092	0,001
2	0,092	0,000	0,003
3	0,001	0,003	0,000

Примечание: при уровне значимости  $p > 0,05$  функции распределения в выборках достоверно не отличаются друг от друга.

Note: if the  $p$ -value  $> 0,05$ , the differences between each of these parameters are not significant.

При сравнении разных площадок между собой выявляются достоверные различия между ними по следующим показателям (табл. 2):

– первая и вторая площадки – по функции асимметрии первой и второй жилок, ширины листа, концов жилок, асимметрии угла между главной и второй жилками ( $p < 0,05$ );

– первая и третья площадки – по асимметрии первой и второй жилок, вершины листа, длины листа, концов жилок и угла между главной и второй жилками, а также по функции суммарного индекса асимметрии ( $p < 0,05$ );

– вторая и третья площадки – по асимметрии второй жилки, вершины листа, длины листа, концов жилок и по суммарному индексу асимметрии ( $p < 0,05$ ).

Также необходимо отметить, что по средним и максимальным значениям показатели асимметрии листьев (*Tilia cordata* Juss.) на первой, второй и третьей площадках существенно отличались.

Так, асимметрия первой и второй жилок слева и справа ( $X_{\max}$  и  $X_{\text{ср}}$ ) на третьей площадке была больше, чем на первой и второй, расположенных на расстоянии более 300 м от автомобильной дороги Ленинского проспекта; аналогичная ситуация наблюдалась и при расчете асимметрии угла между главной и второй жилками.

Таким образом, изменение в функциях распределения индексов асимметрии в сторону больших значений на третьей площадке может быть связано с негативным воздействием автомобильной дороги Ленинского проспекта, пролегающей в непосредственной близости от нее.

С помощью  $F$ -критерия Фишера оценим силу влияния фактора  $X$  (исследуемый абиотический фактор воздействия) на результирующий признак  $Y$  (индекс асимметрии листьев) (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние абиотического фактора воздействия ( $F_{\text{a}}$ ) на показатели асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. на трех исследуемых площадках кампуса РУДН**  
[Table 3. The influence of the anthropogenic parameters on the asymmetry indexes of *Tilia cordata* Juss. in the RUDN campus]

Признак (Y)	Фактор (X)				
	Лето 2017	Осень 2017	Лето 2018	Осень 2018	Лето 2019
Содержание CO в атмосферном воздухе (при $p = 0,05$ )					
Первая жилка	4,850	1198	1,650	1,330	41,10
Вторая жилка	3,220	12,06	0,460	0,340	0,960
Вершина листа	0,740	6,750	0,560	0,450	0,960
Длина листа	1317	7357	0,100	1200	493,9
Ширина листа	21,13	69,04	0,440	3,900	13,42
Концы жилок	155,5	13,49	0,510	202,5	148,2
Углы	3175	2300	0,120	76,75	368,5
Суммарная	1,660	0,560	1,640	0,440	6,380
Содержание CO в почве (при $p = 0,05$ )					
Первая жилка	1,450	0,330	1,740	0,620	1,990
Вторая жилка	0,600	32,71	8,530	18,31	12,74
Вершина листа	0,900	0,380	0,380	1,130	1507
Длина листа	24,90	159,0	94,68	2366	1,950
Ширина листа	2,090	4259	0,230	4,940	0,660
Концы жилок	0,440	350,4	23,96	65,45	0,100
Углы	24,38	101,9	55,88	290,6	2,260
Суммарная	0,570	1,120	1,140	1,580	8,030

Продолжение табл. 3

Признак (Y)	Фактор (X)				
	Лето 2017	Осень 2017	Лето 2018	Осень 2018	Лето 2019
Содержание NO <sub>2</sub> в атмосферном воздухе (при $p = 0,05$ )					
Первая жилка	40,38	0,400	4,790	0,360	61,12
Вторая жилка	0,660	674,4	0,270	4,970	0,720
Вершина листа	7,010	4,850	0,430	8,860	5,510
Длина листа	166,9	594,7	474,4	424,5	13,38
Ширина листа	3,070	9,680	3,310	59,95	0,380
Концы жилок	192,2	445,8	422,8	3,620	0,120
Углы	625,7	310,2	533,8	34,19	13,60
Суммарная	0,270	1,360	0,490	0,930	0,300
Содержание NO <sub>2</sub> в почве (при $p = 0,05$ )					
Первая жилка	2,040	1197,2	1,440	2,890	10,81
Вторая жилка	0,100	240,3	5,120	30,17	813,1
Вершина листа	4,960	1,200	0,380	0,400	21,02
Длина листа	5484,4	95,04	137,9	796,7	7,640
Ширина листа	164,5	2,510	0,240	4,750	0,700
Концы жилок	309,9	292,4	20,83	391,5	0,160
Углы	740,4	179,6	54,45	804,1	9,880
Суммарная	2,950	0,510	2,060	2,370	1,830
Содержание H <sub>2</sub> S в атмосфере (при $p = 0,05$ )					
Первая жилка	10,81	4,280	0,720	1,550	0,840
Вторая жилка	813,1	1,390	0,470	2,330	2,440
Вершина листа	21,02	0,360	0,180	0,690	0,360
Длина листа	7,650	151,0	0,180	0,470	30,98
Ширина листа	0,710	0,360	0,210	0,210	0,230
Концы жилок	0,160	5,340	0,720	0,490	0,430
Углы	9,890	58,42	0,230	0,500	24,91
Суммарная	1,830	1,093	0,960	0,510	0,980
Содержание H <sub>2</sub> S в почве (при $p = 0,05$ )					
Первая жилка	1,760	3,510	0,840	2,750	3,970
Вторая жилка	0,180	19,52	0,620	0,270	10,58
Вершина листа	0,200	17,21	4,260	0,120	0,880
Длина листа	0,150	3,920	0,420	330,1	0,150
Ширина листа	0,400	1,500	0,710	1,370	3,300
Концы жилок	1,230	0,190	1,150	175,05	0,430
Углы	0,170	4,100	0,420	13,99	0,150
Суммарная	0,740	0,990	1,590	4,780	25,31
Содержание сажи в атмосфере (при $p = 0,05$ )					
Первая жилка	0,670	0,620	2,700	1,710	3,400
Вторая жилка	1,240	1,500	1,030	0,270	0,560
Вершина листа	0,570	2,500	1,350	0,120	0,680
Длина листа	0,420	0,210	17,40	0,150	0,170
Ширина листа	1,150	1,900	0,510	0,250	1,030
Концы жилок	1,130	0,210	1,010	8,510	13,57
Углы	0,440	0,210	17,44	0,170	0,180
Суммарная	1,060	0,910	0,960	0,900	0,580

Признак (Y)	Фактор (X)				
	Лето 2017	Осень 2017	Лето 2018	Осень 2018	Лето 2019
Содержание сажи в почве (при $p = 0,05$ )					
Первая жилка	0,930	0,510	688,9	320,0	150,7
Вторая жилка	0,420	0,970	111,3	0,850	0,240
Вершина листа	1,410	0,790	1,150	0,540	1,230
Длина листа	124,9	0,290	1,740	10,06	1544
Ширина листа	5,190	0,730	0,570	0,330	231,1
Концы жилок	1,870	0,310	0,110	0,130	795,0
Углы	53,62	0,230	2,180	9,910	1867
Суммарная	0,490	0,940	12,78	0,770	4,930

Примечание: при  $X_{\text{Солетоатм}2017}$   $F_{st} = 3,35$ ; при  $X_{\text{Соосеньатм}2017}$   $F_{st} = 4,20$ ; при  $X_{\text{Солетоатм}2018}$   $F_{st} = 2,62$ ; при  $X_{\text{Соосеньатм}2018}$   $F_{st} = 2,98$ ; при  $X_{\text{Солетоатм}2019}$   $F_{st} = 3,35$ .

При  $X_{\text{Солетопочва}2017}$   $F_{st} = 2,98$ ; при  $X_{\text{Соосеньпочва}2017}$   $F_{st} = 4,20$ ; при  $X_{\text{Солетопочва}2018}$   $F_{st} = 2,98$ ; при  $X_{\text{Соосеньпочва}2018}$   $F_{st} = 3,35$ ; при  $X_{\text{Солетопочва}2019}$   $F_{st} = 4,20$ .

При  $X_{\text{NO}_2\text{летоатм}2017}$   $F_{st} = 4,20$ ; при  $X_{\text{NO}_2\text{осеньатм}2017}$   $F_{st} = 4,20$ ; при  $X_{\text{NO}_2\text{летоатм}2018}$   $F_{st} = 2,98$ ; при  $X_{\text{NO}_2\text{осеньатм}2018}$   $F_{st} = 4,20$ ; при  $X_{\text{NO}_2\text{летоатм}2019}$   $F_{st} = 4,20$ .

При  $X_{\text{NO}_2\text{летопочва}2017}$   $F_{st} = 4,20$ ; при  $X_{\text{NO}_2\text{осеньпочва}2017}$   $F_{st} = 4,20$ ; при  $X_{\text{NO}_2\text{летопочва}2018}$   $F_{st} = 2,98$ ; при  $X_{\text{NO}_2\text{осеньпочва}2018}$   $F_{st} = 3,35$ ; при  $X_{\text{NO}_2\text{летопочва}2019}$   $F_{st} = 4,20$ .

При  $X_{\text{H}_2\text{Слетоатм}2017}$   $F_{st} = 4,20$ ; при  $X_{\text{H}_2\text{Сосеньатм}2017}$   $F_{st} = 2,62$ ; при  $X_{\text{H}_2\text{Слетоатм}2018}$   $F_{st} = 2,38$ ; при  $X_{\text{H}_2\text{Сосеньатм}2018}$   $F_{st} = 2,38$ ; при  $X_{\text{H}_2\text{Слетоатм}2019}$   $F_{st} = 2,62$ .

При  $X_{\text{H}_2\text{Слетопочва}2017}$   $F_{st} = 2,94$ ; при  $X_{\text{H}_2\text{Сосеньпочва}2017}$   $F_{st} = 3,35$ ; при  $X_{\text{H}_2\text{Слетопочва}2018}$   $F_{st} = 2,62$ ; при  $X_{\text{H}_2\text{Сосеньпочва}2018}$   $F_{st} = 4,20$ ; при  $X_{\text{H}_2\text{Слетопочва}2019}$   $F_{st} = 3,35$ .

При  $X_{\text{сажалетоатм}2017}$   $F_{st} = 2,39$ ; при  $X_{\text{сажаосеньатм}2017}$   $F_{st} = 2,38$ ; при  $X_{\text{сажалетоатм}2018}$   $F_{st} = 2,42$ ; при  $X_{\text{сажаосеньатм}2018}$   $F_{st} = 2,76$ ; при  $X_{\text{сажалетоатм}2019}$   $F_{st} = 2,76$ .

При  $X_{\text{сажалетопочва}2017}$   $F_{st} = 2,38$ ; при  $X_{\text{сажаосеньпочва}2017}$   $F_{st} = 2,42$ ; при  $X_{\text{сажалетопочва}2018}$   $F_{st} = 4,20$ ; при  $X_{\text{сажаосеньпочва}2018}$   $F_{st} = 4,20$ ; при  $X_{\text{сажалетопочва}2019}$   $F_{st} = 4,20$ .

Из табл. 3 видно, что в период с 2017 по 2019 г. среди факторов (X – содержание загрязняющих веществ) достоверное влияние на результативный признак (Y – индекс асимметрии листьев) оказывают: оксид углерода (CO), диоксид азота (NO<sub>2</sub>), сероводород (H<sub>2</sub>S), сажа в атмосферном воздухе и поверхностном слое почвы (при  $F_{\phi} > F_{st}$  и  $p = 0,5$ ). В то время как по остальным факторам (уровень звукового давления, радиация, рН и Eh почвы, температура и влажность атмосферного воздуха и почвы) значимого влияния на распределение индексов асимметрии листьев зафиксировано не было ( $F_{\phi} < F_{st}$  при  $p = 0,5$  более чем в 80 % случаев).

Из табл. 3 также видно, что максимальное воздействие концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и поверхностном слое почвы на индекс асимметрии листьев отмечено летом 2017 и 2019 гг. ( $F_{\phi} > F_{st}$  при  $p = 0,5$ ) – более чем в 25 случаях из 64; осенью 2017–2018 гг. ( $F_{\phi} > F_{st}$  при  $p = 0,5$ ) – менее чем в 15 случаях.

Следует отметить, что в период с 2017 по 2019 г. наибольшее влияние ( $F_{\phi} > F_{st}$  при  $p = 0,05$ ) на распределение индексов асимметрии листьев оказывают концентрации CO и NO<sub>2</sub>. По этим веществам отмечено достоверное влияние более чем на три индекса вне зависимости от времени года.

В то время как концентрации сероводорода (H<sub>2</sub>S) и сажи в зависимости от сезона года оказывают воздействие избирательно (при  $F_{\phi} > F_{st}$  при  $p = 0,5$ ), преимущественно на асимметрию первой и второй жилок, длины листа, углов между главной и второй жилками и на суммарный индекс асимметрии.

В зависимости от времени года (лето или осень) наибольшее влияние распределения концентраций  $\text{CO}$  и  $\text{NO}_2$  испытывают индексы асимметрии длины листа и угла между главной и второй жилками (при  $F_\phi > F_{st}$  и  $p = 0,5$ ). Такие значения были отмечены в четырех из пяти случаев при распределении искомых концентраций в атмосферном воздухе и в пяти случаях – при распределении в почве. При распределении  $\text{H}_2\text{S}$  и сажи достоверное влияние (при  $F_\phi > F_{st}$  и  $p = 0,5$ ) испытывали такие признаки, как асимметрия первой и второй жилок.

### Заключение и практические рекомендации

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Влияние абиотических факторов воздействия в пределах антропогенной экосистемы – кампуса РУДН проявляется на третьей пробной площадке. Это подтверждается результатами кластерного анализа, согласно которым точки 29–33, расположенные в пределах третьей пробной площадки, в 50 м от автомобильной дороги Ленинского проспекта, по влиянию абиотических факторов (содержание загрязняющих веществ, влажность, температура, уровень радиации и звукового давления, кислотность рН и окислительно-восстановительный потенциал Eh в почве) чаще всего входили в состав одного кластера, объединяясь между собой на расстоянии  $r \approx 5$ .

Точки 8–14, расположенные в пределах первой пробной площадки, на расстоянии более 300 м от автомобильной дороги Ленинского проспекта, по влиянию абиотических факторов также схожи между собой, поскольку их объединение в один кластер происходило на расстоянии  $r \approx 5$ .

Отметим, что в этих точках значения по каждому из исследуемых абиотических факторов отличались от значений в точках 29–33, что подтверждается объединением кластеров 29–33 и 8–14 на расстоянии  $r = 25$ .

Таким образом, третья пробная площадка по праву может считаться антропогенно-измененной, и живые организмы, населяющие ее, несомненно будут испытывать воздействие абиотических факторов. В свою очередь, первая площадка характеризуется как относительно чистая и благоприятная для жизнедеятельности растений и животных.

Точки 3, 4, 15, 16, 24, 25, расположенные в пределах второй пробной площадки, в 50 м от автомобильной дороги улицы Миклухо-Маклая и 300 м от Ленинского проспекта, по каждому из факторов поочередно входили в состав отдельного (промежуточного) кластера. Такое объединение позволяет считать эту область промежуточной, или зоной рассеяния абиотических факторов воздействия.

Изучение функций распределения асимметрии листьев растений *Tilia cordata* Juss. на трех пробных площадках, размещенных в пределах антропогенной экосистемы – кампуса РУДН, показало, что распределение функций асимметрии на третьей площадке по показателям асимметрии второй жилки и угла между главной и второй жилками существенно отличается и не удовлетворяет критерию нормальности (при  $p < 0,05$ ). Следовательно, такие показатели могут наиболее точно отражать влияние абиотических факторов.

При исследовании влияния абиотических факторов на индексы асимметрии листьев *Tilia cordata* Juss. на трех пробных площадках выявлено, что достоверное влияние на индексы асимметрии листьев оказывают концентрации оксида углерода (CO), диоксида азота (NO<sub>2</sub>), сероводорода (H<sub>2</sub>S), сажи в атмосферном воздухе и поверхностном слое почвы (при  $F_{\phi} > F_{st}$  и  $p = 0,5$ ). Повышенные концентрации перечисленных загрязняющих веществ были отмечены преимущественно в летний период 2017–2019 гг.

Также следует отметить, что в период с 2017 по 2019 г. наибольшее влияние на распределение индексов асимметрии листьев оказывают концентрации CO и NO<sub>2</sub> ( $F_{\phi} > F_{st}$  при  $p = 0,05$ ). По этим веществам отмечено достоверное влияние более чем на три индекса вне зависимости от сезона года. В то время как концентрации сероводорода (H<sub>2</sub>S) и сажи в зависимости от сезона года оказывают воздействие избирательно (при  $F_{\phi} > F_{st}$  при  $p = 0,5$ ), в основном на асимметрию первой и второй жилок, длины листа, углов между главной и второй жилками, а также на суммарный индекс асимметрии.

В зависимости от времени года (лето или осень) наибольшее влияние распределения концентраций CO и NO<sub>2</sub> испытывают индексы асимметрии длины листа и угла между главной и второй жилками (при  $F_{\phi} > F_{st}$  и  $p = 0,5$ ).

В процессе дальнейших исследований рекомендуется:

- вычислить и сравнить исследуемые абиотические факторы воздействия, индексы асимметрии листьев на разных участках: загрязненных и размещенных в благоприятных экологических условиях (выявить фоновые участки);
- проводить непрерывный ежеквартальный мониторинг содержания CO и NO<sub>2</sub> в атмосферном воздухе и поверхностном слое почвы территории антропогенной экосистемы – кампуса РУДН;
- вычислить и сравнить с полученными данными индексы асимметрии листьев у других видов растений, произрастающих в пределах антропогенной экосистемы – кампуса РУДН;
- дополнить перечень исследуемых загрязняющих веществ такими соединениями, как метан (CH<sub>4</sub>), озон (O<sub>3</sub>), бензапирен (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>) и другими органическими веществами, изучение которых позволяет максимально точно вычислить углеродный след и количественно оценить вклад автотранспорта в загрязнение окружающей среды как основного источника загрязнения антропогенной экосистемы – кампуса РУДН.

### Список литературы

- [1] *Тимирязев К.А.* Жизнь растения / под ред. Л.М. Берцинской. М.: Юрайт, 2018. 249 с.
- [2] *Одум Ю., Одум Г.* Основы экологии. М.: Мир, 1975. 741 с.
- [3] *Никольский А.А.* Великие идеи великих экологов: история ключевых концепций в экологии. М.: ГЕОС, 2014. 190 с.
- [4] *Умаров М.У., Тайсумов М.А., Астамирова М.А.-М., Гадаева Т.З.* Ассортимент интродуцированных и перспективных деревьев и кустарников г. Грозный. Грозный, 2012. 276 с.
- [5] Краткая история развития экологической науки. URL: <http://msu.ru> (дата обращения: 15.08.2019).
- [6] *Вернадский В.И.* Биосфера. М.: Мысль, 1967. 367 с.

- [7] *Цветкова Л.И., Алексеева М.И.* и др. Экология: учебник для технических вузов / под ред. Л.И. Цветковой. М.: АСВ, 1999. 488 с.
- [8] *Хаустов А.П., Редина М.М.* Экологический мониторинг: учебник для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2016. 489 с.
- [9] *Рычин Ю.В., Станков С.С.* Деревья и кустарники лесов, парков, садов и защитных лесонасаждений средней полосы европейской части СССР: определитель / под ред. проф. С.С. Станкова. М.: Государственное учебно-педагогическое издательство Министерства Просвещения РСФСР, 1950. 188 с.
- [10] *Боголюбов А.С.* Изучение вертикальной структуры леса. URL: <http://karpolya.ru> (дата обращения: 14.08.2019).
- [11] РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы (части II, III, приложения к части I): разработан и внесен Государственным комитетом СССР по гидрометеорологии и Министерством здравоохранения СССР. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200037440> (дата обращения: 16.08.2019).
- [12] ГОСТ Р 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: утвержден Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19 декабря 1984 г. № 4731 (дата введения установлена 01.01.86). URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-4-4-02-84> (дата обращения 19.08.2019).
- [13] ГОСТ Р 56062-2014. Производственный экологический контроль. Общие положения: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09 июля 2014 г. № 711-ст. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200111620> (дата обращения: 16.08.2019).
- [14] Р. 52.18.863-2017. Методика определения радиационного фона по данным мониторинга радиационной обстановки: разработана Федеральным государственным бюджетным учреждением «Научно-производственное объединение «Тайфун» (ФГБУ «НПО «Тайфун») и утверждена Руководителем Росгидромета 29 мая 2017 г. URL: <file:///C:/Users/user/Downloads/P%2052.18.863-2017.pdf> (дата обращения 15.08.2019).
- [15] *Хаустов А.П., Редина М.М.* Нормирование антропогенных воздействий и оценки природоёмкости территорий. М.: РУДН, 2008. 282 с.
- [16] *Мамаджанов Р.Х.* Оценка жизненного состояния древесных растений по индексу асимметрии листьев на территории кампуса // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 3. С. 335–345.
- [17] *Криволицкий Д.А.* Биоиндикация и биомониторинг. М.: Наука, 1991. 288 с.
- [18] *Лакин Г.Ф.* Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
- [19] *Розенберг Г.С.* Введение в теоретическую экологию. Тольятти: Кассандра, 2013. Т. 1. 585 с.
- [20] *Гиляров М.С.* О функциональном значении симметрии организмов // Зоологический журнал. 1944. Т. 23. № 5. С. 213–215.
- [21] *Мамаджанов Р.Х., Латушкина Е.Н.* Проектирование фитоценозов на закрытых полигонах твердых бытовых отходов: монография. М.: УЦ Перспектива, 2016. 192 с.

#### **История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 25.11.2019

Дата принятия к печати: 08.12.2019

#### **Для цитирования:**

*Мамаджанов Р.Х., Хаустов А.П., Редина М.М., Умаров М.У.* Влияние абиотических факторов на растения *Tilia cordata* Juss., произрастающие на территории кампуса РУДН // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и

безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27. № 4. С. 307–324. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-307-324>

#### Сведения об авторах:

*Мамаджанов Роман Хасанович* – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры прикладной экологии, Российский университет дружбы народов. E-mail: [mamadzhanov-rkh@rudn.ru](mailto:mamadzhanov-rkh@rudn.ru)

*Хаустов Александр Петрович* – заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры прикладной экологии, Российский университет дружбы народов. eLIBRARY SPIN-код: 7358-5798, AuthorID: 65823, IstinaresearcherID (IRID): 11610477, ResearcherID: G-4029-2014, Scopus Author ID: 15837185200, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5338-3960>. E-mail: [khaustov-ap@rudn.ru](mailto:khaustov-ap@rudn.ru)

*Редина Маргарита Михайловна* – доктор экономических наук, доцент, заведующая кафедрой прикладной экологии, Российский университет дружбы народов. IstinaresearcherID (IRID): 425375, Scopus Author ID: 36640654900, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3169-0142>. E-mail: [redina-mm@rudn.ru](mailto:redina-mm@rudn.ru)

*Умаров Мухади Умарович* – доктор биологических наук, профессор, академик Академии наук Чеченской Республики, заведующий отделом биологии и экологии, Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова РАН.

Research article

## The influence of the abiotic factors on the *Tilia cordata* Juss., growing on the RUDN University campus

Roman Kh. Mamadzhanov<sup>1</sup>, Alexander P. Khaustov<sup>1</sup>,  
Margarita M. Redina<sup>1</sup>, Muhadi U. Umarov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Peoples Friendship University of Russia (RUDN University)

8 Podolskoe Highway, bldg. 5, Moscow, 113093, Russian Federation

<sup>2</sup>Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences

12 Staropromyslovskoe Highway, Grozny, 364051, Chechen Republic, Russian Federation

**Abstract.** The article presents the main abiotic factors, which influence could be affect the ecosystems components – plant community (*Tilia cordata* Juss.) growing in the RUDN University campus. The abiotic factors which as wet, temperature, the concentration of the CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S and soot in the atmosphere and the topsoil, sounds value, radiation in the environment, the pH and Eh in the topsoil have been measured. The morphological parameters and the asymmetry indexes of leaves of the *Tilia cordata* Juss. have been revealed. Based on these data set the influences of the main abiotic factors has been identified. The distribution of the asymmetry indexes of leaves of *Tilia cordata* Juss. growing near Miklykho-Maklaya Street and Leninskii Prospekt Highway and far away from here has been described.

**Keywords:** ecosystem, environment, plant community, environmental monitoring, campus, pollution, abiotic factors, asymmetry index of leaves

## References

- [1] Timiryazev KA. *Plant Life*. Moscow: Yurayt Publ.; 2018.
- [2] Odum E, Odum G. *Fundamentals of ecology*. Moscow: Mir Publ.; 1975.
- [3] Nikolsky AA. *The great ideas of great ecologists: history of the key concepts in ecology*. Moscow: GEOS Publ.; 2014.
- [4] Umarov MU, Taisumov MA, Astamirova MA-M, Gadaeva TZ. *The list of the introduced and perspective trees and bushes of the Grozny*. Grozny; 2012.
- [5] *The history of the environmental science*. Available from: <http://msu.ru> (accessed: 15.08.2019).
- [6] Vernadsky VI. *The Biosphere*. Moscow: Mysl Publ.; 1967.
- [7] Tsvetkova LI, Alekseev MI et al. *Ecology: textbook for technical universities*. Moscow: DIA Publ.; 1999.
- [8] Khaustov AP, Redina MM. *Environmental monitoring: textbook for bachelors*. Moscow: Yurayt Publ.; 2016.
- [9] Rychin YuV., Stankov SS. *Trees and shrubs of forests, parks, gardens and protective forest plantations in the middle zone of the USSR*. Moscow: State educational and pedagogical publishing house of the Ministry of Education of the RSFSR; 1950.
- [10] Bogolyubov AS. *The vertical structure of the forest*. Available from: <http://karpolya.ru> (accessed: 14.08.2019).
- [11] RD 52.04.186-89. *Manual on control of air pollution (parts II, III, annexes to part I)*: developed and submitted by the USSR State Committee on Hydrometeorology and the Ministry of Health of the USSR. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/1200037440> (accessed: 16.08.2019).
- [12] GOST R 17.4.4.02-84. *Nature protection. Soils. The methods of the selection and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis*: approved by the Resolution of the state Committee of the USSR on standards of December 19, 1984 No. 4731 (date of introduction is established 01.01.86). Available from: <http://docs.cntd.ru/document/gost-17-4-4-02-84> (accessed: 19.08.2019).
- [13] GOST R 56062-2014. *Industrial environmental control. General provisions*: approved and put into effect by the Order of Federal Agency for the technical regulation and metrology of July 09, 2014 No. 711-art. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/1200111620> (accessed: 16.08.2019).
- [14] P. 52.18. 863 – 2017. *Methodology for determining the radiation background according to radiation monitoring*: developed by the Federal state budgetary institution «Typhoon», and approved by the Head of Russian hydrometeorological institute. URL.: <http://www.meteorf.ru/> (date of accessed 15.08.2019).
- [15] Khaustov AP, Redina MM. *The monitoring of the anthropogenic impacts on the environment and assessment of the natural capacity of the territories*. Moscow: RUDN University Publ.; 2008.
- [16] Mamadzhanov RH. Plants life assessment by the indexes of the asymmetry of leaves on the RUDN campus. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(3):335–345.
- [17] Krivolutsky DA. *Bioindication and biomonitoring*. Moscow: Nauka Publ.; 1991.
- [18] *Lakin GF*. Biometrics. Moscow: Vysshaya shkola Publ.; 1990.
- [19] Rosenberg GS. *Introduction to the theoretical ecology* (vol. 1). Togliatti: Cassandra Publ.; 2013.
- [20] Gilyarov MS. The significantly differences of the symmetry of the organisms. *Zoologicheskii zhurnal*. 1944;23(5):213–215.
- [21] Mamadzhanov RH, Latushkina EN. *The design of the phytocenoses on the closed MSW landfills*: Monograph. Moscow: UTS Perspektiva Publ.; 2016.

### Article history:

Received: 25.11.2019

Revised: 08.12.2019

**For citation:**

Mamadzhanov RKh, Khaustov AP, Redina MM, Umarov MU. The influence of the abiotic factors on the *Tilia cordata* Juss., growing on the RUDN University campus. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2019;27(4):307–324. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2019-27-4-307-324>

**Bio notes:**

*Roman Kh. Mamadzhanov* – Candidate of Biological Sciences, senior lecturer of the Department of Applied Ecology, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: [mamadzhanov-rkh@rudn.ru](mailto:mamadzhanov-rkh@rudn.ru)

*Alexander P. Khaustov* – Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Applied Ecology, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). eLIBRARY SPIN-code: 7358-5798, AuthorID: 65823, IstinaresearcherID (IRID): 11610477, ResearcherID: G-4029-2014, Scopus Author ID: 15837185200, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5338-3960>. E-mail: [khaustov-ap@rudn.ru](mailto:khaustov-ap@rudn.ru)

*Margarita M. Redina* – Doctor of Economics Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Applied Ecology, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). IstinaresearcherID (IRID): 425375, Scopus Author ID: 36640654900, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3169-0142>. E-mail: [redina-mm@rudn.ru](mailto:redina-mm@rudn.ru)

*Muhadi U. Umarov* – Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Academy of Sciences of the Chechen Republic, Head of the Department of Biology and Ecology, Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences.