

АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ УРБОЭКОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ДОНЕЦКА)

© 2025

Корниенко В.О.¹, Шкиренко А.О.¹, Реуцкая В.В.¹, Яицкий А.С.², Джантимирова А.А.¹¹Донецкий государственный университет (г. Донецк, Российская Федерация)²Самарский государственный социально-педагогический университет (г. Самара, Российская Федерация)

Аннотация. Урбанизация и неуклонное развитие городов влечёт за собой ощутимое усиление антропогенного давления на окружающую среду. В условиях Донбасса основными источниками загрязнения выступают металлургические заводы, угольные шахты, предприятия химической и коксохимической промышленности, а также автотранспорт как основной источник зашумления любого мегаполиса. Выбросы автотранспорта содержат широкий спектр токсикантов, оказывающих негативное влияние на фитоценозы. В результате проведенных исследований определили интенсивность транспортного потока (в среднем 1330 ± 680 ед./час) и вибрационно-акустического зашумления (превышение ПДУ на $37 \pm 4\%$ по средним значениям и $24 \pm 3\%$ по их максимумам), как комплексного показателя антропогенного загрязнения территории, участки ранжировали по 3 уровням: с высоким, средним и низким антропопрессингом. Экологическое значение влияния антропогенной нагрузки проявлялось в снижении жизнеспособности древесных растений и увеличении числа повреждений. На территориях с высокой интенсивностью транспортного потока (более 1 тыс. ед./час) и повышенным уровнем шумового загрязнения (свыше 30% от предельно допустимого уровня) проявлялись наиболее выраженные негативные биологические последствия: снижение доли деревьев, находящихся в удовлетворительном состоянии, и увеличение количества растений, имеющих высокую долю повреждений или находящихся в критическом состоянии (21–57% от выборки). Морфологические нарушения, такие как искривление ствола, отслоение коры, наличие гнили, изменения архитектоники кроны, а также механические повреждения нарушали целостность защитных тканей растений. Данные факторы создают благоприятные условия для проникновения патогенных микроорганизмов и вредителей, развития гнилостных процессов и общего ухудшения состояния деревьев. На исследуемой территории было идентифицировано 23 вида древесных растений, принадлежащих к 13 различным родам, что свидетельствует об умеренном уровне видового разнообразия. По количеству видов доминирующими являются рода *Ulmus* L., *Acer* L. и *Populus* L. По количеству экземпляров доминируют *Robinia pseudoacacia* L., *Ulmus laevis* Pall., *Acer pseudoplatanus* L., *Acer platanoides* L., *Ulmus pumila* L., *Syringa vulgaris* L., *Populus simonii* Carrière, *Ulmus glabra* Huds., *Acer saccharum* Marshall, *Populus bolleana* Lauche, *Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall. Выделили несколько основных видов, подверженных кронированию и санитарной обрезке – *Ulmus laevis* Pall., *Ulmus glabra* Huds., *Ulmus pumila* L. и *Robinia pseudoacacia* L. Данные растения находились в возрастной группе 50–59 лет и достигли критического возраста в регионе. В результате ветровалов, которые всё чаще происходят в регионе, скелетные ветви таких растений подвержены облому, т.к. новые побеги слабее в креплении и легче поддаются необратимой деформации.

Ключевые слова: Донецк; устойчивость растений; антропогенная нагрузка; стресс; жизнеспособность растений; дендроценозы; ускоренное старение; дефекты.

ANALYSIS OF THE CONDITION OF WOODY PLANTS GROWING IN URBAN ECOSYSTEMS, USING THE EXAMPLE OF THE CITY OF DONETSK

© 2025

Kornienko V.O.¹, Shkirenko A.O.¹, Reutskaya V.V.¹, Yaitsky A.S.², Dzhanlimirova A.A.¹¹Donetsk State University (Donetsk, Russian Federation)²Samara State University of Social Sciences and Education (Samara, Russian Federation)

Abstract. Urbanization and the steady development of cities entail a noticeable increase in anthropogenic pressure on the environment. In the conditions of Donbass, the main sources of pollution are metallurgical plants, coal mines, chemical and coke industry enterprises, as well as motor transport as the main source of noise in any megalopolis. Vehicle emissions contain a wide range of toxicants that have a negative impact on phytocenoses. As a result of the conducted research, the intensity of traffic flow (on average $1,330 \pm 680$ units/hour) and vibration-acoustic noise (exceeding the remote control by $37 \pm 4\%$ (according to the average values) and $24 \pm 3\%$ (according to their maxima)), as a complex indicator of anthropogenic pollution of the territory, the sites were ranked at 3 levels: high, by medium and low anthropopressing. The ecological significance of the anthropogenic impact was manifested in a decrease in the viability of woody plants and an increase in the number of damages. In areas with high traffic intensity (more than 1,000 units per hour) and increased noise pollution (over 30% of the maximum permissible level), the most pronounced negative biological effects were manifested.: a decrease in the proportion of trees in satisfactory condition and an increase in the number of plants with a high proportion of damage or in critical condition (21–57% of the sample). Morphological disorders such as trunk curvature, bark detachment, rot, changes in crown architecture, as well as mechanical damage disrupted the integrity of plant protective tissues. These factors create favorable

conditions for the penetration of pathogenic microorganisms and pests, the development of putrefactive processes and the general deterioration of trees. 23 species of woody plants belonging to 13 different genera were identified in the study area, indicating a moderate level of species diversity. In terms of the number of species, the genus *Ulmus* L. and *Acer* L. are dominant, and *Populus* L. The number of specimens is dominated by *Robinia pseudoacacia* L., *Ulmus laevis* Pall., *Acer pseudoplatanus* L., *Acer platanoides* L., *Ulmus pumila* L., *Syringa vulgaris* L., *Populus simonii* Carriere, *Ulmus glabra* Huds., *Acer saccharum* Marshall, *Populus bolleana* Lauche, *Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall. Several main species have been identified that are susceptible to crowning and sanitary pruning: *Ulmus laevis* Pall., *Ulmus glabra* Huds., *Ulmus pumila* L. and *Robinia pseudoacacia* L. These plants were all in the age group of 50–59 years and had reached a critical age in the region. As a result of windstorms, which are increasingly occurring in the region, the skeletal branches of such plants are prone to breakage, as new shoots are weaker in attachment and easier to deform irreversibly.

Keywords: Donetsk; plant resistance; anthropogenic load; stress; plant viability; dendrocoenoses; accelerated aging; defects.

Введение

Урбанизация и неуклонное развитие городов влечёт за собой ощутимое усиление антропогенного давления на окружающую среду, при этом загрязнение атмосферного воздуха, почвенного покрова и водных ресурсов предстаёт в качестве особенно острой и требующей незамедлительного решения проблемы [1–19]. В условиях Донбасса основными источниками загрязнения выступают металлургические заводы и комбинаты (шлаковые отвалы, шламонакопители и золоотвалы некоторых располагаются практически в Азовском море), угольные шахты (терриконы которых располагаются в непосредственной близости от жилых кварталов), предприятия химической и коксохимической промышленности, автотранспорт (основной источник зашумления любого крупного города), теплоэлектростанции [19–24]. Выбросы автотранспорта содержат широкий спектр загрязняющих веществ, включая оксиды азота и серы, тяжелые металлы и твердые частицы, оказывающие негативное влияние на фитоценозы [4; 15; 19; 21–23; 25–36]. Вибрационно-акустическое загрязнение как физический фактор усугубляет негативное воздействие химических токсикантов на растительный покров и снижает устойчивость фитоценозов [37–42].

Экологические последствия комплексного воздействия токсикантов на компоненты дендроценозов, которые являются, несомненно, важным элементом городского благополучия, заключаются в нарушении физиологических процессов, таких как фотосинтез, водный обмен и дыхание, нарушение онтогенеза растений, изменение морфологических характеристик и архитектоники кроны деревьев, снижении механической устойчивости к природно-климатическим факторам [43–46]. В последние годы участвовавшие ветровалы, пылевые, снежные и ледяные бури, а также температурный режим территории вносят больший вклад в нарушение устойчивости зелёного каркаса города Донецка. В условиях изменяющегося климата природные факторы несут разрушительные последствия для ослабленных ранее антропогенным воздействием городских экосистем: вывалы деревьев с комлем, обломы скелетных ветвей и стволов что, в свою очередь, приводит к повреждению зданий, транспортной инфраструктуры, а также гибели жителей города.

Своевременное обследование и ранняя диагностика древесных растений специалистами-биологами – крайне необходимая мера повышения безопасности городских территорий. Исследования, направленные на оценку состояния и аварийности растений в условиях промышленных городов, включая повреждения от

новых факторов, являются актуальными и соответствуют приоритетам стратегии научно-технологического развития РФ, направленным на противодействие техногенным и биогенным угрозам, а также повышению возможности качественной адаптации экосистем, населения и отраслей экономики к климатическим изменениям.

Цель работы: эколого-биологическая оценка древесных растений, произрастающих в условиях антропогенной нагрузки и изменяющегося климата, на примере ул. Университетской города Донецка.

Задачи: оценить интенсивность антропогенных факторов, действующих на зелёные насаждения вдоль автомагистрали, на примере ул. Университетской; провести оценку видового разнообразия древесных растений на исследуемой территории; оценить общее состояние и жизнеспособность древесных растений, произрастающих в условиях шумового загрязнения промышленного города.

Материалы и методы

Мониторинговые исследования древесных растений проводили вдоль центральной улицы города Донецка – ул. Университетской в 2024 и 2025 гг. (рис. 1). Территория обследования протяженностью 5,5 км, берет начало от площади Коммунаров в Ворошиловском районе и заканчивается в северной части Киевского района, располагаясь параллельно ул. Артёма.

Объект исследования: древесные растения различных возрастных групп, линейно произрастающие в первом ряду вдоль автомагистрали. Общее количество обследованных деревьев составило 965 растений.

Для оценки жизнеспособности деревьев использовали интегральную общепринятую шкалу В.А. Алексеева [47]. Согласно данной шкале, выделяются следующие категории: 1 балл – здоровое дерево (без видимых повреждений кроны и ствола); 2 балла – ослабленное дерево (изреживание кроны, наличие до 30% сухих или усыхающих ветвей); 3 балла – сильно ослабленное дерево (значительное изреживание кроны, наличие до 60% сухих или усыхающих ветвей, отмирание верхушки); 4 балла – отмирающее дерево (сильное разрушение кроны, преобладание сухих ветвей, признаки заселения стволовыми вредителями); 5 баллов – сухостой. С основных деревьев-биоиндикаторов *Acer pseudoplatanus* L., *Acer platanoides* L. и *Tilia cordata* Mill. был дополнительно проведен сбор листовых пластин для оценки стабильности их развития с помощью интегрального показателя стабильности развития (ИПСР) по показателю флуктуирующей асимметрии листа [48; 49]. Морфометрические параметры листовых пластин оценивали с помощью программы AxioVision Rel. 4.8 (рис. 2).

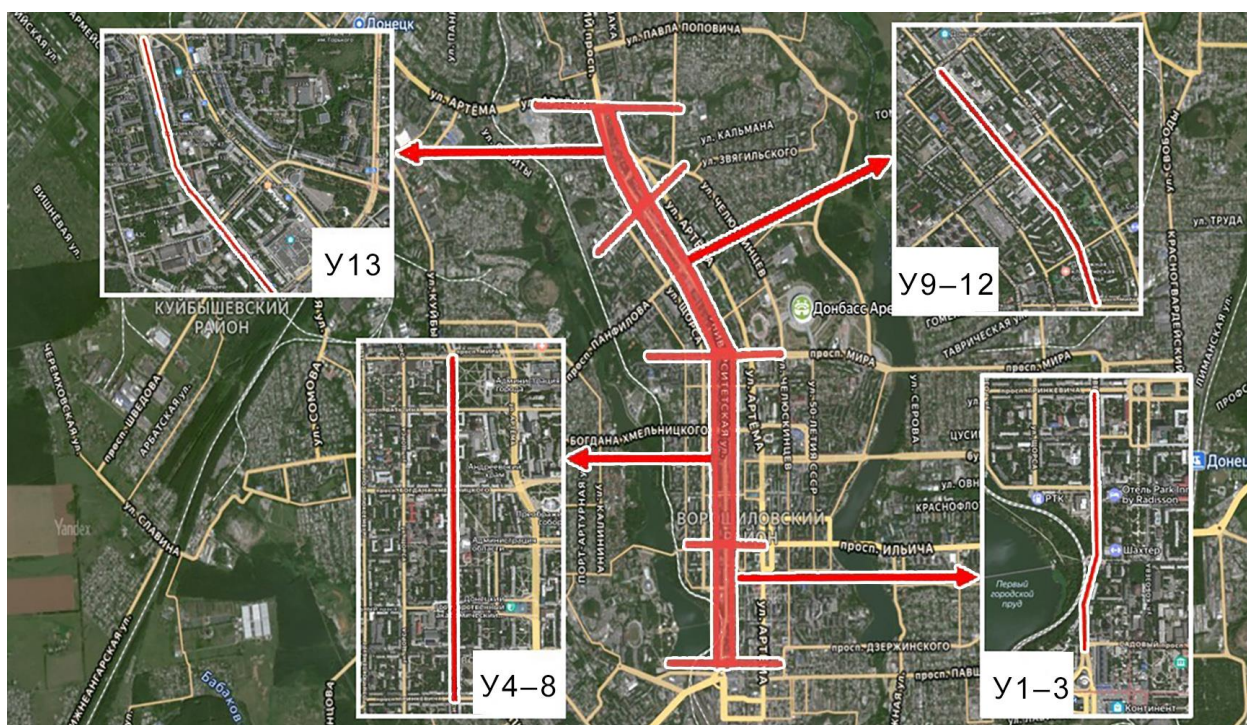


Рисунок 1 – Территория исследования вдоль автомагистрали по ул. Университетской г. Донецка:

- Y1 – пр. Садовый – пр. Маяковского; Y2 – пр. Маяковского – пр. Комсомольский;
Y3 – пр. Комсомольский – пр. Гринкевича; Y4 – пр. Гринкевича – пр. Гурова;
Y5 – пр. Гурова – пр. Театральный; Y6 – пр. Театральный – пр. Богдана Хмельницкого;
Y7 – пр. Богдана Хмельницкого – пр. Ватутина; Y8 – пр. Ватутина – пр. Мира;
Y9 – пр. Мира – пр. Германа Титова; Y10 – пр. Германа Титова – пр. Освобождения Донбасса;
Y11 – пр. Освобождения Донбасса – пр. Панфилова; Y12 – пр. Панфилова – пр. Таманский;
Y13 – пр. Таманский – ул. Артёма

Интенсивность движения автотранспорта вдоль исследуемых участков на всех территориях исследования оценивалась по количеству единиц автотранспорта определённого типа, проезжающих мимо точки измерения за единицу времени [50].

Измерение шума производили портативным шумомером Benetech с погрешностью ± 1 дБА. Замеры проводились в периоды наибольшего движения автотранспорта в будние дни согласно ГОСТ 23337-2014 [51] на 13 участках: пр. Садовый – пр. Маяковского, пр. Маяковского – пр. Комсомольский, пр. Комсомольский – пр. Гринкевича, пр. Гринкевича – пр. Гурова, пр. Гурова – пр. Театральный, пр. Театральный – пр. Богдана Хмельницкого, пр. Богдана Хмельницкого – пр. Ватутина, пр. Ватутина – пр. Мира, пр. Мира – пр. Германа Титова, пр. Германа Титова – пр. Освобождения Донбасса, пр. Освобождения Донбасса – пр. Панфилова, пр. Панфилова – пр. Таманский, пр. Таманский – ул. Артёма.

Для определения зашумления территории использовались утверждённые нормативные документы:

– ГОСТ 23337-2014 «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий» [51];

– СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [52];

– СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003» [53], согласно которому на территориях, непосредственно прилегающих к жилым зданиям, эквивалентный уровень звука в течение дня не должен превышать 55 дБА (в

дневное время), а максимальный уровень звука не более 70 дБА. Для эквивалентного значения при измерении шума в 2 м от автомагистрали допускается принимать на 10 дБА выше (поправка = +10 дБА).

Результаты визуального осмотра исследуемых древесных растений фиксировались с помощью фотоаппарата Nikon Coolpix S2600, дальнейшую камеральную обработку и анализ изображений проводили в программе AxioVision Rel. 4.8 с учетом эталонной мерки. В результате выполнения работы для изучения архитектуры кроны и пороков стволов было обработано свыше 1 тыс. электронных фотографий. Диаметр ствола измеряли мерной вилкой Haglof Mantax.

Для статистической обработки данных использовали Microsoft Excel LTSC (версия 2505, сборка 16.0.18827.20102) (Microsoft Corporation).

Результаты и обсуждения

Оценка интенсивности транспортного потока на исследуемой территории выявила высокий уровень антропогенной нагрузки (табл. 1). В среднем по ул. Университетской объем проходящих транспортных средств составил 1330 ± 680 ед./час. Большое значение стандартного отклонения от среднего связано с неравномерным нагружением по центральной улице города. Так наиболее загруженными участками являются: пр. Маяковского – пр. Комсомольский (2916 ед./час), пр. Театральный – пр. Богдана Хмельницкого (2154 ед./час), пр. Таманский – ул. Артёма (2052 ед./час) и пр. Садовый – пр. Маяковского (1644 ед./час). При этом часть территории от пр. Ватутина до пр. Панфилова оценена как наименее загруженная по интенсивности транспортного потока – 650–800 ед./час (рис. 3).

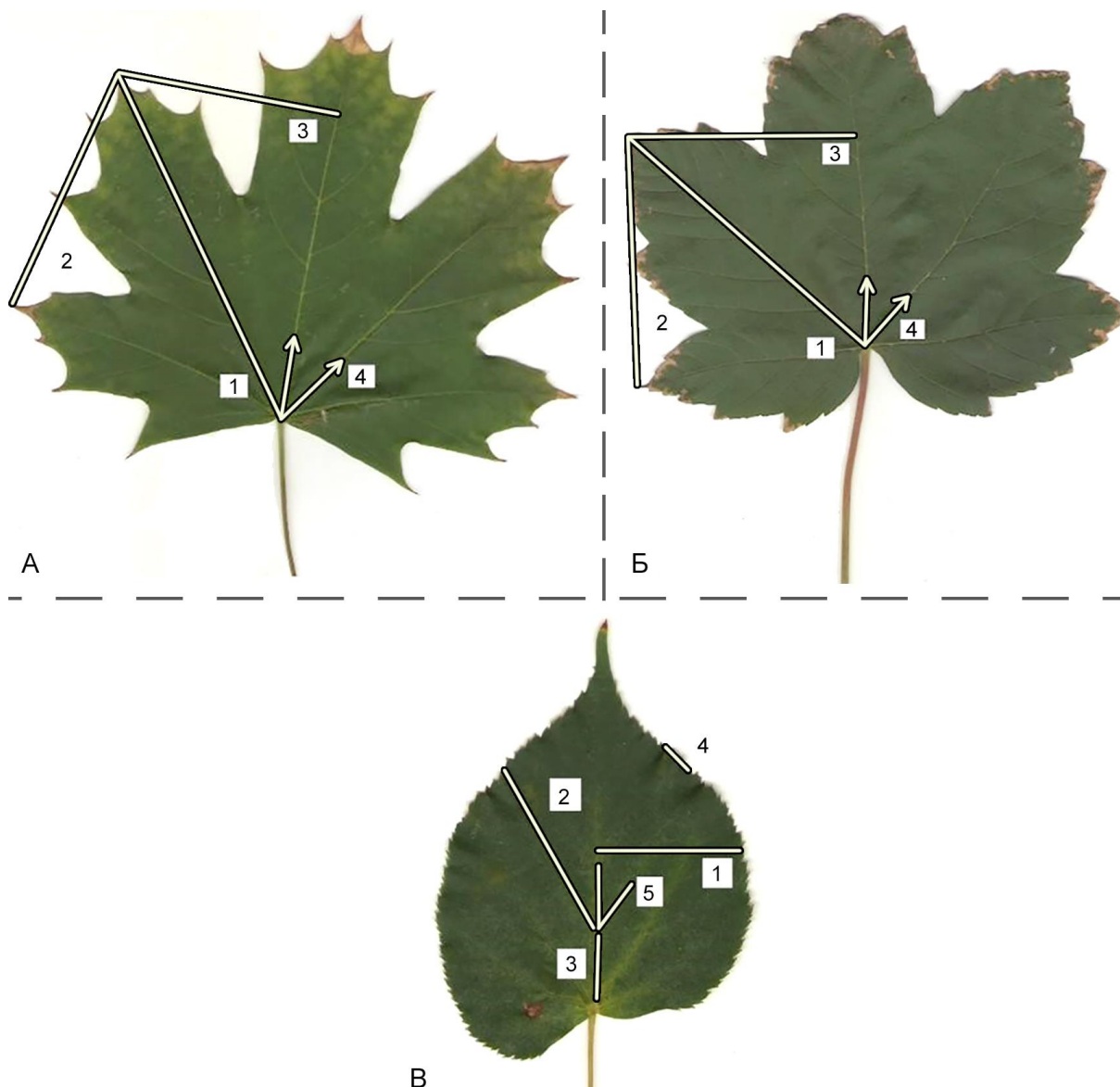


Рисунок 2 – Морфологические параметры листовых пластин:

- А* – *Acer platanoides* L. (1 – длина второй жилки первого порядка от основания листа; 2 – расстояние между концами первой и второй жилки; 3 – ширина половины листовой пластины от главной жилки до конца второй жилки; 4 – угол между главной жилкой и второй жилкой первого порядка),
Б – *Acer pseudoplatanus* L. (1 – длина второй жилки первого порядка от основания листа; 2 – расстояние между концами первой и второй жилки; 3 – ширина половины листовой пластины от главной жилки до конца второй жилки; 4 – угол между главной жилкой и второй жилкой первого порядка),
В – *Tilia cordata* Mill. (1 – ширина левой и правой половины листа; 2 – длина жилки второго порядка, второй от основания листа; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 – расстояние между концами этих же жилок; 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка)

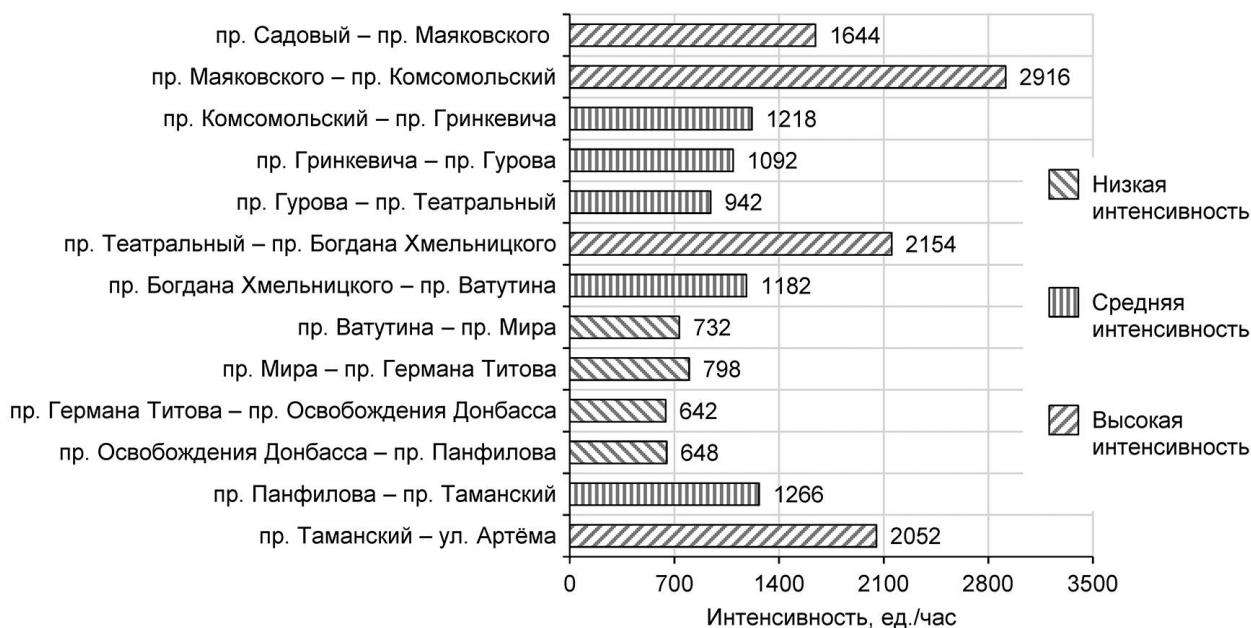
Наибольший вклад в вибрационно-акустическое зашумление изученной территории оказывает легковой автотранспорт (85,7% от общего потока), а также с меньшей долей автобусы и легкие грузовые автомобили. Значительные превышения ПДУ (по средним >39%, по максимумам значений >25%) зафиксированы для участков: пр. Комсомольский – пр. Гринкевича, пр. Маяковского – пр. Комсомольский, пр. Садовый – пр. Маяковского, пр. Театральный – пр. Богдана Хмельницкого и пр. Таманский – ул. Артёма (рис. 4). На всей территории среднее превышение предельно допустимого уровня шума по средним значениям составляло $37,2 \pm 3,8\%$, по максимумам – $24,0 \pm 3,4\%$ (табл. 2).

Данные по зашумлению (табл. 2) коррелируют с интенсивностью транспортного потока (табл. 1) на изученной территории, в связи с чем по результатам оценки выделили три группы по уровню загрязнения:

- *высокий* (пр. Комсомольский – пр. Гринкевича, пр. Маяковского – пр. Комсомольский, пр. Садовый – пр. Маяковского, пр. Театральный – пр. Богдана Хмельницкого, пр. Таманский – ул. Артёма);
- *средний* (пр. Освобождения Донбасса – пр. Панфилова, пр. Мира – пр. Германа Титова, пр. Богдана Хмельницкого – пр. Ватутина, пр. Ватутина – пр. Мира);
- *низкий* (пр. Гринкевича – пр. Гурова, пр. Гурова – пр. Театральный, пр. Германа Титова – пр. Освобождения Донбасса, пр. Панфилова – пр. Таманский).

Таблица 1 – Выявленная антропогенная нагрузка на исследуемой территории по интенсивности транспортного потока

Территория исследования	Интенсивность, ед./мин.				
	грузовые		пассажирские		
	лёгкие	тяжелые	легковые	автобусы	троллейбусы
пр. Садовый – пр. Маяковского	0,8	0,3	24,6	1,4	0,3
пр. Маяковского – пр. Комсомольский	3,4	0,7	41,5	2,7	0,3
пр. Комсомольский – пр. Гринкевича	<1	0,2	17,7	1,2	0,2
пр. Гринкевича – пр. Гурова	0,5	0	16,2	1,4	0,1
пр. Гурова – пр. Театральный	1,3	0,1	12,9	1,2	0,2
пр. Театральный – пр. Богдана Хмельницкого	1,9	0,4	31	2,3	0,3
пр. Богдана Хмельницкого – пр. Ватутина	1,6	0,1	16,8	1,2	0
пр. Ватутина – пр. Мира	0,6	0,4	10,1	<1	0,1
пр. Мира – пр. Германа Титова	0,4	0,3	11,4	1,1	0,1
пр. Германа Титова – пр. Освобождения Донбасса	0,5	0	8,9	1,3	0
пр. Освобождения Донбасса – пр. Панфилова	0,2	0,1	9	1,2	0,3
пр. Панфилова – пр. Таманский	1,7	0,6	17	1,8	0
пр. Таманский – ул. Артёма	1,2	0,7	30	2,3	0

**Рисунок 3** – Интенсивность транспортного потока на исследуемых участках

Следующий этап работы – оценка биоразнообразия, возрастной структуры, состояния древесных растений и анализа уязвимости дендрофлоры в условиях загрязнения, на примере города Донецка.

По результатам мониторинговых исследований доминантными видами (более 1% из общей выборки) на обозначенной территории являются (рис. 5): *Robinia pseudoacacia* L., *Ulmus laevis* Pall., *Acer pseudoplatanus* L., *Acer platanoides* L., *Ulmus pumila* L., *Syringa vulgaris* L., *Populus simonii* Carrière, *Ulmus glabra* Huds., *Acer saccharum* Marshall, *Populus bolleana* Lauche, *Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall. Всего выявлено 23 вида из 13 родов, среди которых преобладают виды европейского (48%) и североамериканского (37%) происхождения.

Данные по жизненному состоянию древесных видов свидетельствуют о том, что наиболее критиче-

ская ситуация характерна для участков с высоким и средним уровнями антропогенного загрязнения. На таких территориях отмечали высокую долю сухостоя или отмирающих растений:

- пр. Садовый – пр. Маяковского (57%);
- пр. Комсомольский – пр. Гринкевича и пр. Богдана Хмельницкого – пр. Ватутина (31%);
- пр. Театральный – пр. Богдана Хмельницкого (29%);
- пр. Освобождения Донбасса – пр. Панфилова (24%);
- пр. Маяковского – пр. Комсомольский (21%).

На таких растениях отмечены морфологические повреждения ствола и кроны, которые сказываются на общем состоянии растений и приводят к снижению их жизнеспособности (рис. 6).

Таблица 2 – Вибрационно-акустическое загрязнение территории исследования

Проспект	Зашумление, дБА		
	мин.	макс.	ср. знач. ± ст. откл.
пр. Садовый – пр. Маяковского	58,3	88,7	77,1 ± 2,0
пр. Маяковского – пр. Комсомольский	61,3	90,3	78,5 ± 3,4
пр. Комсомольский – пр. Гринкевича	66,3	91,1	79,2 ± 4,1
пр. Гринкевича – пр. Гурова	59,3	84,9	73,8 ± 1,5
пр. Гурова – пр. Театральный	56,0	84,4	73,4 ± 1,4
пр. Театральный – пр. Богдана Хмельницкого	58,2	87,9	76,4 ± 1,6
пр. Богдана Хмельницкого – пр. Ватутина	57,9	85,6	75,2 ± 2,8
пр. Ватутина – пр. Мира	54,2	85,6	74,4 ± 2,5
пр. Мира – пр. Германа Титова	59,5	86,9	75,6 ± 2,4
пр. Германа Титова – пр. Освобождения Донбасса	59,7	84,2	73,2 ± 1,5
пр. Освобождения Донбасса – пр. Панфилова	59,7	87,3	75,9 ± 3,3
пр. Панфилова – пр. Таманский	54,5	83,0	72,2 ± 1,2
пр. Таманский – ул. Артёма	54,7	87,7	76,3 ± 3,9

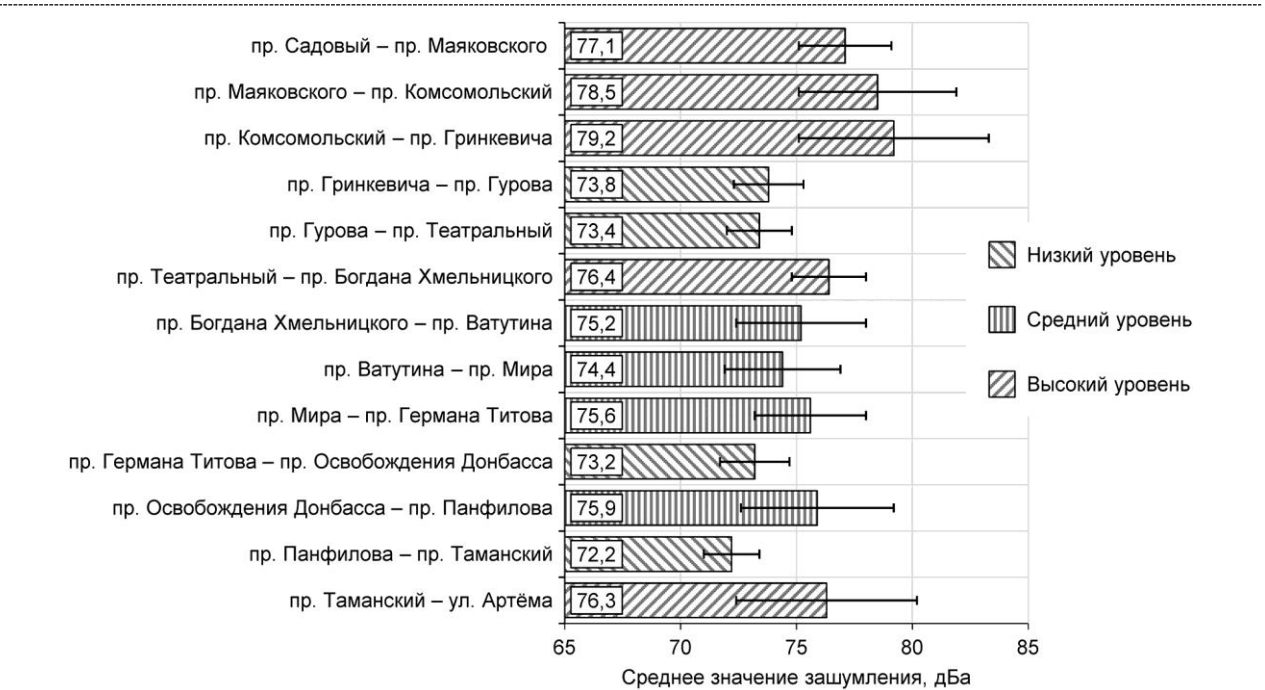


Рисунок 4 – Средние значения шумового загрязнения исследуемых участков

Морфологические повреждения, в первую очередь, связаны с изменениями в тканевом строении (например, разрыв, трещины и деформации отрицательно сказываются на восстановительных и адаптивных возможностях деревьев). В результате таких повреждений снижается общий запас прочности древесины, ухудшаются её механические свойства, что в конечном итоге может привести к ослаблению и повышенной уязвимости к внешним стрессам. На деревьях также отмечены и механические повреждения ствола, такие как обломы и инородные включения, которые нарушают целостность древесины и могут приводить к скрытой ядровой гнили (рис. 6).

На исследуемой территории выделили несколько основных видов, подверженных кронированию и санитарной обрезке – *Ulmus laevis* Pall., *Ulmus glabra* Huds., *Ulmus pumila* L. и *Robinia pseudoacacia* L. Данные растения находились в возрастной группе 50–59 лет (43,5% от общей выборки) и достигли критического

возраста в регионе. В результате ветровалов, которые всё чаще происходят в регионе, скелетные ветви таких растений подвержены облому, т.к. новые побеги слабее в креплении и легче поддаются необратимой деформации (рис. 7).

Анализ флуктуирующей асимметрии листовых пластин выявил различную степень стабильности развития у исследованных видов. Для *Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus* и *Tilia cordata* на территориях с низким уровнем антропогенной нагрузки величина интегрального показателя стабильности развития (ИПСР) составила 2 балла по общепринятой шкале В.М. Захарова [54], что соответствует незначительным отклонениям от нормы. *Acer platanoides* var. «Crimson King» в свою очередь продемонстрировал более высокий ИПСР на тех же территориях (3 балла), что свидетельствует о незначительной адаптивной напряженности. Данное различие может быть обусловлено повышенной чувствительностью к неблагоприятным факторам среды.

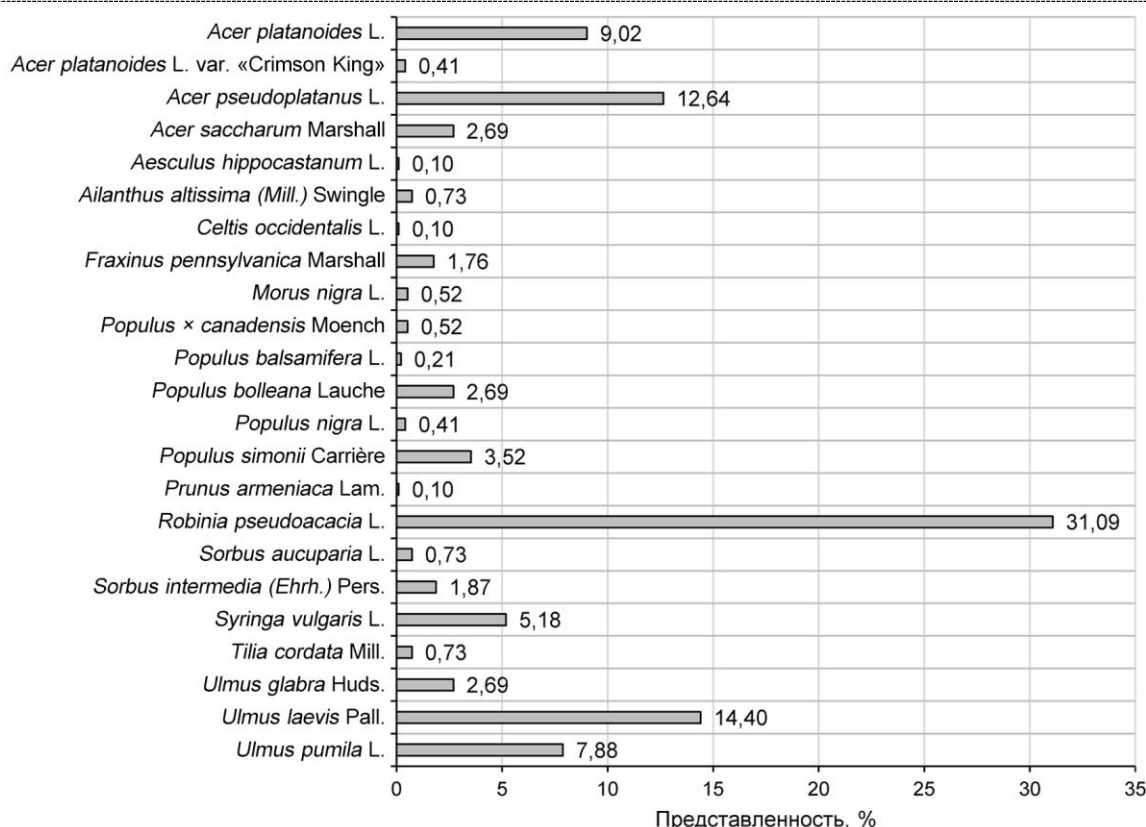


Рисунок 5 – Видовое разнообразие древесных растений на исследуемой территории города Донецка

Для территорий с высоким уровнем антропогенной нагрузки результаты исследования листовых пластинок *Acer platanoides* свидетельствует о существенных нарушениях или даже критическом состоянии растений ($\sim 0,05\text{--}0,06$) [согласно шкале из источника 48]. Подобные нарушения организма могут быть обусловлены как природно-климатическими условиями (температура и влажность воздуха, недостаток влаги в почвах, микроклиматические условия полога, освещенность и т.д.) так и влиянием антропогенных факторов (за счет наличия токсикантов в почвах и воздушной среде, а также вибрационно-акустического давления на органы растений).

Выводы

1. В результате исследования интенсивности транспортного потока (в среднем 1330 ± 680 ед./час) и вибрационно-акустического зашумления (превышение ПДУ на $37 \pm 4\%$ по средним значениям и $24 \pm 3\%$ по их максимумам), как комплексного показателя антропогенного загрязнения территории, участки ранжировали по 3 уровням: с высоким, средним и низким антропопрессингом.

2. Экологическое значение влияния антропогенной нагрузки проявлялось в снижении жизнеспособности древесных растений и увеличении числа повреждений. На территориях с высокой интенсивностью транспортного потока (более 1 тыс. ед./час) и повышенным уровнем шумового загрязнения (свыше 30% от ПДУ) проявлялись наиболее выраженные негативные биологические последствия. Это выражалось в снижении доли деревьев, находящихся в удовлетворительном состоянии, и увеличении количества растений, имеющих высокую долю повреждений или находящихся в критическом состоянии: пр. Садовый – пр. Маяковского

(57% выборки); пр. Комсомольский – пр. Гринкевича и пр. Богдана Хмельницкого – пр. Ватутина (31%); пр. Театральный – пр. Богдана Хмельницкого (29%); пр. Освобождения Донбасса – пр. Панфилова (24%) и пр. Маяковского – пр. Комсомольский (21%). Морфологические нарушения, такие как искривление ствола, отслоение коры, наличие гнили, изменения архитектоники кроны, а также механические повреждения нарушали целостность защитных тканей растений. Данные факторы создают благоприятные условия для проникновения патогенных микроорганизмов и вредителей, развития гнилостных процессов и общего ухудшения состояния деревьев.

3. На исследуемой территории было идентифицировано 23 вида древесных растений, принадлежащих к 13 различным родам, что свидетельствует об умеренном уровне видового разнообразия. По количеству видов доминирующим являются род *Ulmus* L., *Acer* L. и *Populus* L. По количеству экземпляров доминируют *Robinia pseudoacacia* L., *Ulmus laevis* Pall., *Acer pseudoplatanus* L., *Acer platanoides* L., *Ulmus pumila* L., *Syringa vulgaris* L., *Populus simonii* Carrière, *Ulmus glabra* Huds., *Acer saccharum* Marshall, *Populus bolleana* Lauche, *Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall. Выделили несколько основных видов подверженных кронированию и санитарной обрезке – *Ulmus laevis* Pall., *Ulmus glabra* Huds., *Ulmus pumila* L. и *Robinia pseudoacacia* L. Данные растения находились в возрастной группе 50–59 лет и достигли критического возраста в регионе. В результате ветровалов, которые всё чаще происходят в регионе, скелетные ветви таких растений подвержены облому, т.к. новые побеги слабее в креплении и легче поддаются необратимой деформации.

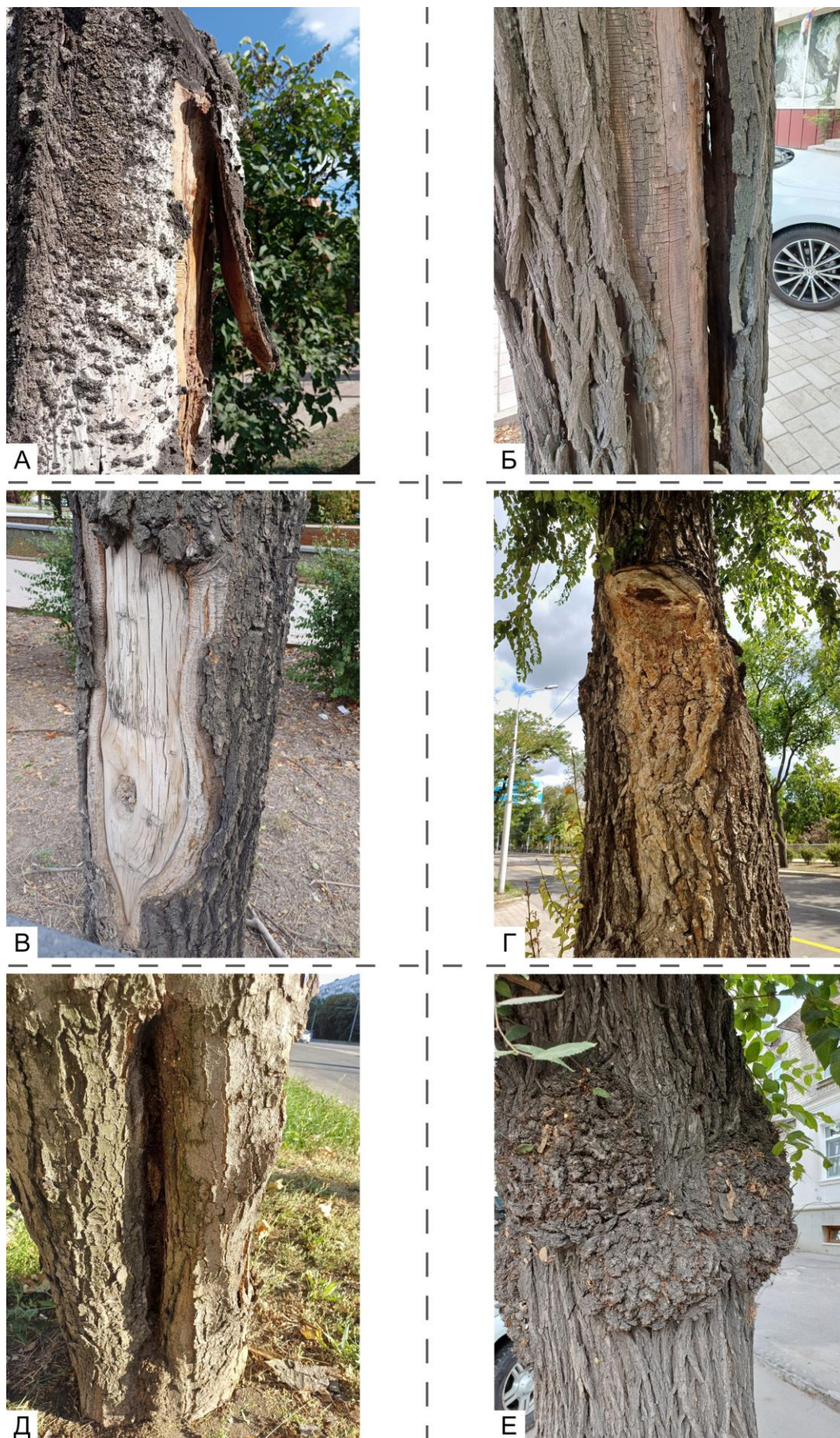


Рисунок 6 – Типичные повреждения ствола древесных растений:

А – отслоение коры на *Populus bolleana*; Б – отслоение коры на *Robinia pseudoacacia*;
В – сухобокость на *Ulmus laevis*; Г – гнилостные процессы на *Ulmus pumila*;
Д – открытая прорость на *Acer pseudoplatanus*; Е – наросты на *Ulmus laevis*



Рисунок 7 – Последствия действия ветровала на ослабленные деревья *Ulmus laevis* Pall. (2025 год):

А – вывал растения с комлем на ул. Университетская, г. Донецк;

Б – облом ствола с падением кроны на пешеходную зону вдоль ул. Университетской

Список источников:

1. Dadkhah-Aghdash H., Rasouli M., Rasouli K., Salimi A. Detection of urban trees sensitivity to air pollution using physiological and biochemical leaf traits in Tehran, Iran // Scientific Reports. 2022. Vol. 12, № 1. P. 15398. DOI: 10.1038/s41598-022-19865-3.

2. Amini H., Hoodaji M., Najafi P. Evaluation of some tree species for heavy metal biomonitoring and pollution tolerance index in Isfahan urban zone // African Journal of Biotechnology. 2011. Vol. 10, № 84. P. 19863–19870. DOI: 10.5897/ajb11.2503.

3. Thawale P.R., Satheesh Babu S., Wakode R.R., Singh S.K., Kumar S., Juwarkar A.A. Biochemical changes in plant leaves as a biomarker of pollution due to anthropogenic activity // Environmental Monitoring and Assessment. 2011. Vol. 177 (1–4). P. 527–535. DOI: 10.1007/s10661-010-1653-7.

4. Корниенко В.О., Калаев В.Н. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность деревьев березы повислой в г. Донецке // Лесоведение. 2022. № 3. С. 321–334.

5. Zinicovskaia I.I., Safonov A.I., Yushin N.S., Nesporny V.N., Germonova E.A. Phytomonitoring in Donbass for identifying new geochemical anomalies // Russian Journal of General Chemistry. 2024. Vol. 94, iss. 13. P. 3472–3482. DOI: 10.1134/s1070363224130048.

6. Zinicovskaia I., Safonov A., Kravtsova A., Chaligava O., Germonova E. Neutron activation analysis of rare earth elements (Sc, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb) in the diagnosis of ecosystems of Donbass // Physics of Particles and Samara Journal of Science. 2025. Vol. 14, iss. 2

Nuclei Letters. 2024. Vol. 21, iss. 2. P. 186–200. DOI: 10.1134/s1547477124020158.

7. Safonov A.I., Alemasova A.S., Zinicovskaia I.I., Vergel K.N., Yushin N.S., Kravtsova A.V., Chaligava O. Morphogenetic abnormalities of bryobionts in geochemically contrasting conditions of Donbass // Geochemistry International. 2023. Vol. 61, iss. 10. P. 1036–1047. DOI: 10.1134/s0016702923100117.

8. Bepalova S.V., Romanchuk S.M., Chufitskiy S.V., Perebeinos V.V., Gotin B.A. Fluorimetric analysis of the impact of coal sludge pollution on phytoplankton // Biophysics. 2020. Vol. 65. P. 850–857. DOI: 10.1134/s0006350920050024.

9. Романчук С.М., Чуфицкий С.В. База данных «Физико-химические и биологические показатели поверхностных вод реки Кальмиус»: св-во о рег. базы данных RU 2024626375, 26.12.2024. Заявка № 2024626135 от 16.12.2024.

10. Mirnenko E. Ecological monitoring of water bodies: bioindication, microalgae biodiversity indices // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 555. P. 1–6. DOI: 10.1051/e3sconf/202455502008.

11. Мирненко Э.И. Содержание, состав и динамика фотосинтетических пигментов в водохранилищах реки Кальмиус Донецкой Народной Республики // Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. 2024. Т. 79, № 4. С. 353–359. DOI: 10.55959/msu0137-0952-16-79-4-15.

12. Chen X., Zhang X., Liu M., Xu Z., Wei H. Urbanization induced changes in the accumulation mode of organic car-

- bon in the surface soil of subtropical forests // Catena. 2022. Vol. 214. P. 106264. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106 264.
13. Nespirnyi V., Safonov A. The importance of principal component analysis for environmental biodiagnostics of Donbass // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 555. P. 01007. DOI: 10.1051/e3sconf/202455501007.
14. Safonov A. Assessing landscape disturbance in Donbass using phytomonitoring data // International conference on advance in energy, ecology and agriculture. 2024. Vol. 126. P. 01031. DOI: 10.1051/bioconf/202412601031.
15. Safonov A. Changes in plant CSR strategies under new anthropogenic transformations // E3S Web of Conferences. 2025. Vol. 614. P. 04022. DOI: 10.1051/e3sconf/202561404022.
16. Федоркина И.А., Ерофеева В.В., Аникина Е.В., Сафонов А.И. Обзор основных тенденций и динамики загрязнения воздуха и почв в регионах Российской Федерации в период 1993–2023 годов // Проблемы региональной экологии. 2025. № 1. С. 17–21. DOI: 10.24412/1728-323x-2025-1-17-21.
17. Галактионова Е.В., Сафонов А.И. Детализация метода фитотестирования загрязненных почв по уязвимости апикальных меристем // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2025. № 1. С. 94–100. DOI: 10.5281/zenodo.14923403.
18. Епринцев С.А., Шекоян С.В., Виноградов П.М. Оценка неблагоприятных факторов окружающей среды урбанизированных территорий Центральной России // Региональные геосистемы. 2025. Т. 49, № 1. С. 157–168. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-1-157-168.
19. Сафонов А.И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций: монография. Донецк: Эдит, 2024. 289 с.
20. Корниенко В.О. Ретроспективный анализ антропогенного загрязнения города Донецка. Вибрационно-акустическое зашумление // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2024. № 1. С. 93–100. DOI: 10.5281/zenodo.12532574.
21. Сафонов А.И., Калинина Ю.С., Палагута А.П. Тератогенные эффекты как индикаторные свойства цветковых растений урбанизированных территорий Донецкой агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 2. С. 20–30. DOI: 10.5281/zenodo.13949289.
22. Корниенко В.О., Приходько С.А., Яицкий А.С. Оценка жизненного состояния древесных насаждений в условиях урбанизированной среды // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2020. № 3–2. С. 14–19.
23. Корниенко В.О., Яицкий А.С. Жизнеспособность древесных растений в условиях зашумления городской территории (на примере г. Донецка) // Естественные и технические науки. 2022. № 12 (175). С. 166–170.
24. Сафонов А.И., Догадкин Д.Н., Неспирный В.Н. Фитогеохимические особенности некоторых отвалов угольных шахт в Донбассе // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2024. № 3. С. 86–99. DOI: 10.5281/zenodo.13758560.
25. Корниенко В.О., Реуцкая В.В. Деревья *Populus L.* в условиях урбанизированной среды Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2025. № 1. С. 24–34. DOI: 10.5281/zenodo.15005606.
26. Мирненко Н.С. Качество пыльцы *Ambrosia artemisiifolia L.* как показатель состояния городской среды // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 2. С. 14–19. DOI: 10.5281/zenodo.13949282.
27. Мирненко Н.С. Жизнеспособность пыльцы некоторых видов древесных растений донецкой агломерации // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 6. С. 55–61. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-6-55-61.
28. Калинина А.В. Индикационная фенотипическая пластичность *Plantago major L.* в условиях антропогенной трансформации Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 4. С. 25–32. DOI: 10.5281/zenodo.14543646.
29. Сафонов А.И. Атипичный морфогенез фитоиндикаторов в экологическом мониторинге Донецка // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2024. № 4. С. 94–101. DOI: 10.5281/zenodo.14227649.
30. Калинина Ю.С. Ассортимент цветочно-декоративных растений в озеленении Донецко-Макеевской агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2025. № 1. С. 19–23. DOI: 10.5281/zenodo.15004363.
31. Прокопенко Е.В., Джантимирова А.А. Одноцветная дубовая моль *Tischeria ekebladella* (Bjerkander, 1795) (Lepidoptera, Tischeriidae) в древесных насаждениях г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2025. № 1. С. 65–69. DOI: 10.5281/zenodo.15010655.
32. Калинина А.В. Урбановфлора щелевых экотопов Донецко-Макеевской агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2025. № 2. С. 38–43. DOI: 10.5281/zenodo.15082400.
33. Корниенко В.О. Эколого-биологические особенности старовозрастных деревьев города Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2025. № 2. С. 44–54. DOI: 10.5281/zenodo.15088293.
34. Мирненко Н.С., Сафонов А.И. Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере г. Донецка) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. № 3. С. 12–17.
35. Калинина А.В. Изменчивость морфометрических параметров *Oenothera depressa* Greene в ценопопуляциях трансформированных экотопов г. Макеевки // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2022. № 3–4. С. 16–20.
36. Mirnenko E.I. Content composition and dynamics of photosynthetic pigments in the reservoirs of the Kalmius river of the Donetsk People's Republic // Moscow University Biological Sciences Bulletin. 2024. Vol. 79, № 4. P. 267–273. DOI: 10.3103/s009639252560022x.
37. Нецветов М.В. Взаимодействие биологических систем с переменными магнитными полями, электрическими токами и механическими колебаниями как экологическими факторами: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Донецк, 2002. 150 с.
38. Нецветов М.В., Хиженков П.К., Суслowa Е.П. Введение в вибрационную экологию. Донецк: Вебер, 2009. 164 с.
39. Нецветов М.В. Совместное действие вибрации и химических медиаторов на рост ячменя посевного // Промышленная ботаника. 2008. Вып. 8. С. 35–40.
40. Нецветов М.В., Самотой О.Н. Накопление ионов свинца проростками *Fraxinus excelsior L.* под действием вибраций // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2009. № 1 (9). С. 270–273.
41. Нецветов М.В. Вертикальное перемещение микрочастиц в почве под действием вибрации сверхнизких частот // Грунтознавство. 2003. Т. 4, № 1–2. С. 62–65.
42. Нецветов М.В. Вибрационные взаимосвязи дерева и почвы // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2007. № 7. С. 248–254.
43. Корниенко В.О., Калаев В.Н., Харченко Н.Н. Механическая устойчивость старовозрастных деревьев *Quercus robur L.* // Самарский научный вестник. 2025. Т. 14, № 2

ercus robur L. в условиях города Донецка // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. Т. 7, № 4. С. 60–68.

44. Корниенко В.О. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность древесных растений на примере *Juniperus virginiana* L. // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2020. № 134. С. 93–100. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-93-100.

45. Корниенко В.О., Калаев В.Н. Экологическое значение биомеханических свойств древесных растений на примере *Juniperus virginiana* L. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2018. № 1. С. 97–103.

46. Корниенко В.О., Калаев В.Н. Механическая устойчивость можжевельника виргинского в условиях степной зоны Восточно-Европейской равнины // Лесоведение. 2024. № 1. С. 70–78. DOI: 10.31857/s0024114824010084.

47. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.

48. Кольченко О.Р., Корниенко В.О. Методический подход к оценке флуктуирующей асимметрии клена остролистного (*Acer platanoides* L.) в условиях г. Донецка // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2019. № 1. С. 107–114.

49. Erofeeva E.A., Yakimov B.N. Change of leaf trait asymmetry type in *Tilia cordata* Mill. and *Betula pendula* Roth under air pollution // Symmetry. 2020. Vol. 12, iss. 5. P. 727. DOI: 10.3390/sym12050727.

50. ГОСТ 20444-85. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики [Электронный ресурс] // Гарант.ру. <https://base.garant.ru/3923239>.

51. ГОСТ 23337-2014. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий [Электронный ресурс] // Гарант.ру. <https://base.garant.ru/71153778>.

52. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс] // Гарант.ру. <https://base.garant.ru/400274954>.

53. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 [Электронный ресурс] // Гарант.ру. <https://base.garant.ru/6180771>.

54. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно трансформированных экосистем Донбасса» (номер госрегистрации 124051400023-4).

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
Корниенко Владимир Олегович , кандидат биологических наук, заведующий научно-исследовательской частью, доцент кафедры физиологии и биофизики; Донецкий государственный университет (г. Донецк, Российская Федерация). E-mail: kornienkovo@mail.ru .	Kornienko Vladimir Olegovich , candidate of biological sciences, head of Research Department, associate professor of Physiology and Biophysics Department; Donetsk State University (Donetsk, Russian Federation). E-mail: kornienkovo@mail.ru .
Шкиренко Алёна Олеговна , стажер-исследователь научно-исследовательской лаборатории мониторинга и прогнозирования экосистем Донбасса; Донецкий государственный университет (г. Донецк, Российская Федерация). E-mail: alyona.shkirenko@mail.ru .	Shkirenko Alyona Olegovna , intern researcher of Scientific Research Laboratory for Monitoring and Forecasting of Donbass Ecosystems; Donetsk State University (Donetsk, Russian Federation). E-mail: alyona.shkirenko@mail.ru .
Реуцкая Валерия Вячеславовна , лаборант научно-исследовательской лаборатории мониторинга и прогнозирования экосистем Донбасса; Донецкий государственный университет (г. Донецк, Российская Федерация). E-mail: reutskaya_valeria@mail.ru .	Reutskaya Valeria Vyacheslavovna , laboratory assistant of Scientific Research Laboratory for Monitoring and Forecasting of Donbass Ecosystems; Donetsk State University (Donetsk, Russian Federation). E-mail: reutskaya_valeria@mail.ru .
Яицкий Андрей Степанович , старший преподаватель кафедры биологии, экологии и методики обучения; Самарский государственный социально-педагогический университет (г. Самара, Российская Федерация). E-mail: yaitsky@sgspu.ru .	Yaitsky Andrey Stepanovich , senior lecturer of Biology, Ecology and Methods of Teaching Department; Samara State University of Social Sciences and Education (Samara, Russian Federation). E-mail: yaitsky@sgspu.ru .
Джантимирова Александра Александровна , стажер-исследователь научно-исследовательской лаборатории мониторинга и прогнозирования экосистем Донбасса; Донецкий государственный университет (г. Донецк, Российская Федерация). E-mail: a.djantimirova@mail.ru .	Dzhantimirova Alexandra Alexandrovna , intern researcher of Scientific Research Laboratory for Monitoring and Forecasting of Donbass Ecosystems; Donetsk State University (Donetsk, Russian Federation). E-mail: a.djantimirova@mail.ru .

Для цитирования:

Корниенко В.О., Шкиренко А.О., Реуцкая В.В., Яицкий А.С., Джантимирова А.А. Анализ уязвимости древесных растений, произрастающих в условиях урбоэкосистем (на примере города Донецка) // Самарский научный вестник. 2025. Т. 14, № 2. С. 19–29. DOI: 10.55355/snv2025142103.