

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ГОРОДА ДОНЕЦКА

© 2024

Корниенко В.О.¹, Кишкань Р.В.², Яицкий А.С.³, Шкиренко А.О.¹

¹Донецкий государственный университет (г. Донецк, Российская Федерация)

²Филиал «Южный» Всероссийского научно-исследовательского института охраны окружающей среды
(г. Донецк, Российская Федерация)

³Самарский государственный социально-педагогический университет (г. Самара, Российская Федерация)

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы влияния отдаленных последствий боевых действий на состояние древесных растений (на примере г. Донецка). Установлено, что в результате повреждения экспериментального дендроценоза ударной вибрационно-акустической волной в 2017 году пострадали 29 растений, в большей степени деревья *Fraxinus excelsior* L. (~52%). Общие нарушения – вывал деревьев с плитой или начало этого процесса, вывал ослабших растений, у которых корневая система была нарушена ранее или же слабо развита в результате конкуренции с другими видами, необратимые деформации, разрыв тканей или облом ствола и скелетных ветвей первого порядка. При оценке отдаленных экологических эффектов выяснили, что через 7,5 лет после происшествия выпали (или подверглись критическим нарушениям) 122 дерева – *Fraxinus excelsior* L. (59%), *Robinia pseudoacacia* L. (23%), *Gleditsia triacanthos* L. (9%) и *Acer platanoides* L. (9%). Динамика выпадения древесных растений показывает, что полученные повреждения от ударной волны (точка отсчета 2017 год) нарушили целостность дендроценоза и приводят к каскадному выпадению древесных растений вследствие влияния природно-климатических факторов (по состоянию на 2024 г.). Выявлен устойчивый вид – *Quercus robur* L.: его мощная корневая система и значительные размеры способствовали сопротивлению растений к ударной вибрационно-акустической волне; по результатам мониторинговых исследований в 2024 году установили, что деревья находятся в отличном состоянии.

Ключевые слова: функционирование экосистем; Донбасс; устойчивость видов; антропогенный фактор; вибрационная акустическая волна; динамика живых систем; устойчивость экосистем; древесные растения.

THE INFLUENCE OF NEW ANTHROPOGENIC FACTORS ON THE CONDITION OF WOODY PLANTS IN DONETSK

© 2024

Kornienko V.O.¹, Kishkan R.V.², Yaitsky A.S.³, Shkirenko A.O.¹

¹Donetsk State University (Donetsk, Russian Federation)

²«Yuzhny» Branch of All-Russian Scientific Research Institute of Environmental Protection (Donetsk, Russian Federation)

³Samara State University of Social Sciences and Education (Samara, Russian Federation)

Abstract. The paper considers the issues of the long-term consequences of combat actions, using the example of Donbass. It was found that as a result of damage to the experimental dendrocoenosis by a shock vibration-acoustic wave in 2017, 29 plants were affected, mostly *Fraxinus excelsior* L. trees (~52%). Common violations are the fall of trees from the slab or the beginning of this process, the fall of weakened plants whose root system was previously disrupted or poorly developed as a result of competition with other species, irreversible deformations, tissue rupture or fragments of the trunk and skeletal branches of the first order. When assessing the long-term environmental effects, it was found that, 7.5 years after the incident, 122 trees fell (or were critically damaged) – *Fraxinus excelsior* L. (59%), *Robinia pseudoacacia* L. (23%), *Gleditsia triacanthos* L. (9%) and *Acer platanoides* L. (9%). The dynamics of the loss of woody plants shows that the damage caused by the blast wave (starting point 2017) violated the integrity of the dendrocoenosis and lead to cascading loss of woody plants due to the influence of natural and climatic factors (as of 2024). A stable species has been identified – *Quercus robur* L., its powerful root system and significant size contributed to the resistance of plants to shock vibration-acoustic wave; according to the results of monitoring studies in 2024, it was established that the trees are in excellent condition.

Keywords: ecosystem functioning; Donbass; species stability; anthropogenic factor; vibrational acoustic wave; dynamics of living systems; ecosystem stability; woody plant.

Введение

В условиях боевых действий на территории Донбасса сформировались новые факторы, которые влияют на состояние экосистем антропогенно трансформированных территорий промышленных городов как прямо (мгновенно во времени), так и опосредованно – отдаленные эффекты [1–13].

Прямое последствие ведения боевых действий отражается, например, при разрыве снаряда и распространении вибрационно-акустической ударной вол-

ны от эпицентра взрыва в сторону лесных массивов, лесополос и линейных древесных насаждений. Рядом с эпицентром происходит повреждение коры и тканей стволов деревьев, что приводит к усыханию растений (в зависимости от степени повреждения), и даже вплоть до поперечного среза ствола элементами разорвавшегося снаряда. Если брать последний пример, то оценить такие последствия с точки зрения эксперта-эколога не так сложно: необходимо вести точный учёт выпавших деревьев и затем просчитать

общий экологический ущерб. А оценить даже, казалось бы, очевидное влияние физического фактора в виде ударной волны с точки зрения вибрационной экологии уже не является тривиальной задачей [14]. Известно, что при действии вибрации техногенного характера в растениях происходят изменения на молекулярном, клеточном и организменном уровнях, в почвах происходят отклонения в процессах почвообразования [14–19], а для животных действие вибраций отражается на поведенческих реакциях [20–22].

Цель работы: оценка и прогноз отдаленных экологических последствий в результате действия новых антропогенных факторов, на примере дендроценозов города Донецка.

Материалы и методы

Территория исследований

Для того чтобы понять экологические последствия от вибрационно-акустической ударной волны, рассмотрим случай 2 февраля 2017 года – сильный взрыв в районе диспетчерской станции «Мотель» г. Донецка (ориентир: пр. Ильича, д. 95 «А»). При ночном обстреле произошло распространение ударной волны (эпицентр взрыва – позиция № 1 на рис. 1), в результате чего мгновенно выпало дерево *Populus nigra* var. *italica* (позиция 2 на рис. 1) и далее вибрации распространились в сторону Донецкого ботанического сада (рис. 2).

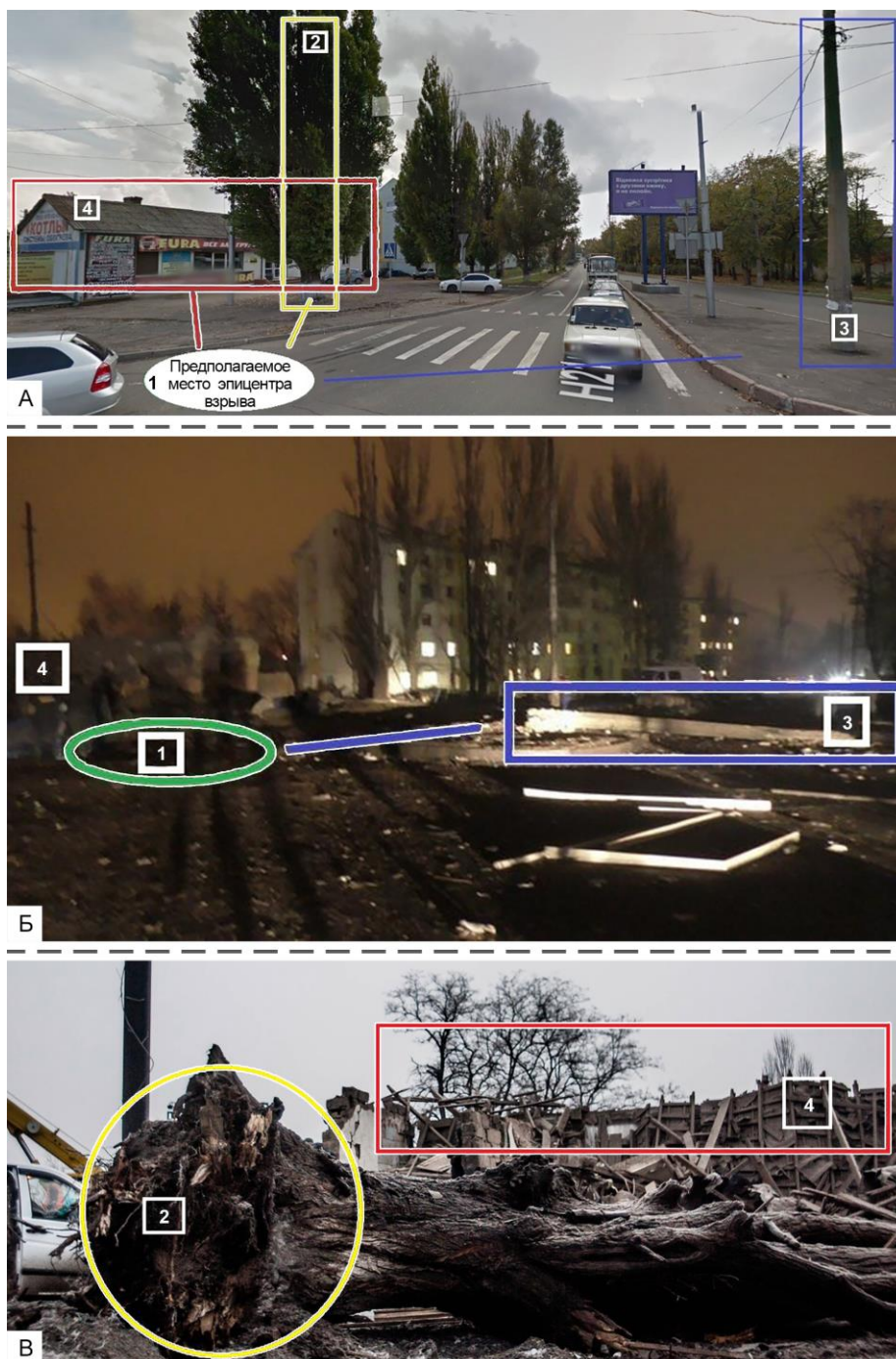


Рисунок 1 – Оценка взрыва на территории города Донецка, 02.02.2017 г. район «Мотеля».

Примечания: А – панорамное фото из открытых источников 2011 г. с расположением основных объектов для оценки произошедшего события; Б – ночное фото из видеосюжета последствий взрыва; В – выпавшее дерево *Populus nigra* var. *italica*. **Обозначения:** 1 – предполагаемое место эпицентра взрыва; 2 – дерево *Populus nigra* var. *italica*; 3 – столб ЛЭП; 4 – здание

Вибрационная ударная волна была настолько сильной, что, следуя по предполагаемому маршруту её распространения, установили факт повреждения ясенево-пакленовой дубравы (позиция 2 на рис. 2; размеры опытного участка: 100 × 100 м) в дендрарии Донецкого ботанического сада и смещение купола оранжевый комплекс (позиция 3 на рис. 2).

Дендрологические исследования

Общую жизнеспособность и оценку состояния древесных растений оценивали с помощью интегральной общепринятой шкалы В.А. Алексева [23]. Дополнительный осмотр кроны и стволов проводился с помощью фотофиксации и дальнейшей цифровой обработки в программе Axio Vision Rel. 4.8.

Результаты и обсуждения

В результате оценки экспериментального дендроценоза мы в 2017 году в основном отмечаем следующие виды нарушений:

- вывал дерева с плитой или начало этого процесса для *Fraxinus excelsior* L., ослабших деревьев *Robinia pseudoacacia* L. и *Gleditsia triacanthos* L. (рис. 3: А);
- вывал ослабших растений, у которых была нарушена ранее корневая система или же слабо развита в результате конкуренции с другими видами (рис. 3: В);
- необратимые деформации, разрыв тканей или облом ствола и скелетных ветвей первого порядка (рис. 3: Б; рис. 4).

Были зафиксированы случаи нарушения в центральной части ствола от действия ударной волны, которые привели к тому, что его верхняя часть «раздавила» в месте напряжения ткани и дерево, потеряв целостность, понесло критические нарушения, что в дальнейшем привело к гибели растения.

В 2024 году были оценены отдаленные эффекты боевых действий на исследуемой территории.

Установили, что на экспериментальном лесном массиве, который был подвержен воздействию ударной волны в 2017 году, продолжилось массовое выпадение растений (рис. 5); упавшие ранее деревья за

7,5 лет подверглись гниению и разложению; из-за открывшегося пространства и усиления ветровой активности, древесиной чаще испытывали воздействие природно-климатических факторов. В результате чего были зафиксированы необратимые деформации стволов и скелетных ветвей, а также свежие вывалы и обломы деревьев.

Динамика выпадения древесных растений показывает, что полученные повреждения от ударной волны нарушили целостность дендроценоза и приводят к каскадному выпадению древесных растений (рис. 6). Наибольшему влиянию оказались подвержены деревья *Fraxinus excelsior* L., наименьшему – *Acer platanoides* L.

Не пострадали деревья *Quercus robur* L., аборигенного вида для Донецка – мощная корневая система и значительные размеры (у основания диаметр ствола составляет 75 ± 7 см, на уровне груди – 64 ± 4 см) которого способствовали сопротивлению ударной вибрационно-акустической волне. Практически векового возраста растения (>70 лет) – 17 ед. (которые удалось обнаружить) находятся в отличном состоянии (1 балл по шкале В.А. Алексева).

Помимо выпадения растений, наиболее частыми нарушениями, выявленными в 2024 году, были необратимые деформации ствола и скелетных ветвей. В дальнейшем эти критические изменения в архитектонике приведут к выпадению древостоев.

Установлено, что растения с критическим углом наклона ствола часто опирались на соседние деревья, что приводит к дополнительной нагрузке последних. Повышение давления на ствол соседнего дерева приводит к приближению его критической нагрузки и запуску каскада событий, результатом которых является выпадение здоровых деревьев. Усилившееся ветровое воздействие на территории, через появившиеся «окна», усугубляют происходящие процессы и снижают механическую устойчивость дендроценозов.

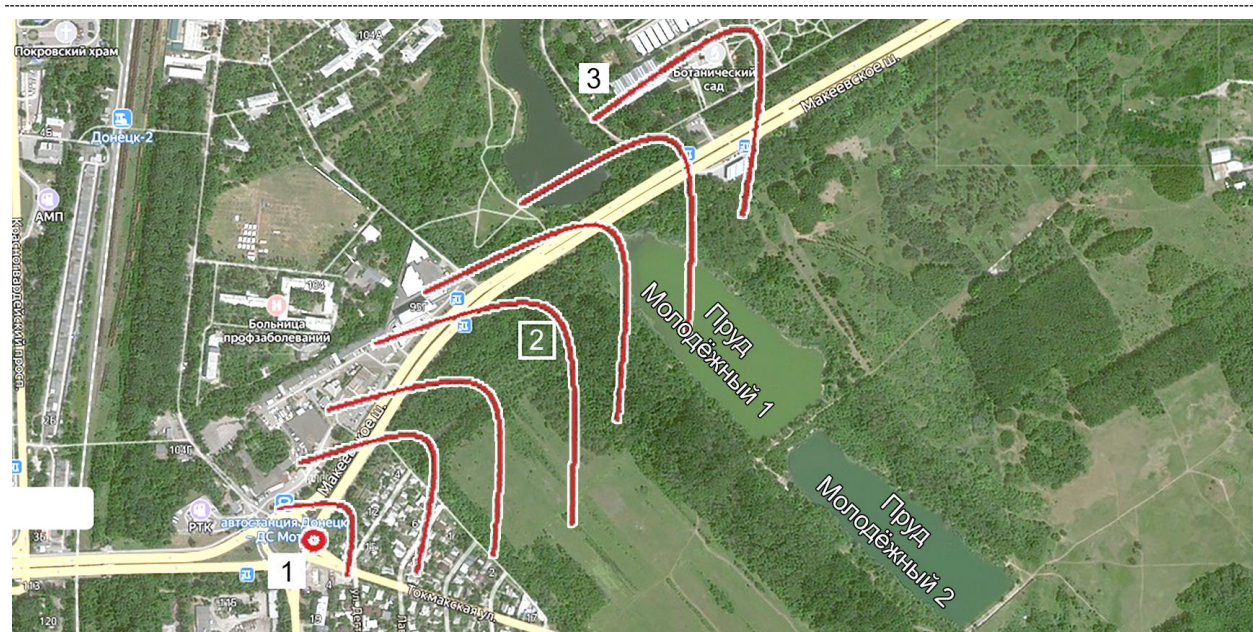


Рисунок 2 – Предположительная схема распространения ударной волны от произошедшего обстрела территории. *Обозначения:* 1 – предполагаемый эпицентр взрыва; 2 – ясенево-пакленовая дубрава; 3 – оранжевый комплекс Донецкого ботанического сада



Рисунок 3 – Некоторые виды повреждений дендроценоза на исследуемой территории
(фото В.О. Корниенко, 2017 г.).

Обозначения: А – начало процесса вывала с плитой в сторону распространения
вибрационной ударной волны (на примере *Fraxinus excelsior* L.);

Б – облом ствола *Fraxinus excelsior* L. в результате взрыва;

В – вырванное и «парящее в воздухе» дерево *Acer platanoides* L. в результате взрыва



Рисунок 4 – Необратимая деформация ствола с разрывом тканей вследствие действия вибрационно-акустической ударной волны (фото В.О. Корниенко, 2017 г.)



Рисунок 5 – Отдаленные последствия повреждения дендроценоза на исследуемой территории (фото В.О. Корниенко, 2024 г.). *Обозначения:* А, Б – массовое выпадение растений в древостое; В – свежие обломы стволов от ветровалов; Г – гибель древесных растений вследствие разрыва тканей

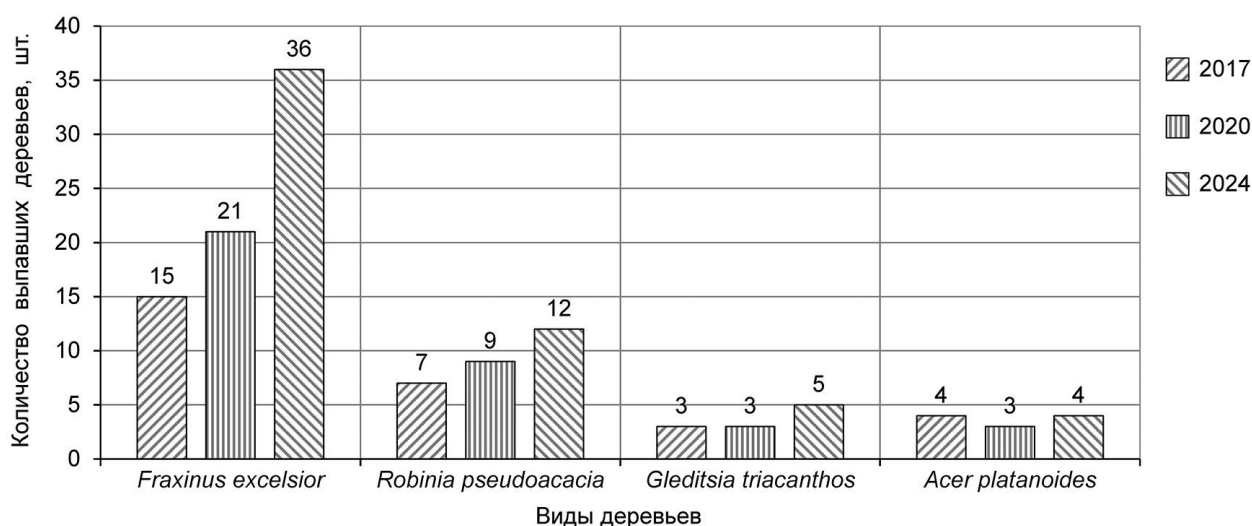


Рисунок 6 – Динамика выпавших либо необратимо нарушенных древесных растений на исследуемой территории

Выводы

1. В результате повреждения экспериментального дендроценоза ударной вибрационно-акустической волной в 2017 году пострадали 29 растений, в большей степени деревья *Fraxinus excelsior* L. (~52%). Общие нарушения: вывал деревьев с плитой или начало этого процесса; вывал ослабших растений, у которых была корневая система нарушена ранее или же слабо развита в результате конкуренции с другими видами; необратимые деформации; разрыв тканей или облом ствола и скелетных ветвей первого порядка.

2. При оценке отдаленных экологических эффектов установили, что через 7,5 лет после происшествия выпали (или подверглись критическим нарушениям) 122 дерева: *Fraxinus excelsior* L. (59%), *Robinia pseudoacacia* L. (23%), *Gleditsia triacanthos* L. (9%) и *Acer platanoides* L. (9%).

3. Динамика выпадения древесных растений показывает, что полученные повреждения от ударной волны (точка отсчета – 2017 год) нарушили целостность дендроценоза и приводят к каскадному выпадению древесных растений (по состоянию на 2024 г.).

4. Выявлен наиболее устойчивый вид – *Quercus robur* L.: его мощная корневая система и значительные размеры способствовали сопротивлению растений к ударной вибрационно-акустической волне. По результатам мониторинговых исследований в 2024 году установили, что деревья находятся в отличном состоянии (1 балл по шкале В.А. Алексева).

Список литературы:

1. Корниенко В.О. Влияние экологических факторов на физико-механические свойства, морфометрию и аллометрию древесных растений урбоэкосистем (на примере города Донецка): дис. ... канд. биол. наук: 1.5.15. Донецк, 2022. 166 с.

2. Зиньковская И.И., Сафонов А.И., Юшин Н.С., Неспирный В.Н., Гермонова Е.А. Ингредиентный фитомониторинг в Донбассе для идентификации новых геохимических аномалий // Экологическая химия. 2024. Т. 33, № 1. С. 19–32.

3. Сафонов А.И., Калинина Ю.С., Палагута А.П. Тератогенные эффекты как индикаторные свойства цветковых растений урбанизированных территорий Донецкой агломерации // Проблемы экологии и охраны при-

роды техногенного региона. 2024. № 2. С. 20–30. DOI: 10.5281/zenodo.13949289.

4. Корниенко В.О. Ретроспективный анализ антропогенного загрязнения города Донецка. Вибрационно-акустическое шумление // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2024. № 1. С. 93–100. DOI: 10.5281/zenodo.12532574.

5. Сафонов А.И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций: монография. Донецк: Издательский дом «Эдит», 2024. 289 с.

6. Корниенко В.О., Калаев В.Н., Харченко Н.Н. Механическая устойчивость старовозрастных деревьев *Quercus robur* L. в условиях города Донецка // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. Т. 7, № 4. С. 60–68.

7. Корниенко В.О., Яицкий А.С. Жизнеспособность древесных растений в условиях шумления городской территории (на примере г. Донецка) // Естественные и технические науки. 2022. № 12 (175). С. 166–170.

8. Корниенко В.О., Яицкий А.С. Экологические последствия шумового загрязнения города Донецка // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 11–2. С. 28–34.

9. Korniyenko V.O., Kalaev V.N. Impact of natural climate factors on mechanical stability and failure rate in silver birch trees in the city of Donetsk // Contemporary Problems of Ecology. 2022. Vol. 15, iss. 7. P. 806–816. DOI: 10.1134/s1995425522070150.

10. Kharchenko N.N., Kalaev V.N., Korniyenko V.O. Mechanical resistance of *Quercus robur* L. at the environmental boundary of the species distribution in the steppe // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Voronezh, 2021. DOI: 10.1088/1755-1315/875/1/012049.

11. 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.

12. Корниенко В.О., Калаев В.Н. Жизнеспособность дуба черешчатого в условиях города Донецка // Сибирский лесной журнал. 2024. № 4. С. 95–106. DOI: 10.15372/sjfs20240409.

13. 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.

14. Нецветов М.В., Хиженков П.К., Сулова Е.П. Введение в вибратионную экологию. Донецк: Вебер, 2009. 164 с.

15. Нецветов М.В. Вертикальное перемещение микрочастиц в почве под действием вибрации сверхнизких частот // Грунтознавство. 2003. Т. 4, № 1–2. С. 62–65.

16. Нецветов М.В. Вибрационные взаимосвязи дерева и почвы // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2007. № 7. С. 248–254.

17. Нецветов М.В. Вибрационная экология леса // Экология и ноосферология. 2008. Т. 19, № 3–4. С. 40–50.

18. Нецветов М.В. Вибрационное перемещение нано- и микрочастиц в почве // Грунтознавство. 2009. Т. 10, № 1–2. С. 44–48.

19. Нецветов М.В. Скорость звука и модуль упругости почвы: измерение и роль в передаче вибраций дерева на почву // Грунтознавство. 2010. Т. 11, № 1–2. С. 48–52.

20. Appel H., Cocroft R. Plant eosoacoustics: a sensory ecology approach // Trends in Ecology & Evolution. 2023. Vol. 38, iss. 7. P. 623–630. DOI: 10.1016/j.tree.2023.02.001.

21. Cocroft R.B., Rodriguez R.L. The behavioral ecology of insect vibrational communication // BioScience. 2005. Vol. 55, iss. 4. P. 323–334. DOI: 10.1641/0006-3568(2005)055[0323:tbeoiv]2.0.co;2.

22. Cocroft R.B., Gogala M., Hill P.S.M., Wessel A. Studying vibrational communication. Vol. 3. Berlin: Springer, 2014. 462 p. DOI: 10.1007/978-3-662-43607-3.

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

Работа выполнена в рамках проведения второго этапа экспертно-аналитического анализа последствий воздействий техногенного характера на окружающую среду в Донецкой Народной Республике в сотрудничестве с филиалом «Южный» ВНИИ Экология Минприроды РФ, а также по теме 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):
<p>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.</p>	<p>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.</p>
<p>Кишкань Роман Владимирович, директор; Филиал «Южный» Всероссийского научно-исследовательского института охраны окружающей среды (г. Донецк, Российская Федерация). E-mail: roman.kishkan@vniiecolology.ru.</p>	<p>Kishkan Roman Vladimirovich, director; «Yuzhny» Branch of All-Russian Scientific Research Institute of Environmental Protection (Donetsk, Russian Federation). E-mail: roman.kishkan@vniiecolology.ru.</p>
<p>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.</p>	<p>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.</p>
<p>Шкиренко Алена Олеговна, стажер-исследователь научно-исследовательской лаборатории диагностики и прогнозирования экосистем Донбасса; Донецкий государственный университет (г. Донецк, Российская Федерация). E-mail: alyona.shkirenko@mail.ru.</p>	<p>Shkirenko Alyona Olegovna, intern researcher of Scientific Research Laboratory for Diagnostics and Forecasting of Donbass Ecosystems; Donetsk State University (Donetsk, Russian Federation). E-mail: alyona.shkirenko@mail.ru.</p>

Для цитирования:

Корниенко В.О., Кишкань Р.В., Яицкий А.С., Шкиренко А.О. Влияние новых антропогенных факторов на состояние древесных растений города Донецка // Самарский научный вестник. 2024. Т. 13, № 4. С. 26–32. DOI: 10.55355/snv2024134104.