

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.3/16>

УДК 630 : 504.062



Анализ приживаемости древесных и кустарниковых растений на территории городского округа город Воронеж

Елизавета П. Матыцина, epmatytsina@yandex.ru <https://orcid.org/0009-0005-1289-2223>

Николай Н. Харченко, forest.vrn@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-7645-2642>

Надежда Л. Прохорова, nadnov40@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0001-6558-7074>

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация

Проблема озеленения городов является актуальной в связи с инновациями в строительстве и реконструкции зданий. Актуальность экологической проблемы города Воронежа – состояние саженцев древесных и кустарниковых пород. В связи с тем, что большинство деревьев в Воронеже высаживались в 1970-1980 годы, а также в связи с появлением агрессивных инвазивных видов насекомых и грибковых заболеваний, направленных агрессивно против определенных видов древесных пород (ясеневая златка (*Agrilus planipennis* Fairmaire) голландская болезнь вяза (возбудитель – сумчатый гриб) (*Ophiostoma ulmi*, (Buisman) Melin & Nannf.), городское управление экологии ведет политику активного обновления дендрофлоры. Определяли количественное и качественное состояние, породный состав и условия произрастания саженцев (*Aesculus hippocastanum* L., *Catalpa bignonioides* Walter, *Prunus cerasifera* 'Nigra' Aiton, *Acer platanoides* *Globosum* L., *Populus nigra* L., *Tilia cordata* Mill, *Sorbus aucuparia* L., *Bétula péndula* Roth, *Quércus róbur* L., *Acer platanoides* L., *Acer tataricum* subsp. *ginnala* (Maxim.) Wesm., *Acer platanoides* *Drummondii* L., *Thuja occidentalis* L., *Syringa vulgaris* L., *Juniperus scopulorum* Sarg.), высаженных в 2022 году на территории административных районов города Воронежа. При проведении исследования использовались стандартные методы экологических исследований с последующей камеральной обработкой, в результате которого на территории городского округа город Воронеж выявлены и обследованы 1487 саженцев древесных и кустарниковых растений (495 саженцев *Tilia cordata* Mill, 163 – *Sorbus aucuparia* L., 10 – *Bétula péndula* Roth, 4 – *Quércus róbur* *Quércus róbur* L., 334 – *Acer platanoides* L., 7 – *Acer tataricum* subsp. *ginnala* (Maxim.) Wesm., 5 – *Acer platanoides* *Drummondii* L., 9 – *Thuja occidentalis* L., 35 – *Aesculus hippocastanum* L., 35 – *Catalpa bignonioides* Walter, 3 – *Prunus cerasifera* 'Nigra' Aiton, 11 – *Acer platanoides* *Globosum* L., 135 – *Prunus cerasifera* 'Nigra' Aiton, а также 230 саженцев *Syringa vulgaris* L., и 11 саженцев *Juniperus scopulorum* Sarg.). Наилучшую приживаемость (100%) показали такие виды, как дуб черешчатый (*Quércus róbur* L.), клен Гиннала (*Acer tataricum* subsp. *ginnala* (Maxim.) Wesm.), туя западная (*Thuja occidentalis* L.), каштан конский обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L.), слива Нигра (*Prunus cerasifera* 'Nigra' Aiton), клен Глобозум (*Acer platanoides* *Globosum* L.), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), тополь пирамидальный (*Populus nigra* L.) и можжевельник скальный (*Juniperus scopulorum* Sarg.). Худший показатель приживаемости показала катальпа бигнониевидная (*Catalpa bignonioides* Walter) – 71,4%. 100% высаженных растений прижились лишь в Железнодорожном районе города. Меньше всего растений (88%) прижилось в Центральном районе г. Воронежа.

Ключевые слова: лесные культуры, саженцы, *Aesculus hippocastanum*, *Catalpa bignonioides*, *Prunus cerasifera* 'Nigra', *Acer platanoides* *Globosum*, *Populus nigra*, *Tilia cordata*, *Sorbus aucuparia*, *Bétula péndula*, *Quércus róbur*, *Acer platanoides*, *Acer ginnala*, *Acer platanoides* *Drummondii*, *Thuja occidentalis*, *Syringa vulgaris*, *Juniperus scopulorum*, зеленые зоны, парки и скверы, загрязнение воздуха, загрязнение почв, парк.

Финансирование: данное исследование не получало внешнего финансирования.

Благодарности: авторы благодарят управление экологии городского округа город Воронеж за сотрудничество, а также рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Матыцина, Е. П. Анализ приживаемости древесных и кустарниковых растений на территории городского округа город Воронеж / Е. П. Матыцина, Н. Н. Харченко, Н. Л. Прохорова // Лесотехнический журнал. – 2024. – Т. 14. – № 3 (55). – С. 284–306. – Библиогр.: с. 302–305 (25 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.3/16>.

Поступила 26.06.2024. **Пересмотрена** 04.09.2024. **Принята** 17.09.2024. **Опубликована онлайн** 11.11.2024.

Article

Analysis of the survival rate of woody and shrub plants in the urban district of Voronezh

Elizaveta P. Matytsina✉, epmatytsina@yandex.ru,  <https://orcid.org/0009-0005-1289-2223>

Nikolay N. Kharchenko, forest.vrn@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0001-7645-2642>

Nadezhda L. Prokhorova, nadnov40@yandex.ru  <https://orcid.org/0000-0001-6558-7074>

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation

Abstract

The problem of landscaping is relevant in connection with innovations in the construction and reconstruction of buildings. The relevance of the environmental problem of the city of Voronezh is the condition of seedlings of tree and shrub species. Due to the fact that most trees in Voronezh were planted in the 1970-1980s, as well as due to the emergence of aggressive invasive species of insects and fungal diseases directed aggressively against certain types of tree species (ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire), Dutch disease elm (the causative agent is the marsupial fungus (*Ophiostoma ulmi*, (Buisman) Melin & Nannf.), the city ecology department is pursuing a policy of active renewal of dendroflora. The quantitative and qualitative condition, species composition and growing conditions of seedlings were determined (*Aesculus hippocastanum* L., *Catalpa bignonioides* Walter, *Prunus cerasifera* 'Nigra' Aiton, *Acer platanoides* Globosum L., *Populus nigra* L., *Tilia cordata* Mill, *Sorbus aucuparia* L., *Bétula péndula* Roth, *Quércus róbur* L., *Acer platanoides* L., *Acer tataricum* subsp. *ginnala* (Maxim.) Wesm., *Acer platanoides* Drummondii L., *Thuja occidentalis* L., *Syringa vulgaris* L., *Juniperus scopulorum* Sarg.), planted in 2022 on the territory of the administrative districts of the city of Voronezh. During the study, standard methods of environmental research were used, followed by desk processing, as a result of which 1,487 seedlings of trees and shrubs were identified and examined in the urban district of Voronezh (495 seedlings of *Tilia cordata* Mill, 163 – *Sorbus aucuparia* L., 10 – *Bétula péndula* Roth, 4 – *Quércus róbur* *Quércus róbur* L., 334 – *Acer platanoides* L., 7 – *Acer tataricum* subsp. *ginnala* (Maxim.) Wesm., 5 – *Acer platanoides* Drummondii L., 9 – *Thuja occidentalis* L., 35 – *Aesculus hippocastanum* L., 35 – *Catalpa bignonioides* Walter, 3 – *Prunus cerasifera* 'Nigra' Aiton, 11 – *Acer platanoides* Globosum L., 135 – *Prunus cerasifera* 'Nigra' Aiton, as well as 230 seedlings of *Syringa vulgaris* L., and 11 seedlings of *Juniperus scopulorum* Sarg.). Best survival rate (100%) showed such species as pedunculate oak (*Quércus róbur* L.), Ginnala maple (*Acer tataricum* subsp. *ginnala* (Maxim.) Wesm.), western thuja (*Thuja occidentalis* L.), horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.), Nigra plum (*Prunus cerasifera* 'Nigra' Aiton), Globosum maple (*Acer platanoides* Globosum L.), common lilac (*Syringa vulgaris* L.), pyramidal poplar (*Populus nigra* L.) and rock juniper (*Juniperus scopulorum* Sarg.). The worst survival rate was shown by catalpa bignonioides (*Catalpa bignonioides* Walter)

- 71.4%. 100% of the planted plants took root only in the Zheleznodorozhny district of the city. The least number of plants (88%) took root in the Central region of Voronezh.

Keywords: *tree species, seedlings, Aesculus hippocastanum, Catalpa bignonioides, Prunus cerasifera 'Nigra', Acer platanoides Globosum, Populus nigra, Tilia cordata, Sorbus aucuparia, Bétula péndula, Quercus robur, Acer platanoides, Acer ginnala, Acer platanoides Drummondii, Thuja occidentalis, Syringa vulgaris, Juniperus scopulorum, green areas, parks and squares, air pollution, soil pollution, park.*

Funding: This study received no external funding.

Acknowledgments: the authors thank the environmental department of the Voronezh urban district for their cooperation, as well as the reviewers for their contribution to the peer review of the article.

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

For citation: Matytsina E. P., Kharchenko N. N., Prokhorova N. L. (2024). Analysis of the survival rate of woody and shrub plants in the urban district of Voronezh. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 14, No. 3 (55), pp. 284-306 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.3/16>.

Received 26.06.2024. **Revised** 04.09.2024. **Accepted** 17.09.2024. **Published online** 11.11.2024.

Введение

В условиях масштабной и стремительной урбанизации огромную роль для поддержания санитарно-гигиенических, рекреационных и декоративно-планировочных функций играют зеленые насаждения, как на озелененных территориях, так и на прочих территориях, в границах городского округа город Воронеж. По мнению А.Р. Tsarev и др. (2019) [8], Р. Edwards, R. Simcock, E. Absalom и G. Diprose (2024) [17] их восстановление и увеличение численности является одной из приоритетных задач для городских экологов.

Управление экологии (г.о. г. Воронеж) вносит большой вклад в охрану окружающей среды города, благоустройства его зеленых зон. В городе дважды в год организовываются масштабные экологические мероприятия – посадка деревьев и кустарников различных пород, которые, как отмечает Е.Б. Мамиева и др. (2022) [1], A. Maison, L. Lugon, S.-J. Park, C. Boissard, A. Faucheux, V. Gros, C. Kalalian, Y. Kim, J. Leymarie, J.-E. Petit, Y. Roustan, O. Sanchez, A. Squarcioni, M. Valari, C. Viatte, J. Vigne-

ron, A. Tuzet и K. Sartelet (2024) [21] выполняют важные функции: санитарно-гигиенические, рекреационные, декоративно-художественные.

В соответствии с действующими нормативами уровень озелененности территории городской застройки должен быть не менее 40%, квартала или микрорайона – не менее 25%¹. S. Belton и др. (2021) [5] констатирует, что норма озелененности может быть сокращена, если жилая застройка примыкает к парку или другой зеленой зоне. Перед координационным Советом по проблемам сохранения зеленого фонда г.о.г. Воронеж поставлена цель увеличения площади озелененных территорий в городском округе. Для этого в перечень зеленых зон ежегодно включаются новые объекты, в результате чего площадь зеленых зон в 2023 году достигла 970 га (380 объектов). На рис. 1 отмечена динамика увеличения количества зеленых зон на территории города Воронежа за период с 2018 года по 2023 год включительно. Из графика видно, что количество зеленых зон города увеличилось на 7% (исходя из значений площади 2018 года - 904,53 га)².

¹СНиП 2.07.01-89 Зарегистрирован Росстандартом в качестве СП 42.13330.2010

²Доклад о природоохранной деятельности городского округа город Воронеж в 2021 году: Управление экологии администрации городского округа город Воронеж / Под редакцией Г.Л. Воробьевой. – Воронеж, 2022. – 65 с.

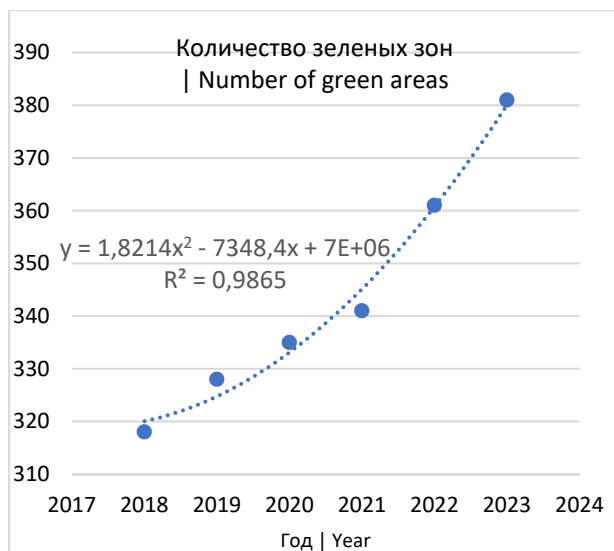


Рисунок 1. Динамика численности зеленых зон на территории г. Воронеж

Figure 1. Dynamics of the number of green areas in the city of Voronezh

Источник: собственная композиция автора

Source: author's own composition

Материалы и методы

Объектами исследований являлись саженцы древесных и кустарниковых пород, высаженные на территории города Воронежа в 2022 году. Все они в возрасте около 5 лет. Общее количество саженцев, за которыми велось наблюдение, составило 1487 штук. Виды растений: каштан конский обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L.), катальпа бигнониевидная (*Catalpa bignonioides* Walter), слива Нигра (*Prunus cerasifera 'Nigra'* Aiton), клен Глобозум (*Acer platanoides Globosum* L.), тополь пирамидальный (*Populus nigra* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill), рябина обыкновенная (*Sorbus*

aucuparia L.), береза бородавчатая (*Bétula péndula* Roth), дуб черешчатый (*Quércus róbur* L.), клен остролиственный (*Acer platanoides* L.), клен Гиннала (*Acer tataricum subsp. ginnala* (Maxim.) Wesm.), клен остролиственный Друммонди (*Acer platanoides Drummondii* L.), туя западная (*Thuja occidentalis* L.), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.) и можжевельник скальный (*Juniperus scopulorum* Sarg.). Предметом исследования является статистический и корреляционный анализ приживаемости исследуемых растений.

Сбор данных

Нами проводилась оценка показателей приживаемости с помощью маршрутного метода – высаженные в 2022 году саженцы древесных и кустарниковых пород фиксировались в журнал наблюдений. В течении одного года с момента пересадки из питомника на городские улицы, велось наблюдение за объектами. С началом нового вегетационного периода был произведен повторный обход территорий и фиксация состояния саженцев. Статистическую обработку результатов исследований осуществляли методом дисперсионного анализа, в результате которого были составлены графики.

V. Ivetic (2019) [14], M. Esperon-Rodriguez, D. Quintans и P. D. Rymer (2023) [25] утверждают, что для анализа состояния окружающей среды подходит методика биотестирования, которая была использована нами в данной работе. Эта методика позволяет оценить качество среды обитания объектов исследования – с участков посадки саженцев были собраны образцы почвы. Полученные образцы очищены от крупных корневых остатков, перемешаны металлическим шпателем.

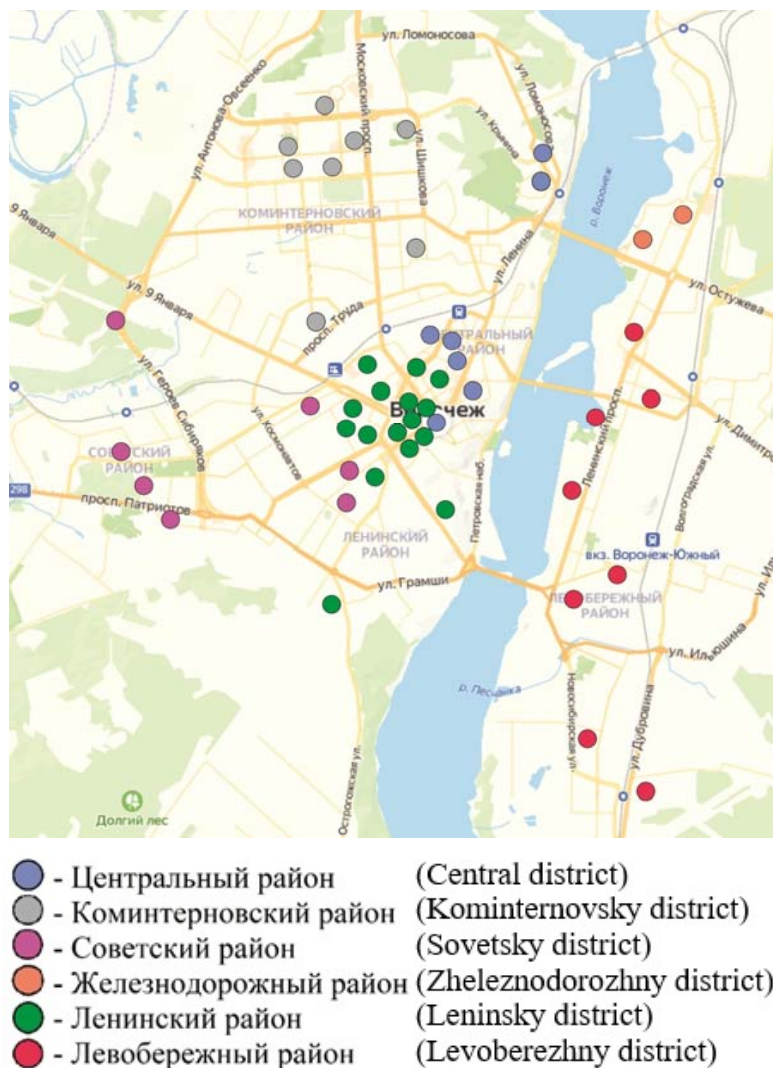


Рисунок 2. Схема расположения объектов исследований (по административным районам городского округа город Воронеж)

Figure 2. Location diagram of research objects (by administrative districts of the Voronezh urban district)

Источник: собственная композиция автора

Source: author's own composition

Увлажненные и перемешанные до состояния негустой пасты собранные образцы почвы (по 60 г.), были помещены в чашки Петри, сверху размещены фильтры с помещенными на них семенами пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Опытные образцы были оставлены на проращивание на 2 суток при температуре 25-26° С. Для контроля на территории УОЛ ВГЛТУ нами была собрана условно чистая почва. По истечению двух суток измерили длину пророщенных корней каждой зерновки пшеницы (*Triticum aestivum* L.), также посчитаны непроросшие семена. Полученные результаты позволили

определить среднюю длину корней взошедших семян, а также разницу по сравнению с контрольным образцом.

Цель нашего исследования заключалась в определении породного состава саженцев древесных и кустарниковых насаждений, высаженных за установленный период, имеющих наилучшую приживаемость при одинаковых условиях посадки и ухода за ними.

В задачи исследования входили следующие виды работ: изучение нормативной документации и

деятельности предприятий, ответственных за мониторинг состояния древесных насаждений города, лесопатологическое обследование выделенных участков с саженцами, а также оценка условий их произрастания, формирование электронной базы и анализ полученных результатов с выводом.

Анализ данных

А.А. Попова (2021) [2], Y. Guo, W. Y. Chen (2024) [16], E. R. Hernandez, P. B. Sy, M. T. Cigunay и R. C. Batac (2024) [22] отмечают, что современные городские древесные насаждения в настоящий момент представляют собой, в подавляющем большинстве, группы искусственно созданных растительных сообществ, сильно разреженных, разных по породному и возрастному составам, структуре и типам насаждения.

В работах А.П. Царева и др. (2023) [3], а также А. J. Moffat, B. Ambrose-Oji, T.-K. Clarke, L. O'Brien и K. J. Doick (2024) [18], отмечено, что растения способны испытывать разнообразные риски. К ним относятся: особенности систем размножения, генетические, ценоотические (которые возникают между конкурирующими видами), зависящие от характеристик местообитаний, а также риски, связанные с природными катаклизмами.

Для предотвращения аварийно-опасных ситуаций, связанных с падением деревьев, управлением экологии городского округа город Воронеж ежегодно выдается около двух тысяч порубочных

билетов, согласующих обрезку или вырубку сухостоя деревьев, а также деревьев с наличием стволовых гиней и критичным наклоном ствола.

В трудах Е.С. Мигуновой (2020) [4], указано, что работы по уходу за существующими зелеными насаждениями необходимы для улучшения общего состояния зеленого фонда города, на которое, как утверждает В.А. Славский и др. (2023) [9], также статистически влияет высадка саженцев деревьев.

В связи с этим на территориях общего пользования и магистральных улицах города за 2022 год была проведена посадка одной тысячи четырехсот восьмидесяти семи крупномерных саженцев деревьев и кустарников с закрытой корневой системой.

Полученные данные были изучены с применением статистических методов обработки данных. При помощи дисперсионного анализа получили средние значения приживаемости саженцев в разных районах города Воронежа. Корреляционный анализ позволил определить зависимость приживаемости катальпы бигнониевидной (*Catalpa bignonioides* Walter) от качества почвы и степени ее кислотности. Анализ произвели при помощи программы «Tableau». Схема расположения исследуемых объектов построена при помощи графической программы «CorelDRAW».

В табл. 1 приведен породный состав древесных и кустарниковых видов растений, высаженных в районах города.

Таблица 1

Виды высаженных саженцев кустарников и деревьев по районам города

Table 1

Types of planted seedlings of shrubs and trees by city districts

Наименование Name	Ленинский район Leninsky district	Центральный район Central district	Железнодорожный район Zheleznodorozhny district	Советский район Sovetsky district	Коминтерновский район Kominternovskiy district	Левобережный район Levoberezhny district	Итого Total
Липа мелколистная (<i>Tilia cordata</i> Mill)	155	44	5	95	100	96	495
Рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i> L.)	9	14	10	20	30	80	163

Береза бородавчатая (<i>Bétula péndula</i> Roth)	-	-	-	10	-	-	10
Дуб черешчатый (<i>Quércus róbur</i> L.)	-	4	-	-	-	-	4
Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i> L.)	103	59	7	40	75	50	334
Клен Гиннала (<i>Acer tataricum subsp. ginnala</i> (Maxim.) Wesm.)	-	7	-	-	-	-	7
Клен остролистный Друммонди (<i>Acer platanoides Drummondii</i> L.)	-	5	-	-	-	-	5
Туя западная (<i>Thuja occidentalis</i> L.)	-	9	-	-	-	-	9
Каштан конский обыкновенный (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)	-	-	5	30	-	-	35
Катальпа бигнониевидная (<i>Catalpa bignonioides</i> Walter)	-	10	-	25	-	-	35
Слива Нигра (<i>Prunus cerasifera 'Nigra'</i> Aiton)	-	3	-	-	-	-	3
Клен Глобозум (<i>Acer platanoides Globosum</i> L.)	-	-	-	11	-	-	11
Сирень обыкновенная (<i>Syringa vulgaris</i> L.)	-	-	-	-	-	230	230
Тополь пирамидальный (<i>Populus nigra</i> L.)	-	-	40	-	30	65	135
Можжевельник скальный (<i>Juniperus scopulorum</i> Sarg.)	-	11	-	-	-	-	11
Всего Total	267	166	67	231	235	521	1487

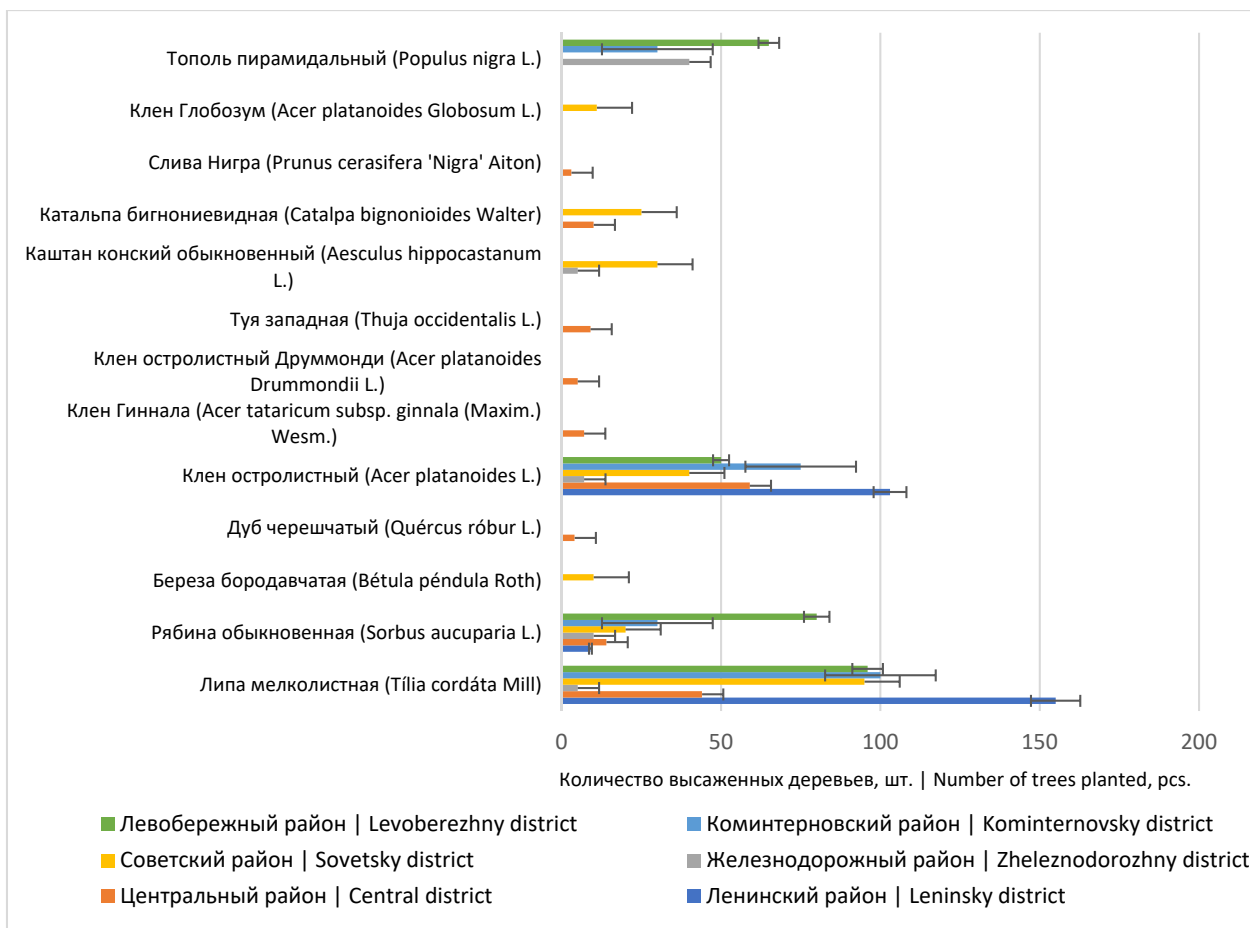


Рисунок 3. Сравнительный анализ высаженных древесных видов по районам города за 2022 год
 Figure 3. Comparative analysis of planted tree species by city district for 2022

Источник: собственная композиция автора
 Source: author's own composition



Рисунок 4. Сравнительный анализ высаженных кустарников по районам города за 2022 год
 Figure 4. Comparative analysis of planted shrubs by city district for 2022

Источник: собственная композиция автора
 Source: author's own composition

Из таблицы видно, что в Левобережном районе г. Воронежа высаживалось наибольшее количество саженцев древесных и кустарниковых растений, а наименьшее количество – в Железнодорожном. Виды-интродуценты были высажены в Центральном и Совестком районах города в количестве 45 и 36 штук соответственно.

На диаграммах рис. 3 и 4 представленных ниже, приведены данные сравнительного анализа высаженных древесных видов и кустарниковых видов по районам города за 2022 год.

Из диаграмм видно, что из древесных видов саженцев в подавляющем большинстве высаживались липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill) и клен остролистный (*Acer platanoides* L.), а из кустарников – сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.).

Для проведения комплекса агротехнических мероприятий, которые, как отмечает X. Sun, Y. Qiu, H. Qi, W. Lu, J. Tian, S. Chen и Y. Xu (2024) [24] направлены на создание устойчивых, декоративных насаждений, а также проведения работ по уходу за зелеными насаждениями города Воронеж существует несколько организаций: муниципальное бюджетное учреждение «Зеленхоз» и муниципальное казенное предприятие «ЭкоЦентр» - ответственные за парки и скверы г. Воронежа. По районам города – управы районов городского округа. Контроль исполнения постановления администрации городского округа город Воронеж от 11.06.2014 № 487 «Об утверждении Порядка проведения работ по вырубке и посадке древесно-кустарниковых насаждений, устройству газонов и цветников, осуществлению уходных работ за ними на территории городского округа город Воронеж», а именно, пункта 3.1 о содержании деревьев и кустарников, в т.ч. ведется Управлением экологии г.о. г. Воронеж с регулярными фотоотчетами о проведенной работе.

В течение всего вегетационного периода проводятся работы на объектах озеленения. Такими научными деятелями как K. Anamthawat-Jonsson (2019) [10] и K. Shiraiishi и T. Terada (2024) [20] отмечалось, что работы по посадке зеленых насаждений должны производиться с учетом определенных правил. В соответствии с прописанными требованиями в муниципальном контракте Управления экологии и подрядчика, технологический процесс состоит

в следующем: саженцы должны быть адаптированы к климатическим условиям средней полосы России. Многие авторы (B. Thapa, L. Darling, D.H. Choi, C.M. Ardohain, A. Firoze, D.G. Aliaga, B.S. Hardiman и S. Fei (2024) [11]) обращают внимание на то, что категорически запрещается высаживать деревья слаборазвитые, с нестандартными кронами (однобокими, сплюснутыми и пр.), с искривлениями ствола, с признаками заселения и поражения опасными вредителями и болезнями, наличием ран, язв, опухолей, некрозов на коре, с повреждениями кроны и штамба механического и патологического происхождения. Корневые комья должны быть прочными и способными сохранить целостность в период от выкопки до посадки. Они должны быть хорошо пронизаны корнями и соответствующим образом упакованы. Корневые комья размером в диаметре от 60 см должны быть упакованы дополнительно неоцинкованной проволочной сеткой или деревянным коробом.

Посадка саженцев осуществляется с 25% заменой грунта и внесением органико-минеральных удобрений. Саженец должен быть высажен таким образом, чтобы после осадки грунта корневая шейка оказалась на уровне поверхности земли, после посадки устраиваются приствольные лунки. Саженцы деревьев лиственных пород после посадки подвязываются к 3-м установленным в ямы кольям высотой 2,2 м (высота над уровнем земли – 1,7 м. Для фиксации деревьев к опорам применяется прочная и эластичная полиэстеровая лента шириной 5 см.

После посадки саженцы деревьев и кустарников обильно поливаются водой, осевшую после первого полива землю подсыпают на следующий день и вторично поливают растения.

Проведение работ по уходу за саженцами проводятся с заполнением актов выполненных работ, фотофиксацией и фиксацией системой ГЛОНАСС каждого мероприятия:

- рыхление и прополка приствольных лунок – 8 раз (4 раза в год).
- полив саженцев – 40 раз (20 раз в год) в зависимости от погодных условий, из расчета:
- 40 л воды на дерево;
- 20 л воды на погонный метр кустарников (при однорядной посадке);

- из расчета 10 л воды на 1 кустарник с закрытой корневой системой.

Несмотря на выполнение всех требований для сохранения выживаемости саженцев, некоторые из них не приживаются. В случае выявления факта усыхания саженцев производится замена посадочного материала.

Для нашей работы наибольший интерес представляет изучение зависимости усыхания саженцев одних видов деревьев, роста и развития других видов, при наличии одинакового комплекса проводимых мероприятий по уходу за ними. Как отмечают Y. Yang, Y. Xu, Y. Duan, Y. Yang, S. Zhang, Y. Zhang, Y. Xie (2023) [23], это является свидетельством того факта, что виды с высоким показателем

приживаемости лучше приспосабливаются к агрессивной городской среде.

За период исследований были выполнены работы по инвентаризации саженцев и проведена оценка состояния, для выявления нежизнеспособных экземпляров. Полученные результаты были сведены в таблицы и статистически обработаны с помощью программы Excel. В табл. 2 представлена количественная оценка усохших саженцев деревьев, посаженных в 2022 году на территории города.

Результаты

Полученные результаты в ходе повторного обследования саженцев в 2023 году, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Количественные показатели усохших саженцев древесных пород, высаженных в 2022 году

Table 2

Quantitative indicators of dried seedlings of tree species planted in 2022

Наименование	Ленинский район Leninsky district	Центральный район Central district	Железнодорожный район Zhelezno dorozhny district	Советский район Sovetsky district	Коминтерновский район Kominternovskiy district	Левобережный район Levo-berezhny district	Итого Total
Липа мелколистная (<i>Tilia cordata</i> Mill)	1	3	0	4	0	0	8
Рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i> L.)	0	0	0	1	0	1	2
Береза бородавчатая (<i>Betula pendula</i> Roth)	-	-	-	1	-	-	1
Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i> L.)	-	0	-	-	-	-	0
Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i> L.)	6	6	0	1	1	0	14
Клен Гиннала (<i>Acer tataricum subsp. ginnala</i> (Maxim.) Wesm.)	-	0	-	-	-	-	0
Клен остролистный Друммонди (<i>Acer platanoides Drummondii</i> L.)	-	1	-	-	-	-	1
Туя западная (<i>Thuja occidentalis</i> L.)	-	0	-	-	-	-	0
Каштан конский обыкновенный (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)	-	0	0	0	-	-	0

Катальпа бигнониевидная (<i>Catalpa bignonioides</i> Walter)	-	10	-	0	-	-	10
Слива Нигра (<i>Prunus cerasifera</i> 'Nigra' Aiton)	-	0	-	-	-	-	0
Клен Глобозум (<i>Acer platanooides</i> <i>Globosum</i> L.)	-	-	-	0	-	-	0
Сирень обыкновенная (<i>Syringa</i> <i>vulgaris</i> L.)	-	-	-	-	-	0	0
Тополь пирамидальный (<i>Populus nigra</i> L.)	-	-	0	-	0	-	0
Можжевельник скальный (<i>Juniperus scopulorum</i> Sarg.)	-	0	-	-	-	-	0
Всего Total	7	20	0	7	1	1	36

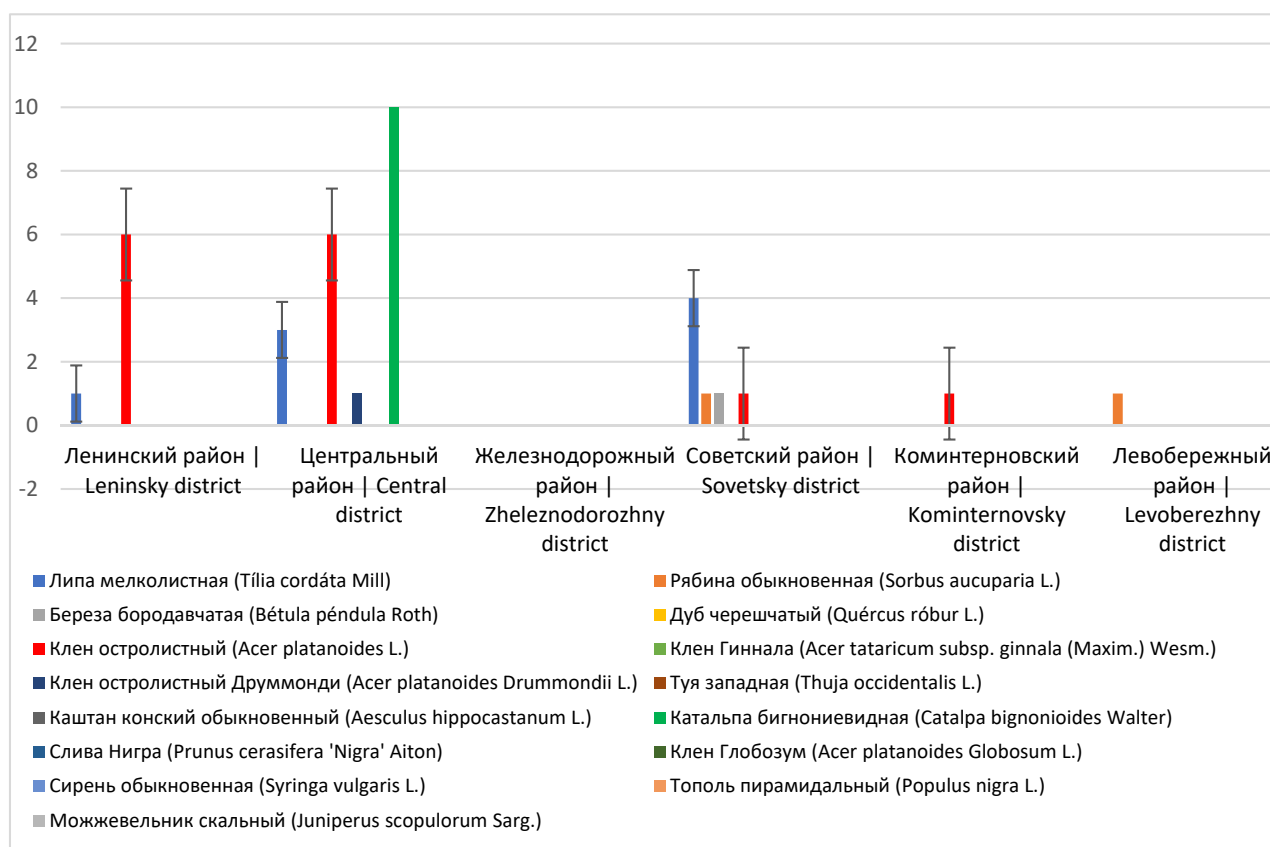


Рисунок 5. Сравнительный анализ усохших саженцев, высаженных в 2022 году

Figure 5. Comparative analysis of shriveled seedlings planted in 2022

Источник: собственная композиция автора

Source: author's own composition

Из таблицы видно, что наибольшее количество саженцев погибло в Центральном районе города, при чем, более половины этих саженцев явля-

ются интродуцированными видами (1 клен остролистный Друммонди (*Acer platanoides Drummondii* L.) и 10 катальп бигнониевидных (*Catalpa*

bignonioides Walter). Лучшие показатели приживаемости саженцев показали Железнодорожный район (ни одного усохшего саженца), Коминтерновский и Левобережный районы (по одному усохшему саженцу в каждом), где были высажены только устойчивые к антропогенному влиянию аборигенные виды растений.

На диаграмме рис. 5 представлен сравнительный анализ усохших саженцев, высаженных в 2022 году

Проведенный сравнительный анализ полученных значений, представленных в табл. 1 и в табл. 2, позволяет сделать вывод о приживаемости растений по районам и по отдельным видам.

В табл. 3 и 4 приведены данные по приживаемости растений в процентном соотношении.

Таблица 3

Приживаемость саженцев по районам г. Воронежа

Table 3

Percentage of survival rate of seedlings by districts of Voronezh

№ п/п (No.)	Название района (District name)	Приживаемость, % (Survival rate, %)
1	Железнодорожный район (Zheleznodorozhny district)	100
2	Левобережный район (Levoberezhny district)	99,8
3	Коминтерновский район (Kominternovsky district)	99,6
4	Ленинский район (Leninsky district)	97,4
5	Советский район (Sovetsky district)	97
6	Центральный район (Central district)	88
Средний % по городу (Average percentage for the city)		97

Таблица 4

Средняя приживаемость саженцев растений по видам

Table 4

Survival rate of plant seedlings by type

Наименование Name	Средняя приживаемость, % Average survival rate, %
Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i> L.)	100
Клен Гиннала (<i>Acer tataricum subsp. ginnala</i> (Maxim.) Wesm.)	100
Туя западная (<i>Thuja occidentalis</i> L.)	100
Каштан конский обыкновенный (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)	100
Слива Нигра (<i>Prunus cerasifera 'Nigra'</i> Aiton)	100
Клен Глобозум (<i>Acer platanoides Globosum</i> L.)	100
Сирень обыкновенная (<i>Syringa vulgaris</i> L.)	100
Тополь пирамидальный (<i>Populus nigra</i> L.)	100
Можжевельник скальный (<i>Juniperus scopulorum</i> Sarg.)	100
Рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i> L.)	98,8
Липа мелколистная (<i>Tilia cordata</i> Mill)	98,4
Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i> L.)	95,8
Береза бородавчатая (<i>Betula pendula</i> Roth)	90
Клен остролистный Друммонди (<i>Acer platanoides Drummondii</i> L.)	80
Катальпа бигониевидная (<i>Catalpa bignonioides</i> Walter)	71,4

Относительно каталып бигнониевидных (*Catalpa bignonioides* Walter) интересен тот момент, что все эти деревья располагаются в одной локации. Анализируя имеющиеся данные из сторонних источников и проведя собственное исследование методом биотестирования мы выяснили, что кислотность почвы в месте посадки 10 усохших саженцев (ул. Березовая роща) не соответствует почвенным требованиям растения.

Для определения токсичности почвы в качестве негативного фактора, который, по оценке U. Sharma, H. P Sankhyan и A. Kumari (2024) [13], отрицательно влияет на приживаемость, проведены ла-



Рисунок 6. Пророщенные семена пшеницы (*Triticum aestivum* L.) на 7 день после начала лабораторных исследований. Слева – образцы УОЛ ВГЛТУ, справа – ул. Березовая роща
 Figure 6. Sprouted wheat seeds (*Triticum aestivum* L.) on the 7th day after the start of laboratory studies. On the left - samples of Educational and experimental forestry enterprise of Voronezh State Forestry University, on the right - st. Birch Grove
 Источник: собственная композиция автора
 Source: author's own composition

бораторные исследования биотестирования образцов почвы, по показателям энергии прорастания и всхожести семян. В качестве биоиндикатора использовали семена пшеницы (*Triticum aestivum* L.).

По результатам всхожести почвенные образцы, собранные в учебно-опытном лесхозе ВГЛТУ, опережают образцы, собранные на территории ул. Березовая роща, на 22% (74% и 52% соответственно), а средняя длина корня образцов УОЛ ВГЛТУ равняется 0,87 см, в то время как средняя длина корня образцов, взятых с улицы Березовая роща – 0,56 см. Это является показателем фитотоксичности почвы.

Обсуждение

Результаты исследований показали, что в Левобережном и Железнодорожном районах приживаемость выше, так как на данной территории были высажены наиболее газоустойчивые породы.

В Центральном районе приживаемость оказалась ниже, так как высаженные породы, в основном, интродуцированные виды, не полностью адаптированные к климатическим условиям изучаемой местности (город Воронеж), а также с наличием факторов, негативно влияющих на «переселенцев», которые, как отмечает S.S. Popova (2023) [6], изменяют их количественные и качественные характеристики. Немалую роль возрастающая с каждым годом антропогенная нагрузка.

В Советском и Ленинских районах, несмотря на соблюдение всех мер по уходу за высаженными растениями, приживаемость оказалась ниже. Причиной такой ситуации является интенсивный рост жилых массивов в районе высадки, а также, высокая автотранспортная нагрузка, что подтверждается работами R. Sousa-Silva, T. Lambry, E. Cameron, M. Belluau, A. Paquette (2023) [19], (рис. 9)

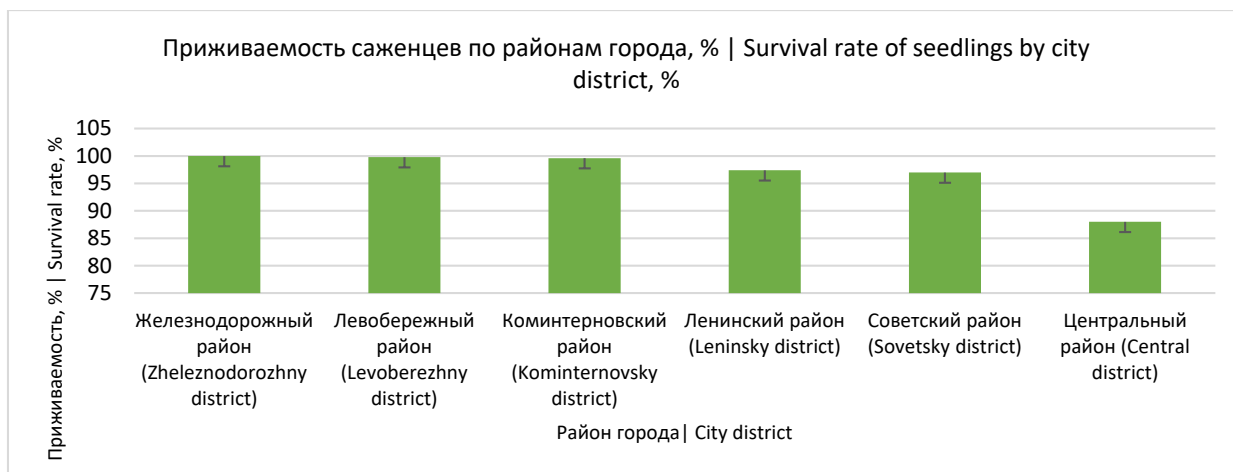


Рисунок 7. Сравнительный анализ приживаемости саженцев, высаженных в 2022 году, по районам города
 Figure 7. Comparative analysis of the survival rate of seedlings planted in 2022 by city district

Источник: собственная композиция автора

Source: author's own composition

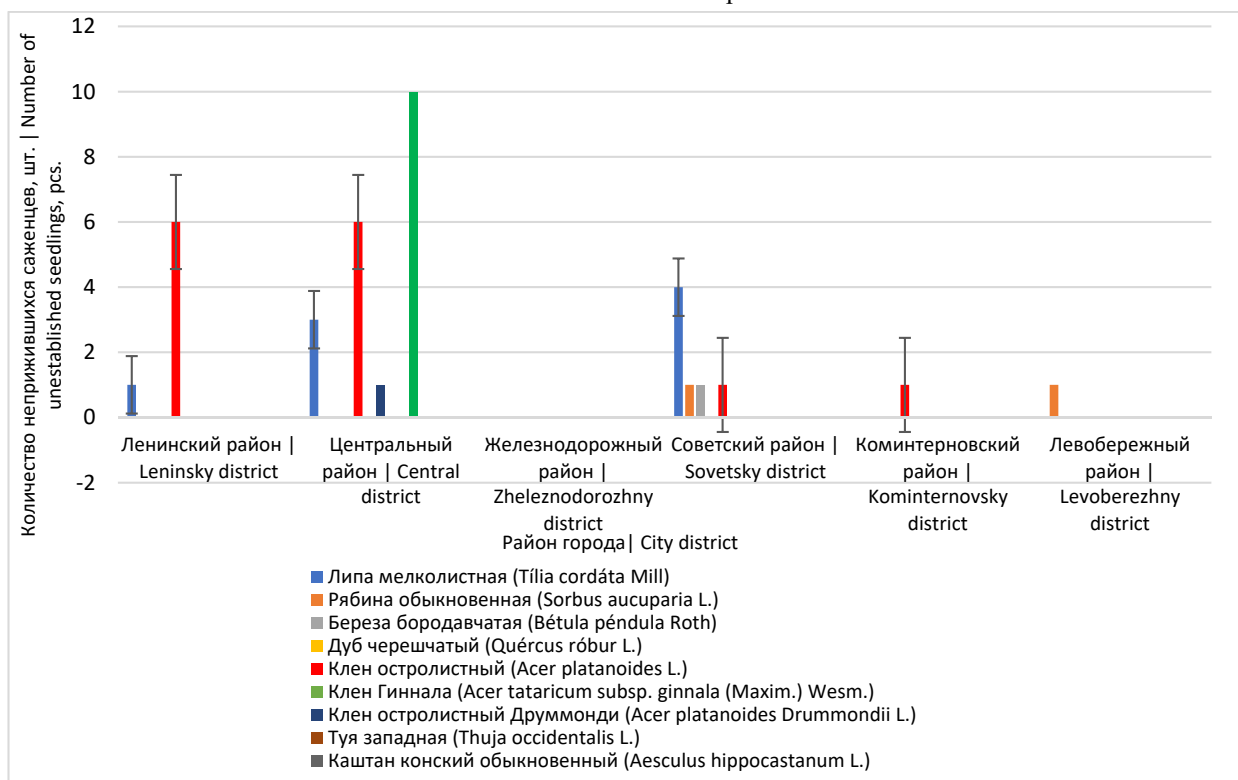


Рисунок 8. Сравнительный анализ приживаемости саженцев, высаженных в 2022 году, по видовому составу
 Figure 8. Comparative analysis of the survival rate of seedlings planted in 2022 by species composition

Источник: собственная композиция автора

Source: author's own composition

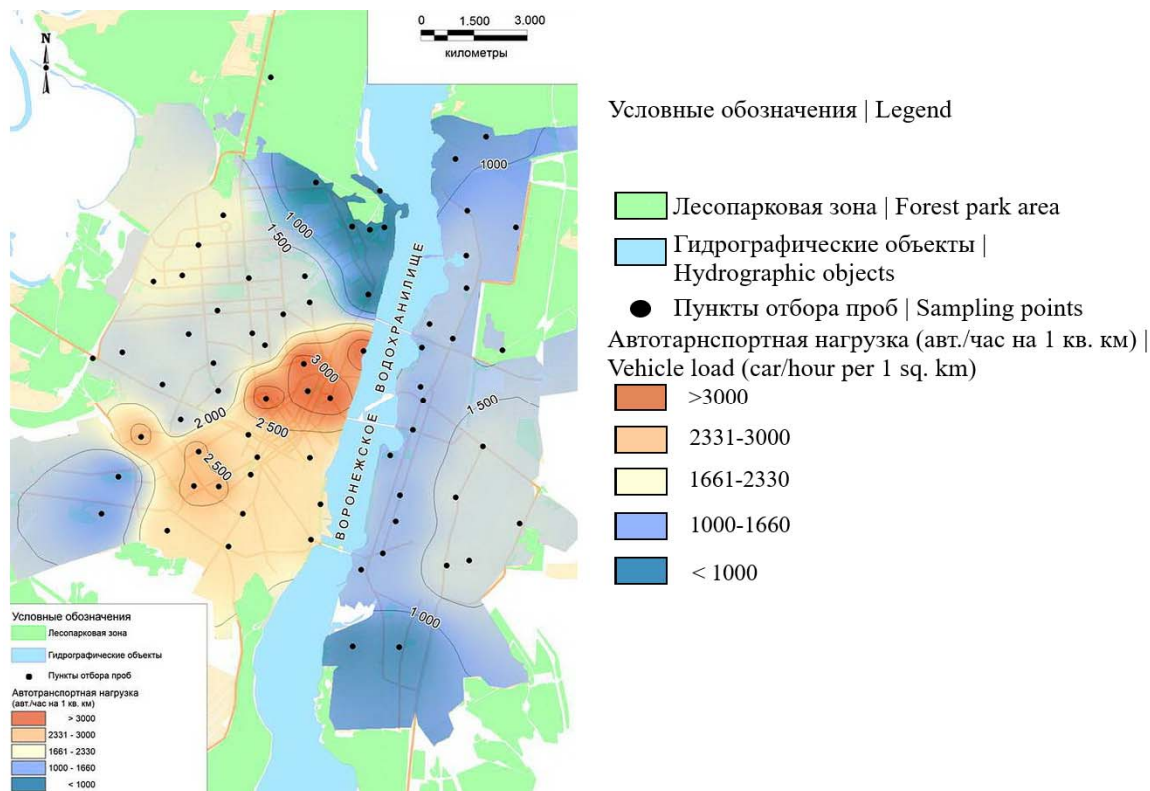


Рисунок 9. Суммарная (площадная) автотранспортная нагрузка на городскую среду

Figure 9. Total (area) traffic load on the urban environment

Источник: Медико-экологический атлас Воронежской области : монография / С.А. Куролап [и др.].

Воронеж: Истоки, 2010. 167 с.

Source: Medical and environmental atlas of Voronezh

Наиболее устойчивыми породами являются: дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), клен Гиннала (*Acer tataricum subsp. ginnala* (Maxim.) Wesm.), туя западная (*Thuja occidentalis* L.), каштан конский обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L.), слива Нигра (*Prunus cerasifera 'Nigra'* Aiton), клен Глобозум (*Acer platanoides Globosum* L.), тополь пирамидальный (*Populus nigra* L.) и многоствольный лиственный кустарник – сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.).

Худшие показатели приживаемости наблюдаются у клена остролистного Друммонди (*Acer platanoides Drummondii* L.) и катальпы бигнониевидной (*Catalpa bignonioides* Walter).

Интересным здесь является момент приживаемости катальпы бигнониевидной (*Catalpa bignonioides* Walter), высаженной в Центральном (ул. Березовая роща) и Советском районе города (ул.

Космонавта Комарова) в один период. В Центральном районе ни один саженец катальпы не прижился, а в Советском, наоборот, прижились все высаженные саженцы катальпы бигнониевидной (*Catalpa bignonioides* Walter)). При этом, саженцы были привезены из одного питомника (г.Москва), высажены в один период (весенний), одной уполномоченной подрядной организацией, которая и осуществляла последующий уход за саженцами, согласно графику поливов и работ по уходу.

Для выявления причины данной аномалии нами был использован Медико-экологический атлас города Воронежа, разработанный Воронежским государственным университетом, а также собственные исследования.

Анализ полученных данных по обследованию воздушного бассейна показал, что преобладающими поллютантами являются - диоксид серы (SO₂),

оксид углерода (CO) и твердые частицы. Самые высокие концентрации веществ отмечены около Вогрэзовского моста - в окрестностях завода «СИБУР» (Левобережный район) и на территории транспортной развязки ул. Грамши – Перовская набережная – 20-летия Октября (Ленинский район). Наименьшее

количество загрязняющих веществ отмечено в микрорайоне "Отрожка" Железнодорожный район), районе ВГАУ, ВГЛТУ (Центральный район), а также на территории Ленинского района (частный сектор с небольшой транспортной загруженностью) и Советского (район парка Танаис и лесопарка «Оптимистов») (рис. 10).

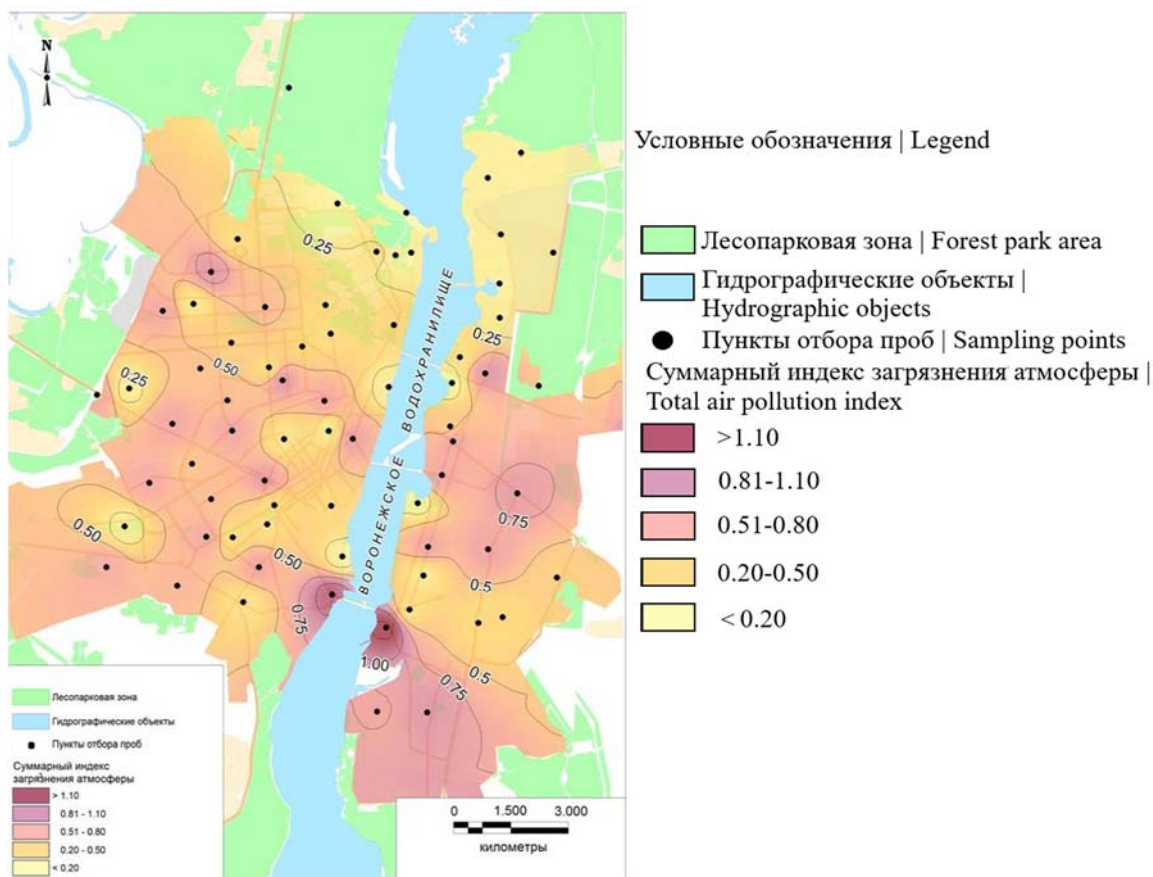


Рисунок 10. Загрязнение воздушного бассейна городского округа город Воронеж

Figure 10. Air pollution in the Voronezh urban district

Источник: Медико-экологический атлас г. Воронежа¹

Source: Medical and environmental atlas of Voronezh

Как можем заметить, на участках улиц Коммунальщика Комарова и ул. Березовая роза состояние воздушного бассейна одинаково хорошее (0,020-0,050 мг при ПДК 0,2 мг).

Опираясь на данные проведенных исследований и материала литературного обзора, проведен

анализ состояния почв на территории города Воронежа по уровню кислотности pH и загрязнению нефтепродуктами.

В результате установлено, что кислотность почв варьируется от менее 5 pH до более 8 pH, то есть от среднекислых и близких к нейтральным. При этом, 5 pH наблюдается в большей части Советского

¹Медико-экологический атлас Воронежской области : монография / С.А. Куролап [и др.]. – Воронеж: Истоки, 2010. – 167 с.

района, Коминтерновского района (участок, ограниченный улицами 45 стрелковой дивизии – ул. Шишкова – ул. Антонова-Овсенко) и часть Центрального – район ВГАУ и ВГЛТУ). Уровень кислотности 8 рН наблюдается в районе улиц: Шишкова, Осту-

жева, Артамонова (микрорайон Отрожка), Волгоградская (микрорайон ВАИ), развязка ул. Грамши – Петровская набережная – ул. 20-летия Октября, а также улиц Ворошилова, Донбасская и Героев Сибириков (см. рис. 11).

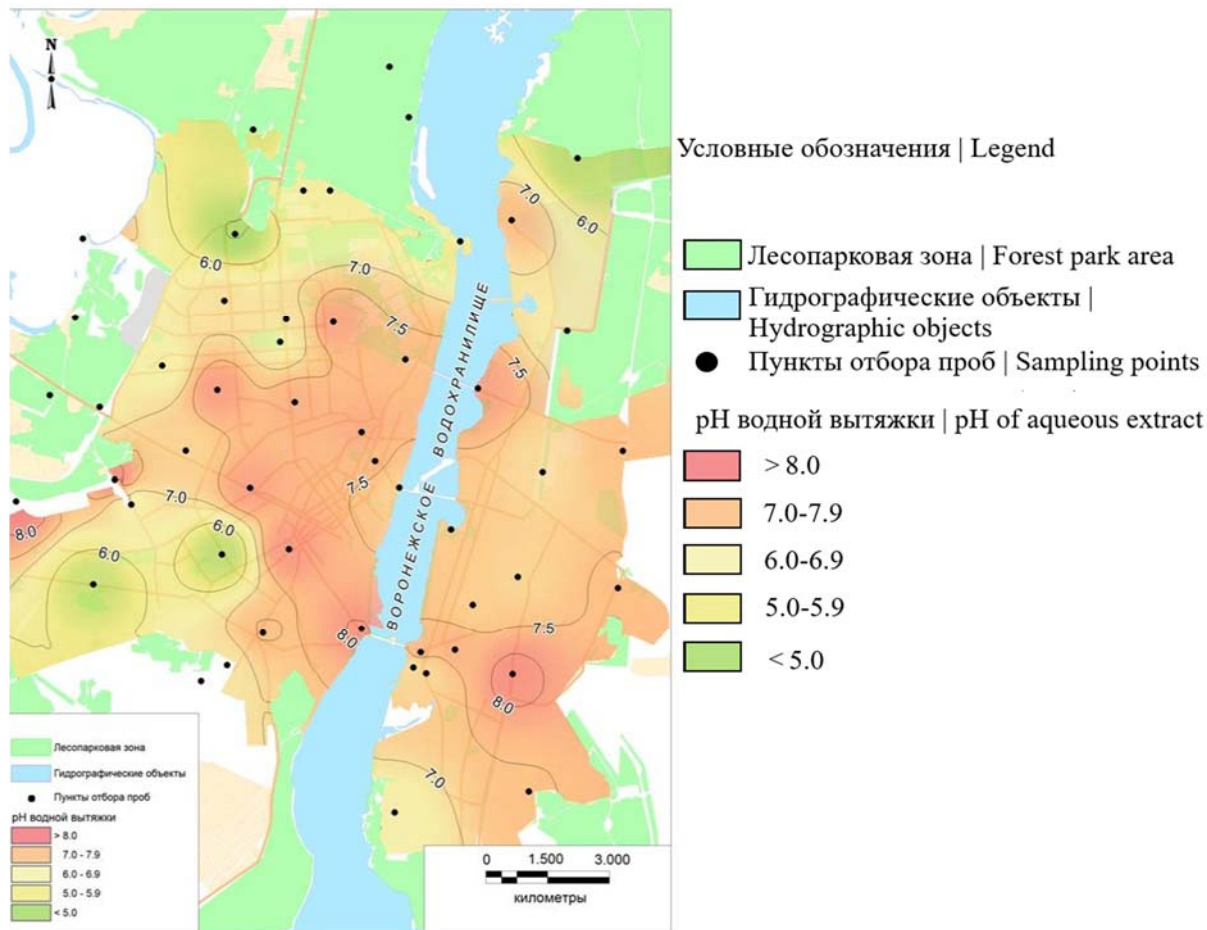


Рисунок 11. Состояние почвенного покрова по показателям рН водной вытяжки

Figure 11. Condition of the soil cover according to the pH of the water extract

Источник: Медико-экологический атлас г. Воронежа¹

Source: Medical and environmental atlas of Voronezh

Данные по загрязнению почвы нефтепродуктами свидетельствуют о том, что в зонах рекреации (парк «Алые паруса», «Дельфин» и др), концентрация загрязняющих веществ наиболее низкие. Некоторые улицы Коминтерновского района (Генерала Лизюкова, Шишкова и др.), участки Центрального

района (ул. Ломоносова), а также участки улиц Черепанова и Героев Стратосферы Левобережного района расположены в относительно чистой зоне города. Высокие концентрации нефтепродуктов отмечены на участках улиц 20-летия Октября, Матросова, Волгоградская и микрорайоне «Отрожка» (рис. 12).

¹Медико-экологический атлас Воронежской области : монография / С.А. Куролап [и др.]. – Воронеж: Истоки, 2010. – 167 с.

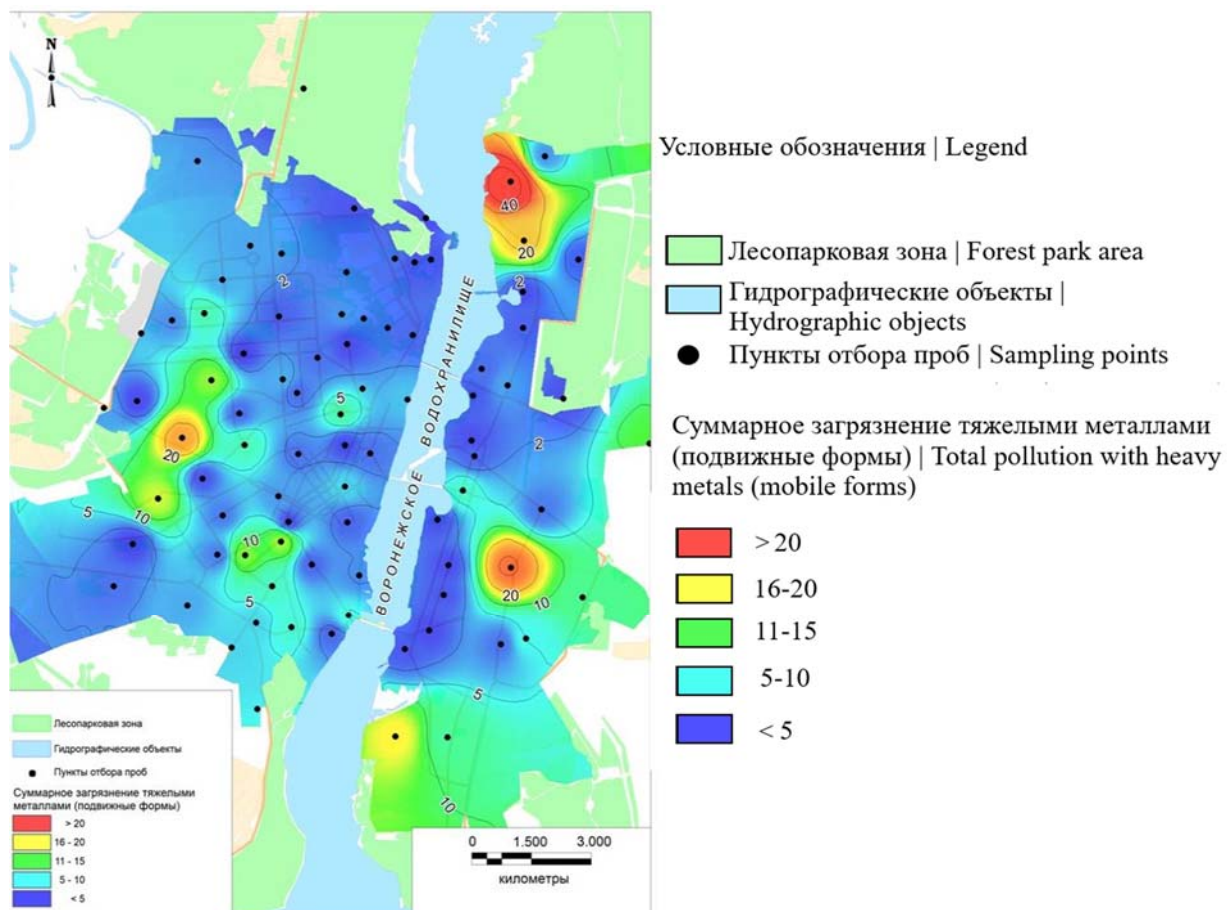


Рисунок 12. Загрязнение почвенного покрова нефтепродуктами

Figure 12. Soil contamination with petroleum products

Источник: Медико-экологический атлас г. Воронежа¹

Source: Medical and environmental atlas of Voronezh

¹Медико-экологический атлас Воронежской области : монография / С.А. Куролап [и др.]. – Воронеж: Истоки, 2010. – 167 с.

Проанализировав представленные рисунки можно увидеть, что в то время, как загрязнение нефтепродуктами на улице Космонавта Комарова и улице Березовая роща относительно одинаково, то по состоянию pH - заметно отличаются друг от друга. В районе улицы Березовая Роща, pH почвы колеблется от 7,0 до 7,5, а в Советском районе – от 6,0 до 7,0. Это вполне могло повлиять на приживаемость катальпы бигнониевидной (*Catalpa bignonioides* Walter), так как катальпа, как отмечают E. M. Willis, A. K. Koeser, M. Clarke, G. Hansen, D. R. Hilbert, M. G. Lusk, L. A. Roman и L. A. Warner [7] предпочитает влажные, глубокие, хорошо дренированные почвы с pH от 5,5 до 7,0.

Заключение

На территории городского округа город Воронеж в 2022 году были высажены 1487 саженцев древесных и кустарниковых растений. Все кустарниковые виды (сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.) и можжевельник скальный (*Juniperus scopulorum* Sarg.)) отличились 100% приживаемостью. Древесные же растения прижились хуже.

Несмотря на то, что средняя приживаемость по городу достаточно высока – 97%, из общей массы саженцев особо выделяется катальпа бигнониевидная (*Catalpa bignonioides* Walter), у которой худший показатель приживаемости – 10 из посаженных 35 растений не прижились на месте посадки.

В связи с вышесказанным целесообразно рекомендовать профильным организациям, планировать и проектировать посадку саженцев на территории города с учетом автотранспортной нагрузки (в особо загруженных участках рекомендуется сажать наиболее газоустойчивые породы), а также учитывать требования к почвенному составу саженцев-интродуцентов.

Проведенные исследования подтверждают необходимость дальнейших наблюдений за саженцами, для выявления неблагоприятных факторов, влияющих на рост и развитие растений в условиях городской среды. Для получения более достоверных результатов разработана программа и поставлены задачи дальнейших исследований.

Список литературы

1. Мамиева, Е. Б. Оценка устойчивости фотосинтетического аппарата липы мелколистной *Tilia Cordata* Mill. в градиенте техногенного загрязнения г. Владикавказ / Е. Б. Мамиева, Л. В. Ширнина, В. Т. Попова // Лесотехнический журнал. 2022. 12. (2): 30–42. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/3>. URL: <https://www.elibrary.ru/nbzpau>.
2. Попова, А. А. Современная геносистематика и биологические особенности естественно растущих и интродуцированных видов рода *Quercus* / А. А. Попова, В. В. Молчанов, Е. А. Радькова // Лесотехнический журнал. 2021. 11. (1): 5–23. DOI: [10.34220/issn.2222-7962/2021.1/1](https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.1/1). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44938459>.
3. Новые межсекционные гибриды настоящих тополей *Europulus* L. / А. П. Царев, Р. П. Царева, В. А. Царев, Е. А. Мякотникова, Р. В. Момот // Лесотехнический журнал. 2023. 13 (1): 5–22. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/1>. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53814686>.
4. Мигунова, Е. С. Лесная типология и ботаника. Экологическая оценка факторов природной среды / Е. С. Мигунова // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2020. 24 (4): 65-81. DOI: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-4-65-81>. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43777372>.
5. Belton S., Cubry P., Fox E., Kelleher C. T. Novel Post-Glacial Haplotype Evolution in Birch – A Case for Conserving Local Adaptation. Forests. 2021; 12,1246. DOI: <https://doi.org/10.3390/f120912>.
6. Popova, S. S. On the issue of the negative impact of urban environmental factors on the plant components of the ecosystem of botanical gardens (on the example of the botanical garden Named after B.M. Kozov-Polyansky, Voronezh state University, Voronezh C.) / S. S. Popova, N. L. Prokhorova // Practice Oriented Science: UAE - RUSSIA - INDIA : Proceedings of the International University Scientific Forum, UAE, 27 января 2023 года. – UAE: Инфинити, 2023: 255-261. DOI: <https://doi.org/10.34660/INF.2023.58.82.086>.
7. Elise M. Willis, Andrew K. Koeser, Mysha Clarke et al. Greening development: Reducing urban tree canopy loss through incentives. Urban Forestry & Urban Greening. 2024; 91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128184>.

8. Tsarev A.P., Tsareva R.P., Tsarev V.A. Poplar testing and breeding in the Central Chernozem region of Russia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 392. 2019. DOI: <http://doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/0122010>.
9. Изучение взаимосвязи между параметрами рельефа местности и условиями произрастания насаждений в Воронежской области / В. А. Славский, Д. А. Литовченко, А. В. Мироненко, Н. Н. Харченко, Е. В. Титов, З. Говедар // *Лесотехнический журнал*. 2023; 13 (1): 146-161. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/10>. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53814695>.
10. Anamthawat-Jónsson K. Hybrid introgression: the outcomes of gene flow in birch. *Science Asia*. 2019; 45: 203–211. DOI: <http://doi:10.2306/scienceasia1513-1874>.
11. B. Thapa, L. Darling, D.H. Choi, C.M. Ardohain, A. Firoze, D.G. Aliaga, B.S. Hardiman, S. Fei. Application of multi-temporal satellite imagery for urban tree species identification. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2024; 98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128409>.
12. Benno A. Augustinus, Meinrad Abegg, Valentin Queloz, Eckehard G. Brockerhoff. Higher tree species richness and diversity in urban areas than in forests: Implications for host availability for invasive tree pests and pathogens. *Landscape and Urban Planning*. 2024; 98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2024.105144>.
13. Sharma U., Sankhyan H. P., Kumari A. et al. Genomic selection: a revolutionary approach for forest tree improvement in the wake of climate change. *Euphytica* 220. 2024; 9. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-023-03263-5>.
14. Ivetić V. et al. The role of forest reproductive material quality in forest restoration // *Forestry Engineering Journal*. 2019; 9 (2): 56-65. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2019.2/7>.
15. Zijie Zhou, Junhong Fu, Yiqiang Xiao. Risk of wind destruction to urban trees: Prediction workflow and relative importance of influencing factors. *Sustainable Cities and Society*. 2024; 112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105600>.
16. Yasong Guo, Wendy Y. Chen. Monitoring tree canopy dynamics across heterogeneous urban habitats: A longitudinal study using multi-source remote sensing data. *Journal of Environmental Management*. 2024; 356. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120542>.
17. Peter Edwards, Robyn Simcock, Eleanor Absalom, Gradon Diprose. Human impacts on the wellbeing of urban trees in Wellington, New Zealand. *Societal Impacts*. 2024; 3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.socimp.2024.100045>.
18. Andy J. Moffat, Bianca Ambrose-Oji, Toni-Kim Clarke, Liz O'Brien, Kieron J. Doick. Public attitudes to urban trees in Great Britain in the early 2020s. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2024; 91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128177>.
19. Rita Sousa-Silva, Tristan Lambry, Elyssa Cameron, Michaël Belluau, Alain Paquette. Urban forests – Different ownership translates to greater diversity of trees. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2023; 88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128084>.
20. Kinya Shiraishi, Toru Terada. Tokyo's urban tree challenge: Decline in tree canopy cover in Tokyo from 2013 to 2022. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2024; 97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128331>.
21. Alice Maison, Lya Lugon, Soo-Jin Park et al. Contrasting effects of urban trees on air quality: From the aerodynamic effects in streets to impacts of biogenic emissions in cities. *Science of The Total Environment*. 2024; 946. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174116>.
22. Edward Russel Hernandez, Patricia Breanne Sy, Michelle T. Cirunay, Rene C. Batac. Power-law distributions of urban tree cover. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 2024; 643. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2024.129779>.
23. Yixuan Yang, Yan Xu, Yusen Duan et al. How can trees protect us from air pollution and urban heat? Associations and pathways at the neighborhood scale. *Landscape and Urban Planning*. 2023; 236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104779>.
24. Xinyu Sun, Yijun Qiu, Huijun Qi, et al. Improving the ecological benefits evaluation on urban street trees: Development of a living vegetation volume quantifying framework with multi-source data. *Ecological Indicators*. 2024; 158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111367>.

25. Manuel Esperon-Rodriguez, Desi Quintans, Paul D. Rymer. Urban tree inventories as a tool to assess tree growth and failure: The case for Australian cities. *Landscape and Urban Planning*. 2023; 233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104705>.

References

1. Mamieva, E. B. SHirina, L.V. Popova, V.T. (2022) *Ocenka ustojchivosti fotosinteticheskogo apparata lipy melkolistnoj Tilia Sordata mill. v gra-diente tekhnogennogo zagryazneniya g. Vladikavkaz* [Assessment of the stability of the photosynthetic apparatus of the small-leaved linden *Tilia Cordata* mill. in the gradient of technogenic pollution of Vladikavkaz] *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 12, №2(46), pp. 39-42 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/3>.

2. Popova A.A. Molchanov V.V. Rad'kova E.A. (2021) *Sovremennaya genosistematika i biologicheskie osobennosti estestvenno rastushchih i introduci-rovannyh vidov roda Quercus* [Modern genosystematics and biological features of naturally growing and introduced species of the genus *Quercus*] *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 11, №1(41), pp. 5-23 (in Russian). DOI: [10.34220/issn.2222-7962/2021.1/1](https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.1/1).

3. Carev A.P. Careva R.P. Carev V.A. Carev Myakotnikova E.A. Momot R.V. *Novye mezhsekcionnye gibridy nastoyashchih topolej Eupopulus L.* [New intersectional hybrids of real poplars *Populus L.*] *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, №1(49), pp. 17-21 (in Russian). <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/1>.

4. Migunova E.S. *Lesnaya tipologiya i botanika. Ekologicheskaya ocenka faktorov prirodnoj sredy* [Forest typology and botany. Ecological assessment of environmental factors] // *Lesnoy vestnik*. [Forestry Bulletin] –2020. – Vol. 24, no. 4. – pp. 65-81. DOI: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-4-65-81> (in Russian).

5. Belton S., Cubry P., Fox E., Kelleher C. T. Novel Post-Glacial Haplotype Evolution in Birch – A Case for Conserving Local Adaptation. *Forests*. 2021;F, 1246. <https://doi.org/10.3390/f120912>.

6. Popova S.S., Prokhorova N.L. On the issue of the negative impact of urban environmental factors on the plant components of the ecosystem of botanical gardens (on the example of the botanical garden Named after B.M. Kozopoliansky, Voronezh state University, Voronezh C.). *Practice Oriented Science*, 2023, pp. 255-261. <https://doi.org/10.34660/INF.2023.58.82.086>

7. Elise M. Willis, Andrew K. Koeser, Mysha Clarke et al. Greening development: Reducing urban tree canopy loss through incentives. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 91, 2024. ISSN 1618-8667, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128184>.

8. Tsarev A.P., Tsareva R.P., Tsarev V.A. Poplar testing and breeding in the Central Chernozem region of Russia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 392 (2019). <http://doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/0122010>

9. Slavskij V.A. Litovchenko D.A. Mironenko A.V. Harchenko N.N. Titov E.V. Govedar Z. *Izuchenie vzaimosvyazi mezhdru parametrami rel'efa mestnosti i usloviyami proizrastaniya nasazhdenij v Voronezhskoj oblasti* [The study of the relationship between the terrain parameters and the growing conditions of plantations in the Voronezh region] *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, №1(49), pp. 146-161 (in Russian) <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/10>.

10. Anamthawat-Jónsson K. Hybrid introgression: the outcomes of gene flow in birch. *Science Asia*. 2019; 45: 203–211. <http://doi:10.2306/scienceasia1513-1874>.

11. B. Thapa, L. Darling, D.H. Choi et al. Application of multi-temporal satellite imagery for urban tree species identification. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 98, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128409>.

12. Benno A. Augustinus, Meinrad Abegg, Valentin Quelo, Eckehard G. Brockerhoff. Higher tree species richness and diversity in urban areas than in forests: Implications for host availability for invasive tree pests and pathogens. *Landscape and Urban Planning*, vol. 250, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2024.105144>.

13. Sharma U., Sankhyan H. P., Kumari A. et al. Genomic selection: a revolutionary approach for forest tree improvement in the wake of climate change. *Euphytica* 220, 9 2024. <https://doi.org/10.1007/s10681-023-03263-5>.

14. Ivetić V. et al. The role of forest reproductive material quality in forest restoration // *Forestry Engineering Journal*. 2019: 9 (2): 56-65. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2019.2/7>.
15. Zijie Zhou, Junhong Fu, Yiqiang Xiao. Risk of wind destruction to urban trees: Prediction workflow and relative importance of influencing factors. *Sustainable Cities and Society*, vol. 112, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105600>.
16. Yasong Guo, Wendy Y. Chen. Monitoring tree canopy dynamics across heterogeneous urban habitats: A longitudinal study using multi-source remote sensing data. *Journal of Environmental Management*, vol. 356, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120542>.
17. Peter Edwards, Robyn Simcock, Eleanor Absalom, Gradon Diprose. Human impacts on the wellbeing of urban trees in Wellington, New Zealand. *Societal Impacts*, vol. 3, 2024. ISSN 2949-6977. <https://doi.org/10.1016/j.socimp.2024.100045>.
18. Andy J. Moffat, Bianca Ambrose-Oji, Toni-Kim Clarke, Liz O'Brien, Kieron J. Doick. Public attitudes to urban trees in Great Britain in the early 2020s. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 91, 2024, ISSN 1618-8667. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128177>.
19. Rita Sousa-Silva, Tristan Lambry, Elyssa Cameron, Michaël Belluau, Alain Paquette. Urban forests – Different ownership translates to greater diversity of trees. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 88, 2023, ISSN 1618-8667. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128084>.
20. Kinya Shiraishi, Toru Terada. Tokyo's urban tree challenge: Decline in tree canopy cover in Tokyo from 2013 to 2022. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 97, 2024. ISSN 1618-8667, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128331>.
21. Alice Maison, Lya Lugon, Soo-Jin Park et al. Contrasting effects of urban trees on air quality: From the aerodynamic effects in streets to impacts of biogenic emissions in cities. *Science of The Total Environment*, vol. 946, 2024. ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174116>.
22. Edward Russel Hernandez, Patricia Breanne Sy, Michelle T. Cirunay, Rene C. Batac. Power-law distributions of urban tree cover. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 643, 2024. ISSN 0378-4371. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2024.129779>.
23. Yixuan Yang, Yan Xu, Yusen Duan et al. How can trees protect us from air pollution and urban heat? Associations and pathways at the neighborhood scale. *Landscape and Urban Planning*, vol. 236, 2023. ISSN 0169-2046, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104779>.
24. Xinyu Sun, Yijun Qiu, Huijun Qi, Wenhui Lu, Jiarong Tian, Shulei Chen, Yannan Xu. Improving the ecological benefits evaluation on urban street trees: Development of a living vegetation volume quantifying framework with multi-source data. *Ecological Indicators*, vol. 158, 2024. ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111367>.
25. Manuel Esperon-Rodriguez, Desi Quintans, Paul D. Rymer. Urban tree inventories as a tool to assess tree growth and failure: The case for Australian cities. *Landscape and Urban Planning*, vol. 233, 2023. ISSN 0169-2046, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104705>.

Сведения об авторах

✉ *Матыцина Елизавета Петровна* – преподаватель кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1289-2223>, e-mail: epmatytsina@yandex.ru.

Харченко Николай Николаевич – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии, защиты леса и лесного охотоведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7645-2642>, e-mail: forest.vrn@gmail.com.

Прохорова Надежда Леонидовна – старший преподаватель кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6558-7074>, e-mail: nadnov40@yandex.ru.

Information about the authors

✉ *Elizaveta P. Matytsina* – Lecturer at the Department of Ecology, Forest Protection and Forest Hunting, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1289-2223>, e-mail: epmatytsina@yandex.ru.

Nikolay N. Kharchenko – Dr. Sci. (Bio.), Professor, Head of the Department of Ecology, Forest Protection and Forest Hunting, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7645-2642>, e-mail: forest.vrn@gmail.com.

Nadezhda L. Prokhorova – Senior Lecturer at the Department of Ecology, Forest Protection and Forest Hunting, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6558-7074>, e-mail: nadnov40@yandex.ru

✉ Для контактов | Corresponding author