

На правах рукописи



ЛИСОТОВА ЕВГЕНИЯ ВИКТОРОВНА

**ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДРЕВЕСНЫХ
РАСТЕНИЙ В ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ
Г. КРАСНОЯРСКА)**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Красноярск – 2022

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева»

Научные руководители: кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент Иншаков Евгений Михайлович

Официальные оппоненты: Чжан Светлана Анатольевна, доктор
сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО
«Братский государственный университет»
(г. Братск), базовая кафедра переработки лесных
ресурсов, профессор

Сомов Евгений Владимирович, кандидат
сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО
«Тихоокеанский государственный университет»
(г. Хабаровск), кафедра «Технология
лесопользования и ландшафтного строительства»,
доцент

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Красноярский
государственный аграрный университет»
(г. Красноярск)

Защита диссертации состоится 14 сентября 2022 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.249.06 при ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» по адресу: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 82, E-mail: mrepyah@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева», на сайте СибГУ им. М. Ф. Решетнёва: www.sibsau.ru

Автореферат разослан 15 июня 2022 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
канд. с.-х. наук, доцент



Репях Марина Вадимовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Важным фактором создания комфортной городской среды, особенно в крупных промышленных центрах, является грамотно организованная система искусственных насаждений. Для получения максимального эффекта от растительности требуется большая и разносторонняя исследовательская работа по изучению условий роста и развития урбофитоценозов, учитывающая природно-климатические и экологические условия конкретного региона, специфичность экологических условий и уровня техногенного загрязнения городской среды, состояние и устойчивость отдельных видов древесных растений. Для создания эффективно функционирующей системы искусственных насаждений на урбанизированных территориях необходимо обладать достаточной информацией об эколого-физиологических особенностях древесных растений, позволяющих оценить функциональный вклад каждого вида в улучшение качества среды.

Степень разработанности проблемы. Отдельные аспекты влияния техногенной среды на процессы роста и развития древесных растений, в том числе и в условиях г. Красноярска, изучались многими исследователями (Агапова, Павлова, 1977; Николаевский, 1979, 1983, 2002; Добровольский, 1980; Протопопов, 1982; Протопопова, 1982, 1984, 1987; Сергейчик, 1984; Горышина, 1991; Чернышенко, 1996, 2001, 2002, 2012, 2018; Биохимические индикаторы..., 1997; Судачкова, 1998; Авдеева, 2000, 2006, 2007, 2021а, б; Неверова, Колмогорова, 2003; Рунова, 2005, 2012; Павлов, 2006; Бухарина и др., 2007, 2010, 2012; Ставникова, Степень, 2008; Есякова, Степень 2011; Степень и др., 2013), но особенности состояния ассимиляционного аппарата, водного режима растений в условиях урбосреды изучены недостаточно, а без учета эколого-биологических характеристик растений не представляется возможным создание экологически эффективных насаждений города. Таким образом, в настоящее время назрела необходимость критического анализа существующего ассортимента видов, используемых в озеленении г. Красноярска с учетом их количественного участия, жизненного состояния и устойчивости в условиях современной экологической обстановки города. До настоящего времени в городе еще не проводилось обследование зеленых насаждений разных категорий с оценкой характера роста и развития как местных, так и интродуцированных видов, устойчивости их к комплексу неблагоприятных факторов и перспективности использования в озеленении.

Цель работы – изучить воздействие урбанизированной среды на эколого-физиологические особенности некоторых видов древесных растений, для разработки рекомендаций по созданию устойчивых искусственных насаждений.

Задачи исследований:

1. Провести анализ видового состава, количественного участия, возрастной структуры и жизненного состояния древесных растений в искусственных насаждениях г. Красноярска.

2. Изучить особенности формирования ассимиляционного аппарата, морфоструктуры годичных побегов и показателей водного режима *Betula pendula*, *Padus maackii*, *Tilia cordata* и *Malus baccata* для установления их видовой специфики и выявления наиболее информативных показателей определяющих реакцию растений на техногенную среду.

3. Разработать практические рекомендации по подбору устойчивых древесных растений для формирования искусственных насаждений в урбанизированной среде (на примере г. Красноярска).

Научная новизна. Впервые проведен комплексный анализ насаждений г. Красноярска, включающий в себя оценку их видового состава, количественного участия, возрастной структуры и жизненного состояния. Установлено влияние условий произрастания на биометрические показатели годичных побегов и водоудерживающую способность листьев. Дана оценка устойчивости некоторых видов древесных растений на урбанизированных территориях и рекомендации по их использованию в насаждениях различного функционального назначения. Построен биоиндикационный ряд изученных видов древесных растений по степени чувствительности к техногенной среде.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке системы оценки устойчивости, экологической пластичности и адаптивного потенциала древесных растений для обоснования их использования при создании искусственных насаждений различного назначения. Даны рекомендации по использованию *Betula pendula*, *Padus maackii*, *Tilia cordata* и *Malus baccata* в составе искусственных насаждений промышленных центров Сибири (на примере г. Красноярска).

Теоретические и прикладные результаты исследований используются в учебном процессе и научной работе ФГБОУ ВО «СибГУ им. М. Ф. Решетнева».

Методология и методы исследования. Работа базируется на комплексном подходе и многоаспектном анализе городских насаждений. Математическая обработка данных проведена с использованием стандартных пакетов прикладных программ MS Office Excel. Подтверждение сделанных выводов базируется на оценке достоверности статистических показателей.

Положения, выносимые на защиту:

1. Анализ видового состава, возрастной структуры и жизненного состояния искусственных насаждений г. Красноярска показал, что, несмотря на широкий видовой ассортимент, сложившийся характер его использования в городском

озеленении не способствует формированию устойчивых и высокодекоративных насаждений.

2. В условиях урбанизированной среды у *Betula pendula*, *Padus maackii*, *Tilia cordata* и *Malus baccata* снижается показатель жизненного состояния, уменьшается прирост годичных побегов, сокращается ассимиляционная поверхность и биомасса фотосинтезирующей ткани, нарушается водный режим, что приводит к снижению их устойчивости;

3. Определены эколого-физиологические показатели оценки состояния древесных растений на урбанизированных территориях, на основании которых даны рекомендации по использованию изученных древесных растений в насаждениях различного функционального назначения.

Степень достоверности и апробации результатов. Степень достоверности полученных результатов обусловлена многолетними исследованиями, необходимым и достаточным объемом экспериментального материала, использованием современных средств статистического анализа и программного обеспечения. Основные положения и результаты диссертационных исследований апробированы на конференциях различного уровня: международных: Воронеж, 2010; Брянск, 2010; Томск, 2011; Красноярск, 2011, 2013, 2020, 2021; Киев, 2013; Волгоград, 2019; Екатеринбург, 2021; Москва, 2011; всероссийских: Красноярск, 2010, 2012, 2013, 2020; Екатеринбург, 2020; Новосибирск, 2020.

Личный вклад. Автор принимал непосредственное участие в сборе материалов для экспериментальных исследований, их обработке, анализе, обобщении и интерпретации полученных результатов.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения и приложений. Текстовая часть содержит 9 таблиц, 25 рисунков. Список использованных источников включает 292 наименования. Работа изложена на 173 страницах, содержит 2 приложения на 9 страницах.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 16 печатных работ, в том числе 5 статей в научных изданиях из перечня ВАК РФ, 1 работа в изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДРЕВЕСНЫЕ РАСТЕНИЯ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

В главе рассмотрены особенности функционирования урбанизированной среды и средообразующей роли зеленых насаждений в ней. Приводится обзор литературы по изучению влияния факторов техногенной среды на процессы роста и развития, формирование механизмов адаптации у древесных растений (Илькун, 1971; Кулагин, 1980; Николаевский 1979, 2002; Горышина, 1991; Чернышенко 2002, 2012, 2018;

Неверова, Колмогорова, 2003, 2016; Рунова, 2005, 2012; Бухарина и др., 2007, 2010, 2012; Авдеева, 2006, 2007, 2021а, б и др.)

2 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Приведена характеристика физико-географического положения и климатических условий г. Красноярска. Специфические природно-климатические условия – котловинность рельефа, незамерзающая в черте города р. Енисей, высокая вероятность возникновения и повторяемости приземных инверсий и штилей, а также специфика городской застройки и размещения промышленных предприятий, способствуют высокой аккумуляции загрязняющих веществ в атмосфере города. Красноярск регулярно входит в список городов РФ с «очень высоким» ($ИЗА_5 > 14$) или «высоким» ($ИЗА_5 = 7-13$) уровнем загрязнения атмосферы (Аналитический обзор, 2009; Гос. доклад «О состоянии ... Красноярском крае ...», 2009-2021; Гос. доклад «О состоянии... Российской Федерации...», 2018, 2020; Ежегодник ..., 2019-2021). Для г. Красноярска приоритетными загрязняющими веществами являются взвешенные вещества, диоксид азота, аммиак, формальдегид, бенз(а)пирен. Среди мер, направленных на стабилизацию экологической обстановки г. Красноярска важное место должно отводиться мероприятиям по созданию рациональной системы озеленения, в частности, подбору устойчивого ассортимента древесных растений для создания искусственных насаждений.

3 ПРОГРАММА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В программу исследований входило: установить видовой состав, количественное участие, возрастную структуру, жизненное состояние древесных растений в искусственных насаждениях г. Красноярска; изучить особенности роста и развития морфоэлементов годичных побегов *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Padus maackii* и *Malus baccata* в урбанизированной среде; изучить показатели водоудерживающей способности листьев *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Padus maackii* и *Malus baccata* в урбанизированной среде; разработать практические рекомендации по созданию искусственных насаждений данных видов и подбору ассортимента древесных растений для создания устойчивых насаждений, эффективно выполняющих свои средообразующие функции в городской среде.

Объектами исследования были выбраны древесные растения в составе различных функциональных категорий насаждений г. Красноярска. Участки для исследования были заложены в семи административных районах г. Красноярска и включали в себя насаждения скверов и парков, а также улиц. Территорией условного контроля был выбран Дендрарий Института леса СО РАН.

Обследование зеленых насаждений с оценкой их видового состава, количественного участия, возрастной структуры и жизненного состояния проводилась на общей площади около 60 га и включала в себя наиболее посещаемые

горожанами скверы и парки, а также основные транспортные артерии города (рисунок 1). Всего было обследовано около двадцати трех тысяч особей древесных растений.

Для эколого-физиологической характеристики состояния древесных растений в составе насаждений различных экологических зон были выбраны наиболее распространенные в озеленении г. Красноярска виды как местной, так и интродуцированной флор - *Betula pendula*, *Malus baccata*, *Tilia cordata* и *Padus maackii*.

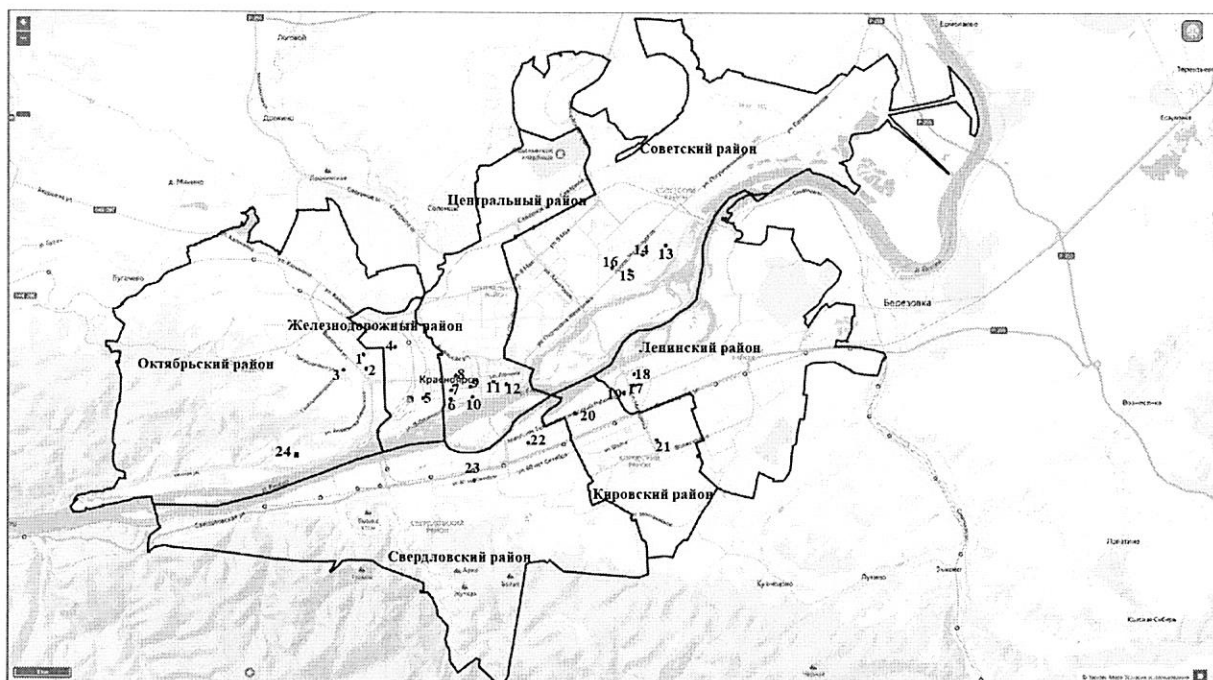


Рисунок 1 – Объекты исследования: 1 – парк «Троя», 2 – сквер «Фестивальный», 3 – пр. Свободный (между ул. Ак. Курчатова и ул. Красномосковской), 4 – парк им. Ю. А. Гагарина, 5 – сквер «Красная площадь», 6 – ЦПКиО им. М. Горького, 7 – сквер на площади Революции, 8 – сквер им. В. И. Сурикова, 9 – сквер им. А. С. Пушкина, 10 – Центральная набережная, 11 – пр. Мира (между ул. Робеспьера и ул. П. Коммуны), 12 – ул. К. Маркса (между ул. Робеспьера и ул. Каратанова), 13 – парк «Гвардейский», 14 – сквер «Космонавтов», 15 – сквер на Кольцевой, 16 – сквер у Дворца труда, 17 – сквер «Семейный», 18 – сквер «Юбилейный», 19 – сквер «Корнетовский», 20 – пр. Красноярский рабочий (между ул. Коммунальной и ул. Мичурина), 21 – парк «Сибсталь», 22 – сквер у Красноярского цирка, 23 – ул. 60 Лет Октября (между пер. Медицинский и ул. Матросова), 24 – Дендрарий Института леса СО РАН

Методы исследования. С целью установления видового состава и возрастной структуры искусственных насаждений г. Красноярска на выбранных объектах был проведен сплошной перечет древесной растительности с разделением по видам и категориям возрастного состояния. Степень участия видов в насаждениях определяли как отношение количества экземпляров данного вида к общему числу обследуемых деревьев всех видов.

Характеристика возрастного состояния и возрастной структуры популяций проводилась с помощью онтогенетическо-популяционного подхода, разработанного Т. А. Работновым (1950) и А. А. Урановым (1975).

Для характеристики состояния доминантных видов в составе городских насаждений, при перече́те деревьев визуально оценивали жизненное состояние каждой особи по методике В. А. Алексеева (1989).

Для характеристики эколого-физиологических показателей древесных растений, на пробных площадях было выбрано по 10 модельных деревьев исследуемых видов. Учетные деревья представлены одновозрастными для каждого вида растениями – средневозрастное генеративное состояние (g_2). В целом наблюдали 360 модельных деревьев. Сбор материала для лабораторных исследований осуществлялся следующим образом: у каждого модельного дерева с южной стороны средней части кроны срезалось по 5 годичных побегов. С каждого годичного побега для исследования отбиралось необходимое количество листьев.

Визуальная оценка и биометрические показатели модельных особей определялись по модифицированной методике В. С. Николаевского с соавторами (1999). С помощью визуальных методов оценивали степень нарушения ассимиляционного аппарата и крон деревьев.

Биометрический способ оценки состояния деревьев предусматривал измерение: размеров годичных отрезков боковых побегов; количества листьев на годичных отрезках боковых побегов; сырого и абсолютно-сухого веса листьев годичных отрезков боковых побегов; площади листьев на годичных отрезках боковых побегов. Площадь листьев определяли весовым методом по методике М. С. Миллера с модификацией Л. В. Дорогань (Федорова, Никольская, 2001).

Водоудерживающую способность листьев определяли по методике В. С. Николаевского, которая основана на определении скорости потери воды изолированными листьями в течение определенного периода времени (Николаевский, 1998, 2002). Сбор материала для исследования осуществлялся в два этапа (июль, август).

Анализ биометрических показателей, водоудерживающей способности листьев проведен у 6000 образцов.

Весь полученный фактический материал был обработан методами математической статистики с использованием программы Microsoft Office Excel 2007 (Шмидт, 1984; Доспехов, 1985).

4 ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ Г. КРАСНОЯРСКА

4. 1 Видовой состав

На основании проведенных обследований установлено, что в зеленых насаждениях г. Красноярска произрастает 54 древесных вида, которые относятся к 39 родам и 18 семействам.

Наибольшее распространение во всех типах городских посадок получили представители семейства *Rosaceae*, которое в озеленении Красноярска представлено

14 родами и 19 видами. Семейства *Pinaceae* и *Caprifoliaceae* включают в себя по 3 рода, *Oleaceae*, *Elaeagnaceae*, *Grossulariaceae*, *Salicaceae* - по 2 рода. Остальные семейства представлены единичными родами и видами.

4.2 Количественное участие

Среди лиственных пород доминантами во всех типах обследованных насаждений являются представители семейств: *Aceraceae* – *Acer negundo*, *Salicaceae* – *Populus balsamifera*, *Ulmaceae* – *Ulmus pumila*, *Rosaceae* – *Malus domestica* и *M. baccata*. Доля участия этих видов в составе зеленых насаждений г. Красноярска составила 49,8 % (рисунок 2).

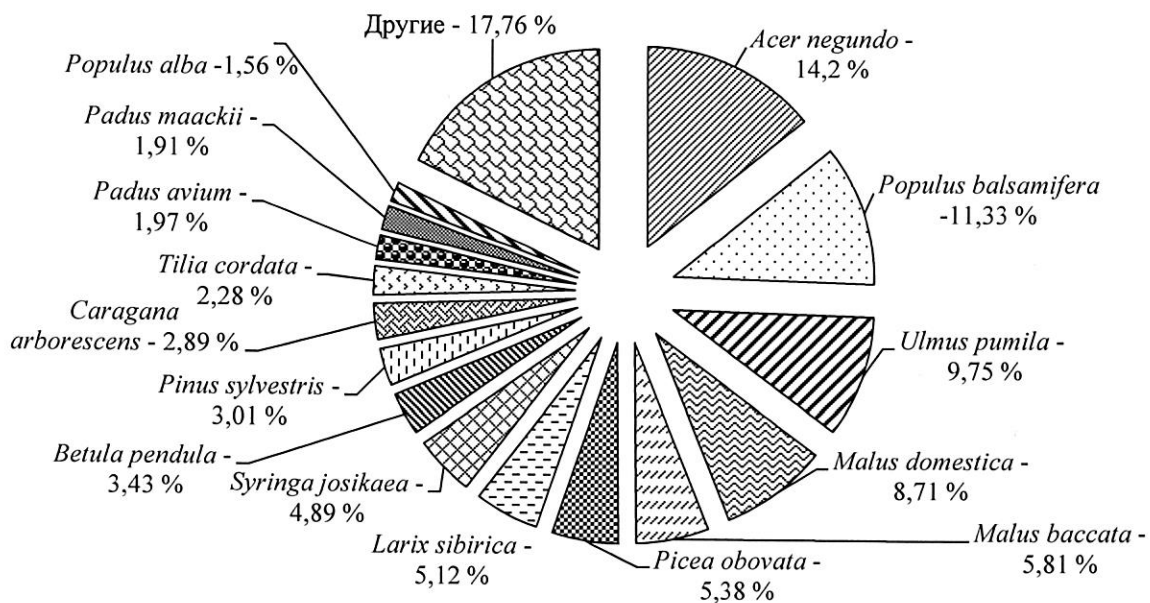


Рисунок 2 – Доля участия видов в искусственных насаждениях г. Красноярска

К видам со средней долей участия отнесены: *Syringa josikaea* – 4,89 %, *Betula pendula* – 3,43 %, *Tilia cordata* – 2,28 %, *Caragana arborescens* – 2,89 %, *Sorbus sibirica* – 2,50 %, *Padus avium* и *P. maackii* – 1,97 и 1,91 %, соответственно, *Pyrus ussuriensis* – 1,34 % и *Populus alba* – 1,56 %. Доля участия таких декоративных видов, как *Grataegus sanguinea*, *Acer ginnala*, *Elaeagnus argentea*, *Fraxinus excelsior* и пр. составила не более 1 %.

Из хвойных пород наиболее распространены *Picea obovata* – 5,38 % и *Larix sibirica* – 5,12 %.

Таким образом, несмотря на довольно богатый видовой ассортимент представленных в озеленении видов, около 50 % насаждений составляют пять видов – *Acer negundo*, *Populus balsamifera*, *Ulmus pumila*, *Malus domestica* и *M. baccata*, что свидетельствует о низком уровне декоративно-эстетических свойств изученных насаждений.

4.3 Возрастная структура

Анализ возрастной структуры древесных растений показал (рисунок 3), что 42,7 % особей, подвергшихся обследованию по возрастному состоянию относятся к категории «средневозрастные генеративные деревья». Это свидетельствует о старении зеленого фонда города, так как древесные растения в условиях экологического стресса быстрее теряют свой физиологический потенциал, декоративные качества и легко подвергаются поражению вредителями и болезнями.

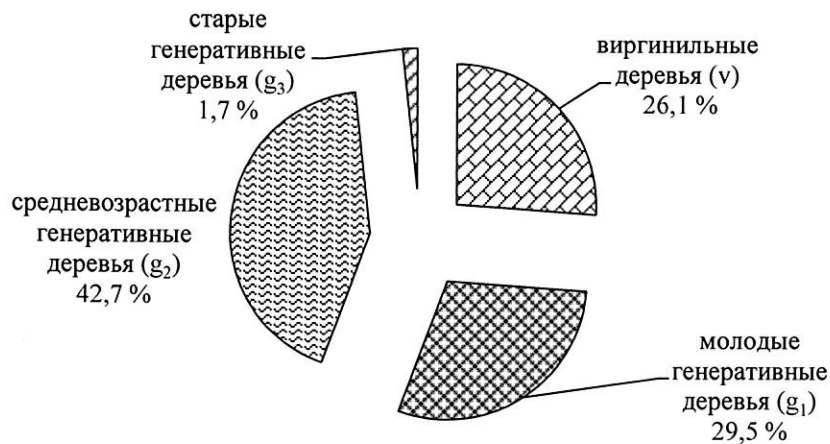


Рисунок 3 – Возрастная структура искусственных насаждений г. Красноярск

4.4 Оценка жизненного состояния древесных растений

Оценка жизненного состояния древесных растений в искусственных насаждениях г. Красноярск показала, что урбопопуляции исследуемых видов показывают неодинаковую устойчивость к комплексному воздействию факторов городской среды. Это проявляется в варьировании значений жизненного состояния видов от 41,5 до 63,4 %, что соответствует двум категориям - сильно поврежденные (III) и слабо поврежденные (II). Характер повреждений, снижающий жизненное состояние изученных видов подобен, но степень выраженности и причины их появления различны.

Ограниченность видового состава, старение зеленого фонда, низкая жизненность доминантных видов обуславливают необходимость оптимизации зеленых насаждений города.

5 ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ Г. КРАСНОЯРСКА

5.1 Оценка условий произрастания древесных растений на объектах исследования

Дана характеристика условий произрастания исследуемых видов древесных растений. Анализ данных по загрязнению атмосферы г. Красноярск за последние 12 лет показал, что в среднегодовых суммарных выбросах, загрязняющих атмосферу города веществ, большую долю составляют выбросы от передвижных источников

(42 %), что только на 16 % ниже выбросов от стационарных источников. А это означает, что на территориях, находящихся в районах, не имеющих промышленных производств, степень загрязнения будет определяться близостью к автомагистралям. Кроме того, необходимо учитывать и специфические условия расположения г. Красноярска в котловине вдоль р. Енисей, где выбрасываемые в атмосферу поллютанты перемешиваются и скапливаются, создавая общий фон загрязнения. Так, в 2019 году режим «черного неба» действовал 13 суток, в 2020 – 20 суток, в 2021 – 25 суток, в январе-феврале 2022 года - 13 суток (Оповещения о наступлении НМУ..., 2022). Все вышеизложенное дает нам основание для объединения всех исследованных территорий по степени антропогенного влияния на две категории: с высокой степенью воздействия (насаждения магистралей) и средней (насаждения парков и скверов).

5.2 Визуальная оценка

Визуальная оценка жизненного состояния *Betula pendula*, *Malus baccata*, *Tilia cordata* и *Padus maackii* по методике В. С. Николаевского показала, что в условиях техногенной среды происходит снижение жизненного состояния у всех изученных видов. Это обусловлено уменьшением облиственности крон, увеличением количества поврежденных листьев (ржавчина, пятнистости, некрозы, повреждения энтомовредителями и пр.), и, как следствие, снижением живой площади листовых пластинок, что сказывается на декоративно-эстетических свойствах насаждений (таблица 1).

Таблица 1 – Состояние ассимиляционного аппарата крон некоторых видов древесных растений в г. Красноярске

Вид древесного растения	Условия произрастания	Процент живых ветвей в кронах, %	Степень облиственности крон, %	Процент живых (без повреждений) листьев, %	Средний процент живой площади листа, %
<i>Betula pendula</i>	парки и скверы	91,3±1,87	92,5±1,82	89,8±1,82	90,5±1,24
	магистралей	89,3±1,95	88,9±2,53	79,6±2,41	80,3±2,29
	контроль	91,5±2,42	98,5±2,42	98,0±2,58	98,5±2,42
<i>Padus maackii</i>	парки и скверы	88,7±3,43	82,1±3,96	78,9±1,87	87,8±3,03
	магистралей	82,1±2,73	81,6±2,54	69,7±2,51	79,1±3,15
	контроль	90,5±2,84	92,5±2,64	83,5±3,37	90,5±3,69
<i>Tilia cordata</i>	парки и скверы	81,6±1,63	82,0±1,70	72,0±3,10	72,5±1,89
	магистралей	81,5±2,42	77,7±2,91	49,0±2,11	62,5±2,64
	контроль	82,0±2,58	93,0±2,58	89,0±3,16	91,5±3,37
<i>Malus baccata</i>	парки и скверы	69,4±2,54	68,5±2,57	60,3±1,99	68,5±2,84
	магистралей	69,0±2,20	48,3±2,89	58,7±1,55	62,3±2,51
	контроль	77,5±2,64	71,0±2,42	79,5±2,84	70,7±2,42

5.2 Биометрические показатели

Воздействие техногенных эмиссий на древесные растения является одним из факторов ухудшения их морфоструктурных параметров. Как показали настоящие

относительно зоны контроля отмечается снижение длины побега *Malus baccata* на 45,1 %, *Tilia cordata* – на 41,1 %, *Padus maackii* – на 38,5 %, у *Betula pendula* – на 33,8 %, в парках и скверах – на 37,7; 36,4; 37,3; и 22,9 %, соответственно (рисунок 4).

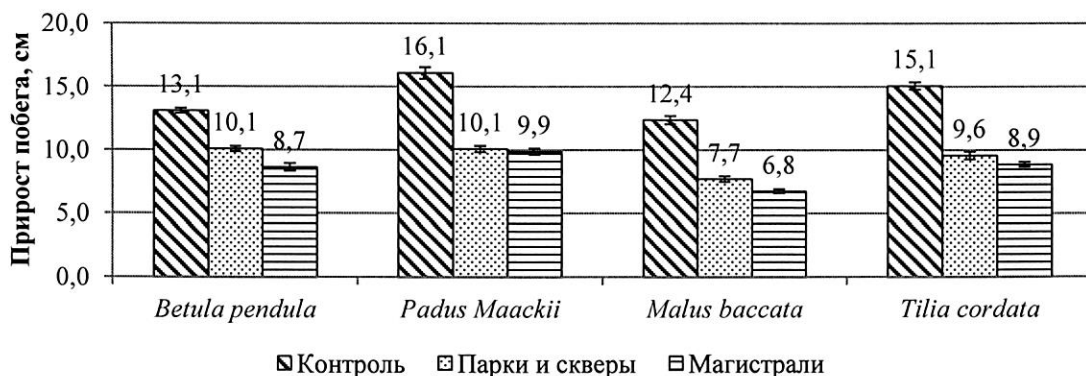


Рисунок 4 – Длина годовичного побега древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах г. Красноярска, см

Сокращение прироста годовичного побега у исследуемых видов сопровождается уменьшением его структурных элементов: числа листьев на побеге, площади листьев годовичного побега относительно данных контроля (рисунок 5).

Из изученных видов максимальное снижение площади листьев отмечается у *Malus baccata* и *Tilia cordata* в парковых насаждениях – на 32,3 и 26,5 %, в магистральных - на 38,6 и 35,2 %, соответственно.

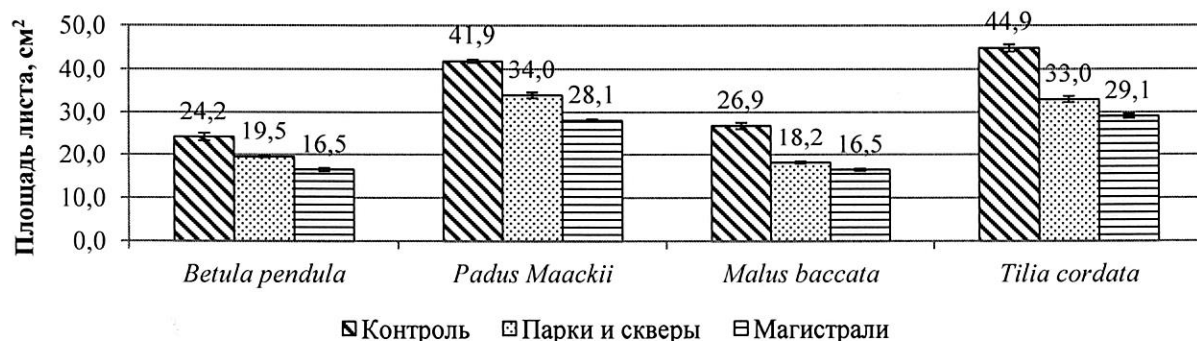


Рисунок 5 - Площадь листьев на годовичном побеге древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах г. Красноярска, см²

Урбанизированная среда оказывает влияние на параметры сырой и сухой массы листьев годовичного побега. В магистральных насаждениях сырая масса листьев относительно данных контроля снижается в пределах от 26,7 % (*Malus baccata*) до 35,3 % (*Tilia cordata*), в парковых насаждениях – от 21,8 % (*Malus baccata*) до 29,6 % (*Tilia cordata*). Накопление органического вещества листьями исследуемых видов, характеризующее интенсивность процесса фотосинтеза снизилось у особей, произрастающих в условиях городских насаждений. Так, относительно контроля в

насаждениях парков и скверов и магистральных посадках сухая масса листьев годовичного побега у *Malus baccata* снижается на 41,7 и 54,6 %, у *Tilia cordata* – на 41,2 и 55,4 %, у *Padus maackii* – на 35,5 и 41,1 %, у *Betula pendula* – на 33,3 и 39,5 %, соответственно (рисунок 6).

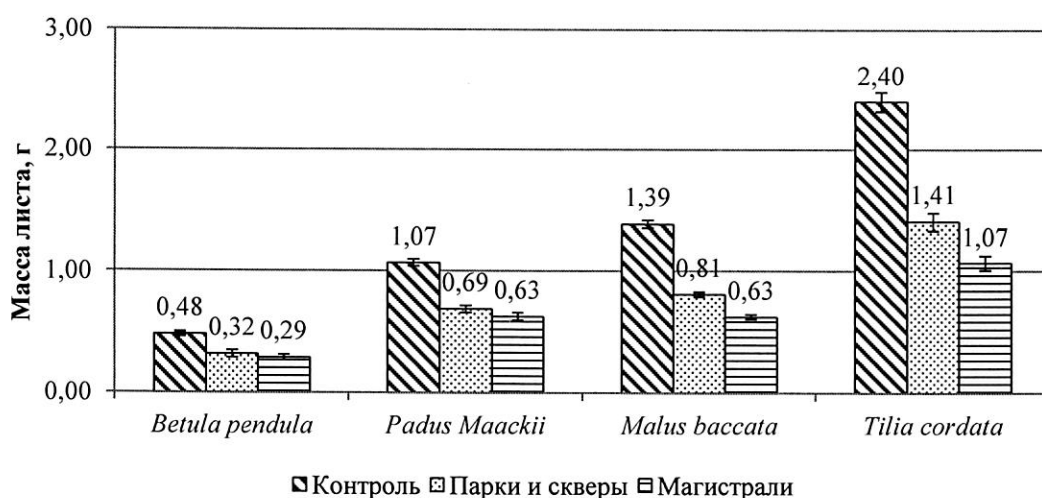


Рисунок 6 – Сухая масса листьев на годовичном побеге древесных растений, произрастающих в различных функциональных зонах г. Красноярска, г

Расчет показателей удельной массы листовой поверхности выявил тенденцию к ее снижению относительно контроля у исследованных видов в 1,1 – 1,3 раза в условиях парков и в 1,2 – 1,4 раза в магистральных посадках. Сильнее всего уменьшился удельный вес фотосинтезирующей ткани у насаждений *Tilia cordata* (в 1,4 раза) и *Malus baccata* (в 1,3 раза) в магистральных посадках.

Для оценки влияния условий произрастания на изученные показатели роста и развития годовичных побегов использовали однофакторный дисперсионный анализ. Установлено, что изменение морфометрических показателей побегов исследуемых видов на 91-99 % обусловлено условиями произрастания и высоко достоверно ($p < 0,05$) (таблица 2). Для оценки существенности разностей между средними использовался метод наименьшей существенной разницы (НСР).

Таблица 2 – Достоверность и доля влияния условий произрастания на морфометрические показатели годовичных побегов древесных растений (по результатам однофакторного дисперсионного анализа)

Морфометрические параметры	Вид древесного растения							
	<i>Betula pendula</i>		<i>Padus maackii</i>		<i>Malus baccata</i>		<i>Tilia cordata</i>	
	Р-Значение	Доля влияния	Р-Значение	Доля влияния	Р-Значение	Доля влияния	Р-Значение	Доля влияния
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина годовичного побега	$3,06 \cdot 10^{-25}$	0,98	$9,36 \cdot 10^{-27}$	0,99	$3,93 \cdot 10^{-28}$	0,99	$8,06 \cdot 10^{-29}$	0,99
Количество листьев на годовичном побеге	$1,87 \cdot 10^{-15}$	0,92	$4,99 \cdot 10^{-16}$	0,93	$1,71 \cdot 10^{-21}$	0,97	$1,15 \cdot 10^{-16}$	0,93

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сырая масса листа	$4,36 \cdot 10^{-15}$	0,91	$8,59 \cdot 10^{-22}$	0,97	$2,80 \cdot 10^{-21}$	0,97	$5,53 \cdot 10^{-19}$	0,96
Сухая масса листа	$1,34 \cdot 10^{-15}$	0,92	$1,06 \cdot 10^{-22}$	0,98	$1,07 \cdot 10^{-25}$	0,99	$4,16 \cdot 10^{-26}$	0,99
Площадь листа	$1,60 \cdot 10^{-20}$	0,97	$2,76 \cdot 10^{-30}$	0,99	$8,82 \cdot 10^{-32}$	0,99	$8,39 \cdot 10^{-28}$	0,99

Таким образом, у изученных видов в условиях техногенной среды г. Красноярска наблюдается ксерофитизация морфологических структур, повышение водного дефицита, снижение удельной массы листа, нарушение ассимиляционных процессов, увеличивающихся с возрастанием уровня техногенной нагрузки

5.3 Водоудерживающая способность листьев

Изучение ВС некоторых видов показало (рисунок 7), что в условиях контрольной площади в начале вегетации наибольшей ВС обладали листья *Betula pendula*. Потеря воды ее листьями в сравнении с *Malus baccata*, *Padus maackii* и *Tilia cordata* была ниже на 14,2 %, 26,9 % и 46,0 %, соответственно.

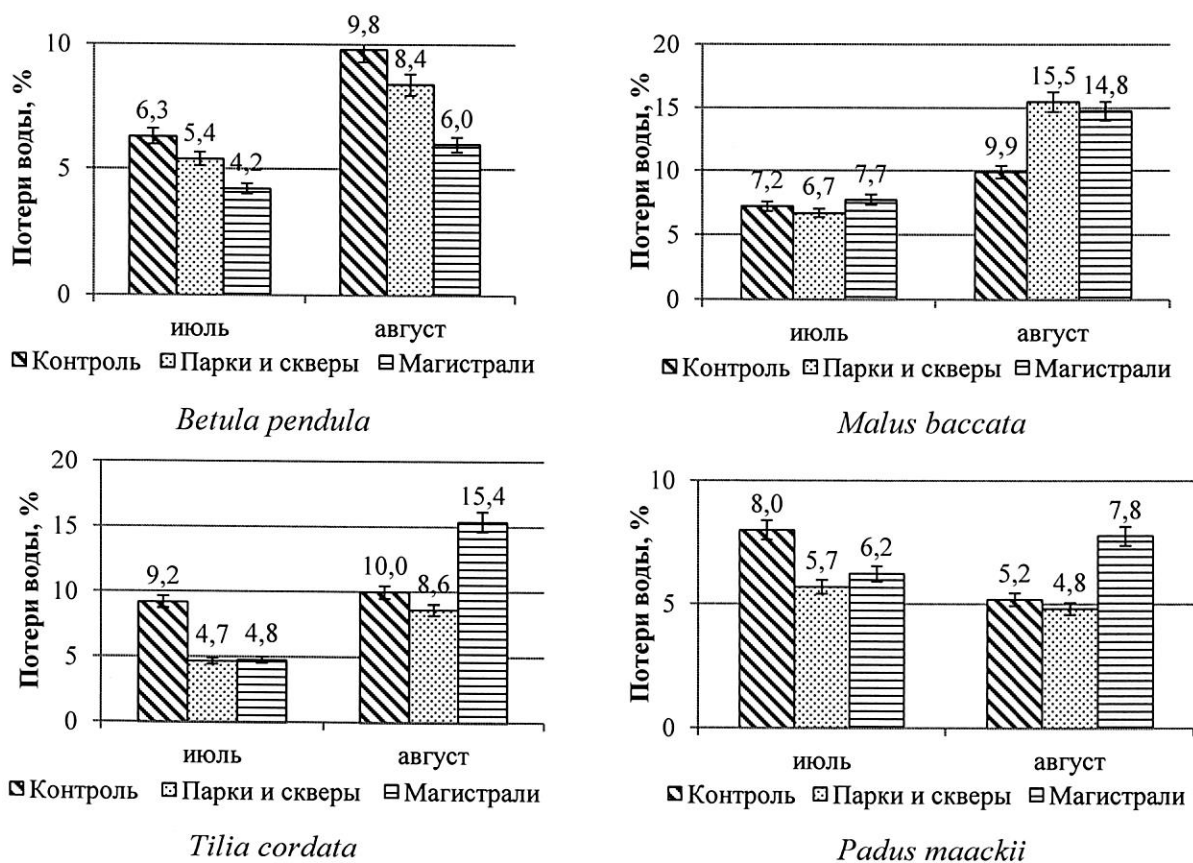


Рисунок 7 – Водоудерживающая способность листьев исследуемых видов в условиях г. Красноярска

К концу вегетационного периода у растений отмечается общее снижение ВС листьев относительно данных июля. В условиях контроля у *Betula pendula* – на 55,6 %, у *Malus baccata* – на 37,5 % и у *Tilia cordata* – на 8,7 %. В августе у *Padus maackii*, напротив, отмечено увеличение ВС листьев, в условиях контроля на 35 %, в парковых насаждениях – на 15,8 %, относительно данных июля.

Изучая динамику ВС листьев у изученных видов по категориям площадей, установлено, что в июле достоверное увеличение ВС листьев в насаждениях парков и магистралей относительно зоны условного контроля наблюдается у особей *Padus maackii* (на 28,8 % и 22,5 %, соответственно), *Betula pendula* (на 14,2 % и 33,3 %, соответственно) и *Tilia cordata* (на 48,9 % и 47,8 %, соответственно). Для *Malus baccata* достоверных различий по данному признаку установлено не было.

По результатам двухфакторного дисперсионного анализа установлено достоверное влияние ($p < \alpha = 0,05$) условий произрастания, периода вегетации и их взаимодействия на ВС листьев исследуемых видов

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что содержание и состояние воды, в клетках и тканях растений влияют на их устойчивость к неблагоприятным условиям среды и данные показатели могут являться критериями оценки устойчивости растений.

На основании проведенных исследований, изученные виды можно распределить по степени устойчивости к условиям урбанизированной среды в следующем порядке: *Betula pendula* > *Padus maackii* > *Tilia cordata* > *Malus baccata*.

5.5 Сравнительный анализ состояния древесных растений в урбанизированной среде

Дается сравнительный анализ использованных методов и область их применимости для оценки состояния древесных растений в составе искусственных насаждений. Обосновывается необходимость комплексного подхода с использованием различных методов и параметров исследования. Как показали настоящие исследования, комплексная оценка видов по показателям визуальной оценки жизненного состояния, биометрическим показателям морфоэлементов годичных побегов, водоудерживающей способности листьев позволяет достаточно надежно оценить состояние вида в условиях урбанизированной среды г. Красноярска.

6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ В Г. КРАСНОЯРСКЕ

Для оценки состояния и адаптационного потенциала древесных растений в составе искусственных насаждений урбанизированных территорий могут использоваться параметры развития кроны, роста и развития годичного побега и показатели водоудерживающей способности листьев.

Betula pendula ввиду ее высокого адаптационного потенциала рекомендуется использовать во всех категориях функционального назначения насаждений. *Padus maackii* и *Tilia cordata* характеризуются высокой степенью адаптации в парковых посадках, но менее устойчивы в магистральных, поэтому не рекомендуются для широкого использования в этом типе насаждений. Низкими показателями жизнестойкости отличается *Malus baccata* во всех категориях изученных насаждений, поэтому ее следует использовать в условиях, удаленных от источников загрязнения.

Перспективы дальнейшей разработки темы заключаются в продолжении исследований адаптивных реакций отдельных видов древесных растений в урбанизированной среде с целью подбора устойчивого ассортимента для создания искусственных насаждений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что в обследованных насаждениях г. Красноярска произрастает 54 вида древесной растительности, которые относятся к 39 родам и 18 семействам. Доминантами насаждений являются пять видов – *Acer negundo*, *Populus balsamifera*, *Ulmus pumila*, *Malus domestica* и *M. baccata*. Анализ возрастной структуры зеленых насаждений г. Красноярска свидетельствует о старении зеленого фонда города. Жизненное состояние урбопопуляций широко распространенных во всех типах городских насаждений видов соответствует двум категориям – «сильно поврежденные» и «слабо поврежденные», при этом степень выраженности и причины их проявления у разных видов различны.

Проведена оценка целесообразности и эффективности использования в озеленении г. Красноярска *Betula pendula*, *Padus maackii*, *Tilia cordata* и *Malus baccata* на основании комплексного анализа их состояния. Визуальная оценка показала, что техногенная среда города приводит к ухудшению общего состояния изученных видов. Самая низкая суммарная оценка состояния отмечается в насаждениях магистралей.

Установлено, что у исследуемых видов древесных растений в условиях урбосреды происходит сокращение прироста годичных побегов, количества и размеров листьев, площади ассимиляционной поверхности, массы фотосинтезирующей ткани, нарушается водный режим, что приводит к снижению их устойчивости.

На основании комплексной эколого-биологической оценки состояния *Betula pendula*, *Padus maackii*, *Tilia cordata* и *Malus baccata*, даны рекомендации по их использованию в составе искусственных насаждений г. Красноярска. Относительно высоким адаптационным потенциалом обладает *Betula pendula* и ее рекомендуется использовать во всех категориях насаждений. *Padus maackii* и *Tilia cordata* характеризуются высокой степенью адаптации в парковых посадках, но менее устойчивы в магистральных, поэтому не рекомендуются для широкого использования в этом типе насаждений. Низкими показателями жизненности отличается *Malus baccata* во всех категориях изученных насаждений, поэтому ее следует использовать в условиях удаленных от источников загрязнения.

Проведенные исследования позволяют рекомендовать предложенную нами комплексную оценку состояния насаждений для широкого внедрения в исследования адаптационного потенциала других видов растений в условиях промышленных

центров Сибири. Результаты исследований могут быть использованы при реконструкции и строительстве зеленых зон г. Красноярска.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Сунцова, Л. Н. Оценка жизненного состояния насаждений общего пользования г. Красноярска / Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков, **Е. В. Козик (Лисотова)** // Вестник КрасГАУ. – 2010. - Вып. 4. – С. 69-73 (ВАК).

2. Сунцова, Л. Н. Анализ структуры древесных растений г. Красноярска / Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков, **Е. В. Козик (Лисотова)** // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2010. – Вып. 191. – С. 58-66 (ВАК).

3. Сунцова, Л. Н. Оценка состояния среды методами фитоиндикации (на примере г. Красноярска) / Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков, **Е. В. Козик (Лисотова)** // ИВУЗ. «Лесной журнал». – 2011. – № 4. – С. 29- 32 (ВАК).

4. **Лисотова, Е. В.** Использование морфометрических признаков для оценки состояния древесных растений г. Красноярска / Е. В. Лисотова, Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков // Хвойные бореальной зоны. – 2013. – Т. XXXI. № 3-4. – С. 59-62 (ВАК).

5. **Лисотова, Е. В.** Оценка жизненного состояния хвойных и лиственных древесных пород в урбанизированной среде города Красноярска / Е. В. Лисотова, Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков // Хвойные бореальной зоны. – 2018. – Т. XXXVI. № 6. – С.498-501 (ВАК).

В других изданиях:

6. **Козик (Лисотова), Е. В.** Видовой состав древесно-кустарниковых растений в озеленении г. Красноярска / Е. В. Козик, Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков // Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство: современные проблемы : матер. Международной научно-технической конференции. – Воронеж, 2010. – Т. 1. – С. 153-158.

7. **Козик (Лисотова), Е. В.** Физиологические особенности древесных растений в условиях урбанизированной среды г. Красноярска / Е. В. Козик, Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков // Актуальные проблемы лесного комплекса : матер. Международной научно-технической конференции. – Брянск: БГИТА, 2010. – Выпуск 26. – С. 139-141.

8. **Лисотова, Е. В.** Вододерживающая способность листьев древесных растений как способ индикации загрязнения урбанизированной среды / Е. В. Лисотова, Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков // Ботанические сады в современном мире: теоретические и прикладные исследования : матер. Всероссийской конференции с международным участием. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – С. 294-295.

9. Ромашкин, И. В. Обследование состояния магистральных насаждений г. Красноярска / И. В. Ромашкин, **Е. В. Лисотова**, Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков // Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири : матер. V Международной интернет-конференции. – Томск: Томский политехнический университет, 2011. – С. 125-129.

10. **Лисотова, Е. В.** Оценка состояния насаждений парка «Гвардейский» в условиях урбанизированной среды г. Красноярска / Е. В. Лисотова, Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков // Роль ботаничних садів і дендропарків у збереженні та збагаченні біологічного різноманіття урбанізованих територій : матер. Міжнародної наукової конференції. – Київ: НЦЕБМ НАН України, ПАТ «Віпол», 2013. – С. 153-155.

11. **Лисотова, Е. В.** Особенности роста и развития некоторых видов древесных растений, произрастающих в магистральных посадках г. Красноярска / Е. В. Лисотова, Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России [Электронный ресурс] : матер. XVI Всероссийской научно-технической конференции. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. – С. 387 – 390.

12. **Лисотова, Е. В.** Водоудерживающая способность листьев как метод биоиндикации состояния урбоэкосистем / Е. В. Лисотова, Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков // Современные проблемы озеленения городской среды : матер. Национальной (всероссийской) научно-практической конференции. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2020. – С. 85 – 88.

13. **Лисотова, Е. В.** Analysis of state of *Betula pendula*, *Padus maackii* and *Malus baccata* tree in the main plantings of Krasnoyarsk city / Е. В. Лисотова, Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений : матер. XXIII Международной научной конференции. – Красноярск, 2020. - С. 58-60.

14. **Лисотова, Е. В.** Оценка состояния насаждений *Populus balsamifera* L. в условиях техногенной среды г. Красноярска / **Е. В. Лисотова**, Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса [Электронный ресурс] : матер. XIII Международной научно-технической конференции. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2021. – С. 163-166.

15. **Лисотова, Е. В.** Особенности роста и развития годичных побегов яблони ягодной в условиях урбосреды / Е. В. Лисотова, Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений : матер. XXVI Международной научной конференции. – Красноярск, 2021. - С. 237-239.

16. **Lisotova, E.** State of woody vegetation in an urbanized environment (the example of Krasnoyarsk) / E. Lisotova, L. Suntsova, E. Insakov // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. – 2021. – 875 012080 (Scopus).

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 82, ученому секретарю диссертационного совета Д 212.249.06.

В отзыве просим указать почтовый адрес организации, телефон и электронную почту лица, представившего отзыв.

Факс: (391) 264-47-09

E-mail: mrepyah@yandex.ru

Подписано в печать 7.06.2022.

Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 1,0. Заказ № 3205. Тираж 100 экз.

Отпечатано

в редакционно-издательском центре СибГУ им. М. Ф. Решетнева

660049, г. Красноярск, проспект Мира, 82

Тел. (391) 222-73-28