

На правах рукописи



КУХАР ИГОРЬ ВАСИЛЬЕВИЧ

**ОСОБЕННОСТИ РОСТА БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*Betula pendula* Roth.) И ЛИПЫ
МЕЛКОЛИСТНОЙ (*Tilia cordata* Mill.) В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ
СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ СКВЕРОВ Г. КРАСНОЯРСКА)**

4.1.6 – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация,
озеленение, лесная пирология и таксация

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Красноярск - 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Авдеева Елена Владимировна

Официальные оппоненты: **Зальвская Ольга Сергеевна**,
доктор сельскохозяйственных наук, ФГАОУ ВО
«Северный (Арктический) федеральный университет имени
М.В. Ломоносова», доцент кафедры ландшафтной архитектуры и
искусственных лесов Высшей школы естественных наук и
технологий

Кузьмик Наталья Сергеевна,
кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ «Федеральный
исследовательский центр Сибирского отделения Российской
академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН), Институт леса им.
В.Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук
– обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, старший
научный сотрудник лаборатории лесной таксации и
лесопользования

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»**

Защита состоится 21.11.2023 г. в 15⁰⁰ на заседании диссертационного совета 24.2.403.02 при ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» по адресу: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 82, зал заседаний диссертационного совета, ауд. Гл-316

E-mail: kalenskaya1966@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» и на официальном сайте <http://sibsau.ru>

Автореферат разослан: 20.09.2023 г.

Отзывы на автореферат в 2 экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 82, ученому секретарю диссертационного совета 24.2.403.02.

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

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



О.П. Каленская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одним из наиболее важных механизмов повышения комфортности проживания в городе является создание рекреационных зон, максимально приближенных к природным условиям, обеспечивающих отдых и защиту здоровья населения. Зеленые насаждения города, помимо эстетических, выполняют средоформирующие и стабилизирующие функции. Древесные растения способны выступать в качестве индикатора состояния городской среды, что позволит предупредить опасные изменения в окружающей среде. На основании этого необходимо проводить исследования состояния зеленых насаждений, выявлять закономерности их роста и на основе полученных результатов качественно управлять процессом озеленения городских территорий. Распространению березы повислой и липы мелколистной на городских объектах озеленения способствуют их эстетические качества, нетребовательность к почвенным условиям, быстрота роста, зимостойкость, высокие средозащитные свойства. Однако создание устойчивых, высокодекоративных объемно-пространственных композиций с доминированием в них данных видов невозможно без учета изменения их биометрических показателей под влиянием факторов урбосреды. При этом региональная научно обоснованная информация по данному вопросу практически отсутствует. На основании этого актуальным является установление особенностей роста березы повислой и липы мелколистной в городских посадках с различным сочетанием антропогенных нагрузок, разработка рекомендаций по созданию объемно-пространственной структуры насаждений с участием данных видов.

Степень разработанности темы. Результаты исследований деградации городских насаждений, устойчивости древесных растений к антропогенным факторам урбосреды, оценки и значения как основных средообразующих элементов городских экосистем и выявление видов-индикаторов, отражающих состояние окружающей среды проведены в разных городах России и представлены в работах Е.В. Авдеевой, Л.И. Аткиной, Н.А. Бабича, В.Н. Башкина, В.А. Безруких, И.Л. Бухариной, Г.С. Вараксина, О.С. Зальвской, А.А. Извекова, Е. М. Иншакова, Ю.В. Кладько, Б.И. Кочурова, Е.В. Лисотовой, Р.И. Лоскутова, З.Я. Нагимова, Д.И. Нуриева, Е.В. Поляковой, Е.В. Потаповой, Л.П. Рысина, М.И. Седаевой, Л.Н. Скрипальщиковой, Т.Б. Сродных, Л.Н. Сунцовой, Н.В. Терехиной, А.Б. Трубянова, М.Д. Уфимцевой, М.А. Шемберга, Н.С. Шиховой, А.К. Экарта и ряда других авторов. Однако, обзор исследований показал, что недостаточно информации для создания устойчивых, высокодекоративных насаждений с участием березы повислой и липы мелколистной в городах Сибири с различным уровнем техногенной нагрузки.

Цель работы. Установить изменчивость показателей роста березы повислой и липы мелколистной в скверах г. Красноярск, обосновать их использование в качестве видов-индикаторов состояния урбосреды, разработать рекомендации по объемно-пространственной и дендрологической структуре насаждений с участием данных видов.

Задачи исследований

1. Провести инвентаризационную оценку городских скверов, выявить особенности распространения видов, оценить жизненное состояние изучаемых видов на данных объектах озеленения.
2. Изучить особенности роста березы повислой и липы мелколистной в скверах

г. Красноярска.

3. Оценить изменчивость ассимиляционного аппарата исследуемых видов, апробировать авторскую методику оценки состояния среды дендроиндикационным методом.

4. Разработать предложения по оптимизации объемно-пространственной структуры насаждений с участием данных видов (плотность посадок, видовой состав) с учетом экологических свойств растений для территорий г. Красноярска с различным уровнем антропогенных воздействий.

Научная новизна диссертационной работы обусловлена тем, что впервые для деревьев березы повислой и липы мелколистной, произрастающих в скверах г. Красноярска выявлена динамика биометрических параметров, характер роста по высоте позволяет выделить два уровня качества среды: в первый, входят насаждения, произрастающие в удовлетворительном и напряженном состоянии среды, во второй – в конфликтном и критическом. Существенные различия в морфологическом развитии исследуемых видов начинают проявляться с 20-летнего возраста в зависимости от уровня техногенных нагрузок. Установлена сильная обратная корреляционная зависимость между площадью листьев и уровнем техногенной нагрузки, по влиянию факторов городской среды на ассимиляционный аппарат исследуемых видов, что позволяет достоверно выделить три уровня качества среды: в первый входят насаждения, произрастающие в удовлетворительных и напряженных условиях, во-второй – в конфликтных и, особенно чутко отреагировали растения, произрастающие в критических условиях. Параметром, наиболее чувствительно реагирующим на изменение условий произрастания, является площадь листовой пластины. Сравнительный анализ изменения асимметрии листовых пластин под воздействием факторов городской среды показал, что реакция березы повислой выражена сильнее, чем у липы мелколистной, данный вид рекомендуется в качестве вида-индикатора. Использование авторской методики оценки состояния среды по показателю асимметричности площади половинок листовых пластин, позволяет выделить четыре уровня качества среды (четыре типа условий произрастания). Её использование в экологическом мониторинге значительно снизит временные затраты и повысит уровень достоверности результатов.

Теоретическая и практическая значимость работы. Установлено, что пространственные характеристики скверов - площадь, линейная форма, отсутствие «зеленых» буферных зон - не способствуют улучшению экологической комфортности среды на данных территориях как для роста растений, так и отдыха посетителей, не позволяют снизить уровень воздействия аэротехногенных воздействий, что отражается на состоянии листовых пластин исследуемых видов. Математическая модель – функция взаимосвязи асимметрии листовых пластин и уровня загрязнения воздушной среды – является инструментом перекрестного прогнозирования: уровень загрязнения воздушной среды определяет тип условий произрастания растительности на объекте озеленения, что отражается на изменчивости показателей асимметрии ассимиляционного аппарата исследуемых видов; показатели изменчивости листовых пластин отражают уровень загрязнения и, соответственно, определяют тип условий произрастания. В итоге перекрестные данные позволяют прогнозировать рост и развитие исследуемых видов на определенной территории, и соответственно, принимать рациональные решения по формированию объемно-пространственной и дендрологической

структуры насаждений уже на стадии проектирования и подбирать адекватные мероприятия по уходу за ними. Анализ сезонного развития позволил скорректировать сроки весенней и осенней посадки исследуемых видов. На основании результатов исследования динамики развития крон исследуемых видов, определены рекомендуемые расстояния в рядах, группах и радиусы сфер эстетического и биологического развития солитера для различных условий г. Красноярска, определена плотность посадок в зависимости от уровня техногенной нагрузки. Результаты фенологических исследований позволяют скорректировать технологические карты работ по срокам весенней и осенней посадки растений с открытой корневой системой и формирующей обрезке.

Методы исследования базировались на общепринятых и авторских методиках. В основу исследований положен комплексный подход, математическая обработка данных выполнялась с использованием стандартных пакетов прикладных программ MS Office Excel, «Statistica 10.0», «КОМПАС-3D V 20», авторской программы LeafProg «Анализ листовой пластины древесных растений». Для сбора данных, обработки фотоснимков, проведения статистических расчетов применен ряд специализированных программ.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Характер и степень жизненного состояния исследуемых видов в городских посадках зависит от интенсивности антропогенных факторов и отражается на состоянии ассимиляционного аппарата и биометрических параметрах. Авторская методика оценки условий произрастания растений по показателю асимметричности площади половинок листовых пластин адекватно отражает тенденцию изменения развития березы повислой и липы мелколистной и позволяет прогнозировать рост и развитие исследуемых видов на определенной территории, и соответственно, принимать рациональные решения по формированию объемно-пространственной и дендрологической структуры насаждений.

2. В условиях урбосреды изменяются ритмы сезонного развития: интродуцентный вид липа мелколистная отличается более поздними сроками весенних фаз развития (сравнению с аборигенным видом - береза повислая), с длительным сроком и обильным цветением, яркой цветовой окраской осенних листьев, сохраняет декоративность на протяжении всего вегетационного периода является перспективным видом для озеленения промышленных центров со сложными климатическими условиями и антропогенными нагрузками Сибири.

Достоверность результатов диссертационной работы. Степень достоверности полученных результатов обусловлена многолетними (2007 – 2023 гг.) исследованиями, необходимым и достаточным объемом экспериментального материала, использованием современных средств статистического анализа и программного обеспечения. Результаты исследований апробированы на международных конференциях: «FarEastCon-2021» (Владивосток); научно-практический форум "Проблемы озеленения крупных городов" (Москва, 2018, 2019); «Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных насаждений» (Красноярск, 2018, 2019) и всероссийских конференциях: «Теория и практика ландшафтной архитектуры» (Красноярск, 2018), «Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства (Красноярск, 2017 – 2023).

Публикации. По теме работы опубликовано 19 научных статей, в том числе 3 в рецензируемых журналах по списку ВАК, 2 в изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и приложений. Текстовая часть диссертации изложена на 276 страницах содержит 43 таблицы, 68 рисунков и 7 приложений. Список использованных источников включает 437 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Представлен аналитический обзор современного состояния исследований роста и развития древесных растений в условиях городской среды (Колесников, 1974; Якубов, 1995 – 2019; Авдеева, 2007 – 2021; Сомов, 2012 - 2019; Горохов, 2012; Аткина, 1998 – 2023; Полякова, 2004; Николаевский 2001; Скрипальщикова, Стасова, 2018, Нуриев, 2019, Турмухометова, 2019, Хисматуллин, 2020, Выводцев, 2022, Габделхаков, 2022 и др.). Анализ обеспеченности скверами г. Красноярска, показал, что в среднем по городу она составляет 31 % от нормативных значений, при этом отмечено их неравномерное распределение по административным районам: 121 % в Центральном и 10 % в Ленинском - одном из самых промышленных районов города. Представлен сравнительный анализ видового состава в скверах – с удалением от центра происходит уменьшение количества видов от 40 в центре города до 11 – на периферии; анализ ассортимента растений показал использование как аборигенных видов, так и интродуцентов. Представлены результаты современной реконструкции скверов г. Красноярска по программе «Формирование комфортной городской среды» в 2018 – 2022 г.

Опыт интродукции для озеленения г. Красноярска представлен в работах А.К. Габделхакова, И.Ю. Коропачинского, Е.П. Куминова, Р.И. Лоскутова, Н.В. Михайловой, И.Н. Павлова, Ф.И. Плешикова, Н.П. Погосовой, Е.Н. Протопоповой, Л.Н. Скрипальщиковой, М.И. Седаевой, Н.Г. Чаплыгина, А.Ю. Хисматуллина и др. В работах Н.А. Бабица, Г.С. Вараксина, Н.В. Выводцева, Е.М. Иншакова, А.А. Капленко, Е.В. Лисотовой, А.В. Лебедева, Г.Ю. Морозовой, О.А. Неверовой, Т.А. Нефедовой, Е.В. Поляковой, Л.Н. Сунцовой, А.К. Фролова и др. рассмотрено влияние факторов городской среды на рост и развитие древесных растений, в которых установлено, что уровень жизненного состояния растения практически во всех городах снижен, это демонстрирует отрицательное действие городской среды на живые организмы. В работах рассмотрены биоиндикационные возможности различных видов древесных растений (Константинов, 2001; Мокров, 2005; Солдатова, 2008; Скрипальщикова, 2014; Турмухометова, 2019 и др.)

Таким образом, анализ исследований и результаты рекогносцировочного обследования скверов г. Красноярска показали, что повысить уровень комфортности населения в сложившихся природно-климатических и техногенных условиях в промышленных городах Сибири возможно при максимальном использовании свойств древесных растений с учетом воздействия региональных природных и техногенных особенностей территорий на изменение объемно-пространственных характеристик в возрастном аспекте. На основании этого в качестве объектов исследования выбраны береза повислая, как аборигенный вид и липа мелколистная – вид-интродуцент.

2 ПРОГРАММА, ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Программа исследований: анализ природно-климатических ресурсов г. Красноярска и его зеленой зоны, загрязнения воздушной среды города, интегральная оценка состояния фитосреды на исследуемых объектах озеленения; инвентаризационная оценка скверов; исследование изменчивости биометрических показателей роста в возрастной динамике, ассимиляционного аппарата березы повислой и липы мелколистной; оценка состояния урбосреды методами дендроиндикации, апробация авторской методики; сравнительный анализ сезонного развития исследуемых видов в городских посадках с различными условиями произрастания; разработка научно обоснованных рекомендаций по созданию искусственных насаждений с участием березы повислой и липы мелколистной в различных условиях городской среды.

Инвентаризационная оценка проведена на 11 объектах озеленения города (девять скверов, максимально приближенных к постам наблюдения и два контрольных участка, расположенных в зеленой зоне г. Красноярска), на которых обследовано 2,5 тысячи деревьев в 2017 – 2021 г. Объекты исследования - береза повислая, липа мелколистная. Возрастное состояние определялось по классификация возрастных состояний, представленных в работе «Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники» под редакцией О.В. Смирновой (Диагнозы и ключи..., 1989).

На каждом объекте выполнена фотофиксация деревьев с масштабным устройством; в программе «КОМПАС-3D V20» проведены измерения биометрических параметров: высота дерева, высота до максимального диаметра кроны, высота до начала кроны, диаметр кроны; обработано более 3000 цифровых фотографий. Для каждой выборки по общепринятым формулам рассчитывались биометрические параметры и их статистические показатели (Мамаев, 1972).

Оценка условий произрастания насаждений на объектах городского озеленения проводилась на основе методики Е.В. Авдеевой (2008), в которой качестве показателя состояния озелененных территорий принимается плотность негативных факторов, отрицательно влияющих на рост древесных растений, с учетом интенсивности их проявления и определяется как сумма баллов, отражающих негативное воздействие среды на зеленые насаждения. Результаты обобщенной бальной оценки позволяют оценить вклад каждой группы факторов (ландшафтные, техногенные, автотранспортные, градостроительные, рекреационные), влияющих на условия произрастания растений, и на основании полученного интегрального показателя сгруппировать объекты озеленения по уровню воздействия на них урбанизированной среды. Вклад каждого фактора в общий баланс обоснован требованиями нормативных документов и результатами научных исследований. Оценка жизненного состояния растений проводилась по методике А.А. Алексеева (1990).

Взаимосвязь средних значений биометрических параметров деревьев с возрастом в пределах рядов роста оценивалась: по высоте по формуле Мичерлиха; по диаметру ствола – степенной функцией, по диаметру кроны – линейной. Обработка данных проводилась в пакете прикладных программ «Statistica 10.0».

Оценка стабильности развития исследуемых видов проводилась по двум параметрам: коэффициенту асимметрии по пяти параметрам листьев (по методике В.М. Захарова и др.) и показателю асимметричности по площади половинок листьев (по методике авторов). Сбор листьев проводился с растений, находящихся

в одинаковых условиях по уровню освещенности, влажности, но с различной интенсивностью антропогенной нагрузки, в двух местах каждого сквера: в центре и на периферии. Для анализа использовались средневозрастные растения. Собранный материал сканировался с разрешением 300 dpi. Для повышения точности и достоверности результатов площадь половинок листа определялась с точностью до 1 мм² с использованием программы LeafProg «Анализ листовой пластины древесных растений» (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 - Определение площади листовых пластин в программе LeafProg «Анализ листовой пластины древесных растений», разработанной на кафедре лесного инжиниринга Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева (свид. о гос. регистрации № 2009614523), авторы Е.В. Авдеева, А.А. Карпов (на примере листа березы повислой).

По методике В.М. Захарова коэффициент асимметрии оценивался с помощью интегрального показателя – величины среднего относительного различия на признак (5 признаков). Полученный показатель характеризует степень асимметричности организма, для которого (В.М. Захаровым в соавторстве) разработана шкала отклонений, где значения показателя асимметрии характеризуют состояние среды.

Авторский метод определения типа условий произрастания растений (оценки качества среды) заключается в оценке показателя асимметричности площади половинок листовых пластин древесных растений, который аналогично методу В.М. Захарова, базируется на принципе подобия частей живых организмов, обладающих билатеральной симметрией. При этом отношение площадей ограниченных подобных фигур равно квадрату коэффициента подобия. Показатель асимметричности листовых пластин является аналогом коэффициента подобия и равен квадратному корню отношения площадей половинок листовых пластин. Авторский метод является эквивалентным методом методу по пяти параметрам, так как оба метода связаны с геометрическим подобием и с помощью определенных замеров позволяет перейти от одного к другому.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Рекомендации по подбору ассортимента видов для ландшафтного строительства должны опираться на соответствие экологических ниш древесных растений дендроклиматическим ресурсам местности. Для анализа использовались опубликованные в литературе (Пузаченко, Скулкин, 1981) параметры экологических ниш березы и липы, а также климатические параметры территорий по данным метеостанций: «Красноярск, Опытное поле» и «Красноярск, город». Результаты анализа соответствия дендроклиматических ресурсов и параметров экологических ниш березы повислой и липы мелколистной, проведенные по семи критериям: гидротермический коэффициент, сумма активных температур, температура января, сумма осадков за теплый период, сумма осадков за холодный период, относительная влажность воздуха, высота снежного покрова, показали, что природные условия представленных ландшафтных зон соответствуют всем параметрам экологической ниши березы повислой (данный вид является одним из основных лесообразующих

видов ландшафтных зон г. Красноярск и его окрестностей). Для липы мелколистной, являющейся интродуцентом, сумма активных температур, рассчитанных по данным метеостанции Красноярск, Опытное поле, отражает пограничные условия между средой и показателями экологической ниши. Климатические параметры по данным мтс. Красноярск, Город. по условиям сочетания температуры и влажности (гидротермический коэффициент Селянинова), а также сумме осадков находятся на границе требований для роста липы мелколистной. Таким образом, лимитирующими факторами для развития липы мелколистной в городских и пригородных пространствах выступают режимы увлажнения, что необходимо учитывать при уходе за насаждениями на городских объектах озеленения.

Анализ климатических условий на объектах показал, что на контрольном участке в районе мтс. Опытное поле, расположенной в зелёной зоне города достоверно отличаются от всех городских территорий, на которых расположены стационарные посты наблюдения. На территории города по сходству климатических характеристик выделено две основные группы: схожие условия по климатическим характеристикам наблюдаются на территориях города в районе постов наблюдения, расположенных по ул. Красномосковская и ул. 26 Бакинских комиссаров, данные территории располагаются ближе к периферии города; во вторую группу объединились территории, расположенные в плотных жилых массивах, вблизи промышленных предприятий и районы с высоким уровнем твердых «запечатанных» поверхностей (посты наблюдения по ул. Сурикова, ул. Матросова, ул. Чайковского, ул. Быковского); несколько отличается климатические условия на наблюдения по ул. Кутузова (вероятнее всего за счет низких значений влажности воздуха).

За последние 10 лет уровень загрязнения воздуха в г. Красноярске характеризуется как «очень высокий». При этом различия уровней аэротехногенных нагрузок в разных районах города составляют до 50 %, что в 2,5 раза превышает «фоновый» уровень пригородных территорий (по данным мтс. Красноярск. Опытное поле). Выявлено, что наиболее опасным для растений и вносящий наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха города Красноярска является диоксид азота. В результате анализа полученных данных на исследуемых объектах озеленения выделено четыре типа условий произрастания растений: удовлетворительный – территории со значениями загрязняющих веществ близких к ПДК, на которых отсутствуют значительные источники нарушения природной среды; напряженный – умеренное загрязнение атмосферного воздуха, отдельные негативные техногенные процессы и явления, нарушены технологические приемы по уходу за зелеными насаждениями, превышены нормы рекреационной нагрузки на объекты озеленения; конфликтный – вблизи промышленных предприятий, вдоль автомагистралей с интенсивным движением транспорта, на данных территориях отмечается загрязнение атмосферы, почв, рекреационное, вибрационное и другие виды воздействий, значительно увеличены урботехногенные нагрузки; критический – с наибольшими объемами и концентрациями загрязняющих веществ от промышленных предприятий и автотранспорта, оказывающие негативное влияние на здоровье населения, рост и развитие древесных растений. Полученные данные показали сложность условий произрастания березы повислой и липы мелколистной в городских посадках и позволили объединить насаждения в обобщенные группы по сходству влияния факторов среды: в удовлетворительных условиях произрастает 9,6 % обследованных насаждений; напряженных – 27,3 %; конфликтных – 22,7 % и критических – 40,4 %. Результаты оценки положены в основу дальнейших исследований.

4 ИНВЕНТАРИЗАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ГОРОДСКИХ ОБЪЕКТОВ ОЗЕЛЕНЕНИЯ

Периодическая фиксация состояния объектов озеленения и сравнительный анализ современных материалов с предшествующими позволяют оценить динамику состояния изучаемых объектов, изменения качества и количества древесных растений, а также установить причины происходящих процессов. На основании этого, для каждого исследуемого объекта озеленения, составлен экологический паспорт, в котором отражены следующие характеристики: категория объекта по функциональному назначению, значимость в структуре города, месторасположение, площадь, периметр, видовой состав древесных растений, их жизненное состояние, тип условий произрастания на объекте и др.

Все обследованные скверы являются объектами озеленения общего пользования и относятся к объектам районного значения, площади которых находятся в пределах от 0,81 до 2,95 га, за исключением сквера «Космонавтов», площадь которого составляет 6,96 га, зона комфорта к которому может составлять до 30% в зависимости от его конфигурации. Пространственная форма объектов изменяется от компактной – в четырех скверах «Серебряный», «Сказочный», «им. В.И. Сурикова», «Энтузиастов», которая является экологически эффективной, что способствует повышению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости насаждений на данной территории. В трёх скверах «Лесок», «Юбилейный», «Космонавтов» линейная пространственная форма объектов способствует снижению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости зеленых насаждений, из-за незащищенности внутренних пространств объекта.

В изучаемых скверах биоразнообразие насаждений значительно варьирует и по мере приближения к центральной части города увеличивается: от семи (сквер «Сказочный») до тридцати (сквер «Космонавтов») видов растений и от трех до шести типов насаждений. В ассортименте древесных растений всех исследуемых скверов представлена береза повислая, липа мелколистная отсутствует в скверах «Серебряный» и «Юбилейный». Доля участия березы повислой выше, чем липы мелколистной в насаждениях данных скверов и изменяется от средней до очень высокой, составляет от 0,6 до 45%.

Результаты исследований показали, что в городской среде, в зависимости от сложившихся условий, исследуемые виды, находящиеся в одинаковом календарном возрасте, имеют различный внешний облик, отражающий жизненное состояние растений. Жизненное состояние березы повислой и липы мелколистной изменяется от «отличного» до «крайне неудовлетворительного». Наибольшее количество деревьев березы повислой состояние которых оценивается как «здоровые» (88 %) произрастает в сквере «Серебряный», «ослабленного» состояния отмечено в сквере «им. В.И. Сурикова» (47 %), «Одесский» (100 %). Максимальное количество «здоровых» деревьев липы мелколистной (50 %) отмечено в сквере «Космонавтов», «ослабленных» - до 90 % в сквере «Панюковский», в скверах «Сказочный» и «Одесский» нет «здоровых» экземпляров. Полученные результаты положены в основу дальнейших исследований.

5 ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕРЁЗЫ ПОВИСЛОЙ И ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ В СКВЕРАХ Г. КРАСНОЯРСКА

5.1 Изменчивость биометрических параметров исследуемых видов

Древесные растения одного вида, произрастающие под воздействием различных уровней техногенной нагрузки по внешним признакам отличаются между собой и растениями данных видов естественных мест обитания. Рост как процесс не прерывается в течение жизни растений, но под влиянием внешних факторов изменяются его формы и скорость. Установить степень воздействия факторов урбосреды позволяет анализ динамики биометрических параметров древесных растений. Разница между средними значениями высот исследуемых видов в удовлетворительных и напряженных условиях произрастания, а также в конфликтных и критических не является достоверно значимой. На основании этого выборки были объединены и построены обобщенные графики роста по высоте. Рост по высоте достоверно описывается уравнением Мичерлиха, коэффициенты уравнения и критерии их оценки представлены в таблице 5.1, графики на рис. 5.1.

Таблица 5.1 - Коэффициенты уравнения и критерии их оценки

Тип условий произрастания	Береза повислая					Липа мелколистная				
	Коэффициенты уравнения			Критерии оценки		Коэффициенты уравнения			Критерии оценки	
	b_1	b_2	b_3	R^2	F	b_1	b_2	b_3	R_2	F
Удовлетворительный - напряженный	18,05	16,7	2,1	0,989	3416	13,92	21,39	1,8	0,993	6809
Конфликтный - критический	17,09	21,39	1,71	0,994	12922	11,07	15,6	2,81	0,982	5346

R^2 – коэффициент детерминации, F – критерий Фишера

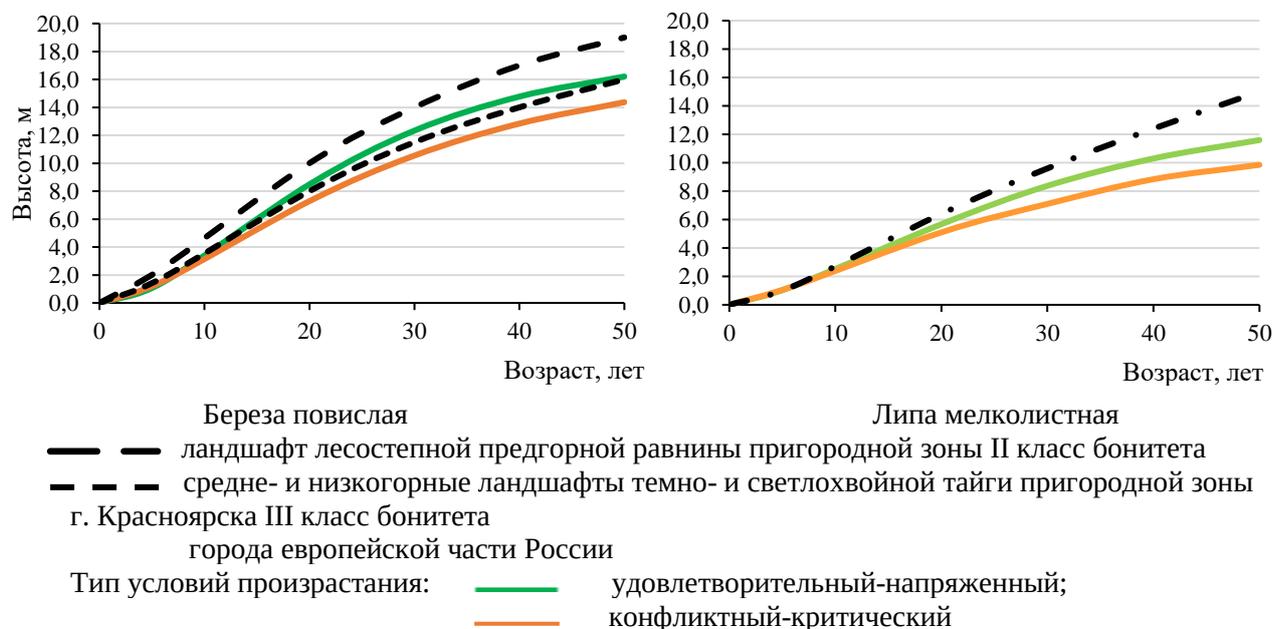


Рисунок 5.1 – Динамика роста по высоте

Сравнительный анализ роста деревьев по высоте показал, что:

- до 20-летнего возраста условия произрастания существенно не влияют на морфологическое развитие обоих видов, в дальнейшем в темпах роста по высоте

выделено два типа для каждого вида. Амплитуда изменения значений по высоте деревьев в возрасте 50 лет для березы составляет 1,84 м, для липы – 1,74 м. Интервал между кривыми роста составляет 11,3 % - для березы, 15,01 % - для липы, что отвечает требованиям суммарной точности группировки рядов по типам роста;

- рост березы по высоте в удовлетворительном-напряженном типах условий произрастания к 50-летнему возрасту превышает рост липы на 26 %, в конфликтном-критическом - на 31 %;

- наложение графиков зависимости высоты деревьев березы повислой от возраста, произрастающих в естественных и городских условиях, показало, что высота посадок березы повислой, растущих в городской среде в удовлетворительных и напряженных условиях, к 50-летнему возрасту соответствует данному показателю у деревьев, растущих в естественных насаждениях III класса бонитета. У насаждений, растущих в конфликтных и критических условиях, потери по высоте к 50-летнему возрасту составляют до 10,2 % относительно данного показателя естественных насаждений III класса бонитета (преобладающего в зоне темнохвойной и светлохвойной тайги пригородной зоны г. Красноярска);

- так как липа мелколистная является интродуцентом, сравнение показателей роста проведено с показателями ее роста в Европейской части России. В условиях г. Красноярска наблюдается отставание роста липы мелколистной по высоте до 22,7% в удовлетворительных и напряженных условиях произрастания и до 34,3 % в конфликтных и критических условиях по сравнению ростом в городах Европейской части России. Полученные результаты позволили составить ряды хода роста исследуемых видов по типам условий произрастания (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Ряды хода роста исследуемых видов по типам условий произрастания

Диапазон возраста, лет	Тип условий произрастания			
	удовлетворительные - напряженные	конфликтные - критические	удовлетворительные - напряженные	конфликтные - критические
	Береза повислая		Липа мелколистная	
6 - 8	1,5 – 2,5 (саженцы ГОСТ 24909-81)			
8 - 10	2,5 – 4,5		2,5 – 3,2	
11- 15	4,6 – 7,0		3,3 – 4,8	
16 - 20	7,1 – 9,0		4,9 – 6,4	
21 - 25	9,1 – 11,5	9,1 – 10,0	6,5 – 7,7	6,5 – 6,9
26 - 30	11,6 – 13,0	10,1 – 11,2	7,8 – 8,9	7,0 – 7,5
31- 35	13,1 – 14,3	11,3 – 12,3	9,0 – 9,9	7,6 – 8,5
36 - 40	14,4 – 15,2	12,4 – 13,3	10,0 – 10,7	8,6 – 9,2
41 - 45	15,3 – 15,9	13,4 – 14,0	10,8 – 11,3	9,3 – 9,6
46 - 50	16,0 – 16,5	14,1 -14,7	11,4 – 12,5	9,7 – 10,5

Установлено, что возраст, при котором деревья исследуемых видов в питомниках достигают высоты 1,3 м, в среднем составляет 6 лет. При построении графиков зависимостей роста по диаметру ствола использовалась группировка насаждений по условиям местопроизрастания, полученная в ходе анализа данных по высоте. Зависимости роста по диаметру представлены на графиках (рисунок 5.2).

Анализ результатов исследований показал, что максимальных диаметров ствола достигают деревья, произрастающие в удовлетворительных условиях, при увеличении техногенных нагрузок наблюдается снижение размеров диаметров, к 50 годам оно составляет: для березы – 35%, липы – 19%, при этом существенных

различий между исследуемыми видами по диаметру ствола деревьев, произрастающих в конфликтных-критических условиях, не проявляется.

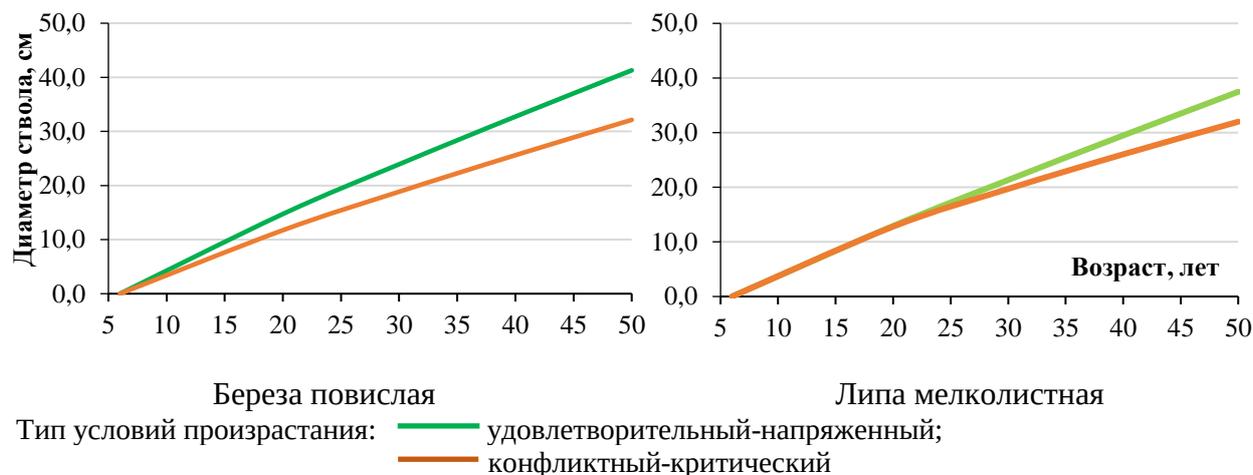


Рисунок 5.2 – Динамика роста по диаметру ствола

Архитектура растений определяется вертикальной структурой кроны, ее размерами, формой, характером ветвления, состоянием взаимного расположения ветвей, которое отражает воздействие факторов среды и характеризуется освещенной, затененной и частью дерева без кроны (штамбом), высотой расположения максимального диаметра кроны (рисунок 5.3).

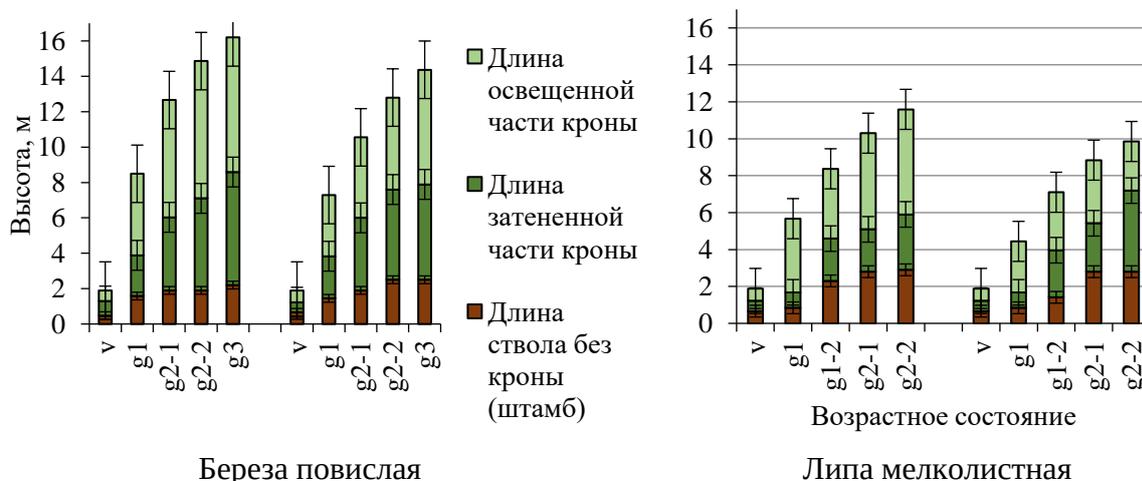


Рисунок 5.3 - Динамика вертикальной структуры исследуемых видов на объектах озеленения г. Красноярска

Анализ динамики вертикальной структуры исследуемых видов показал, что с возрастанием антропогенных нагрузок снижается протяженность кроны относительно общей высоты дерева. Так длина, наиболее эффективно работающей освещенной части кроны липы мелколистной, в возрасте 50 лет в удовлетворительных и напряженных условиях составляет 49,1 % относительно общей высоты дерева, в конфликтных и критических – 27,0 %; для березы повислой данные показатели составляют 44% в удовлетворительных и напряженных условиях произрастания, в конфликтных и критических – 40%. Изменения биометрических параметров кроны носят адаптивный характер, связаны с уменьшением прироста дерева по диаметру ствола, что обуславливает сокращение прироста ветвей и, соответственно, снижение размеров кроны, у липы мелколистной прослеживается

критический условиях. Таким образом, площадь листовых пластин является более чувствительным признаком-маркером, чем биометрические показатели (высота, диаметр ствола), что позволяет выделить три уровня качества среды (три типа условий произрастания растений).

5.3 Оценка состояния среды методами дендроиндикации

Оценка стабильности развития ассимиляционного аппарата берёзы повислой и липы мелколистной проводилась в условиях городской среды по двум показателям: коэффициенту асимметрии и показателю асимметричности площади половинок листовой пластины, рассчитанным по двум методикам: методике В.М. Захарова и методике авторов. Результаты исследования позволяют сделать ряд выводов:

- выявленная тенденция к снижению стабильности развития данных видов адекватна увеличению уровня техногенной нагрузки (выраженную через ИЗА₄, в долях ПДК): наименьший уровень нарушений развития растений по состоянию ассимиляционного аппарата наблюдается на контрольном участке в районе Плодово-ягодной станции и в сквере «Лесок», где уровень загрязнения атмосферного воздуха минимальный (данные объекты находятся за чертой города и близко к ней, вдали от предприятий и автомагистралей), величина параметров асимметрии на данных объектах не превышает условной нормы. Наибольшее снижение стабильности развития растений отмечено в выборках скверов «Одесский» и «им. В.И. Сурикова», где значения коэффициентов асимметрии листовых пластин составляет от 0,07 и выше, что характеризует состояние среды как критическое;

- оценка достоверности различий величин асимметрии показала, что разница между полученными значениями в центре сквера и на его периферии является статистически недостоверной, т.е. при сложившейся планировочной структуре скверов их размеры и конфигурация, а также плотность обрамляющих зеленых насаждений не позволяют снизить уровень воздействия техногенных факторов центре скверов, что отражается на асимметрии листовых пластин;

- проведенные исследования одного процесса – изменения флуктуирующей асимметрии листовых пластин - позволили установить величины их изменения в зависимости от уровня техногенной нагрузки двумя эквивалентными методами (методом В.Н. Захарова и авторским). Установлено, что данные методы описывают процесс изменчивости асимметрии листовых пластин и отражают изменения данного процесса в условиях городской среды в зависимости от уровня загрязнения атмосферного воздуха. Анализ линий тренда показал, что исследуемый процесс адекватно аппроксимируется логарифмической функцией (рис. 5.5).

- математическая модель – функция зависимости асимметрии листовых пластин и уровня загрязнения воздушной среды – является инструментом прогнозирования: уровень загрязнения воздушной среды (ИЗА₄, в долях ПДК) определяет тип условий произрастания растительности на объекте озеленения, что отражается на показателях асимметрии ассимиляционного аппарата исследуемых видов; показатели асимметрии листовых пластин отражают уровень загрязнения и, соответственно, предопределяют тип условий произрастания. В итоге полученные перекрестные данные позволяют прогнозировать рост и развитие древесных растений на определенной территории, и соответственно, принимать рациональные решения по формированию объемно-пространственной и дендрологической

структуры насаждений уже на стадии проектирования и подбирать адекватные мероприятия по уходу за ними. Таким образом, исследуемые виды достаточно чутко реагируют на воздействие городской среды, а коэффициенты асимметрии листовых пластин отражают ее состояние и условия произрастания растений.

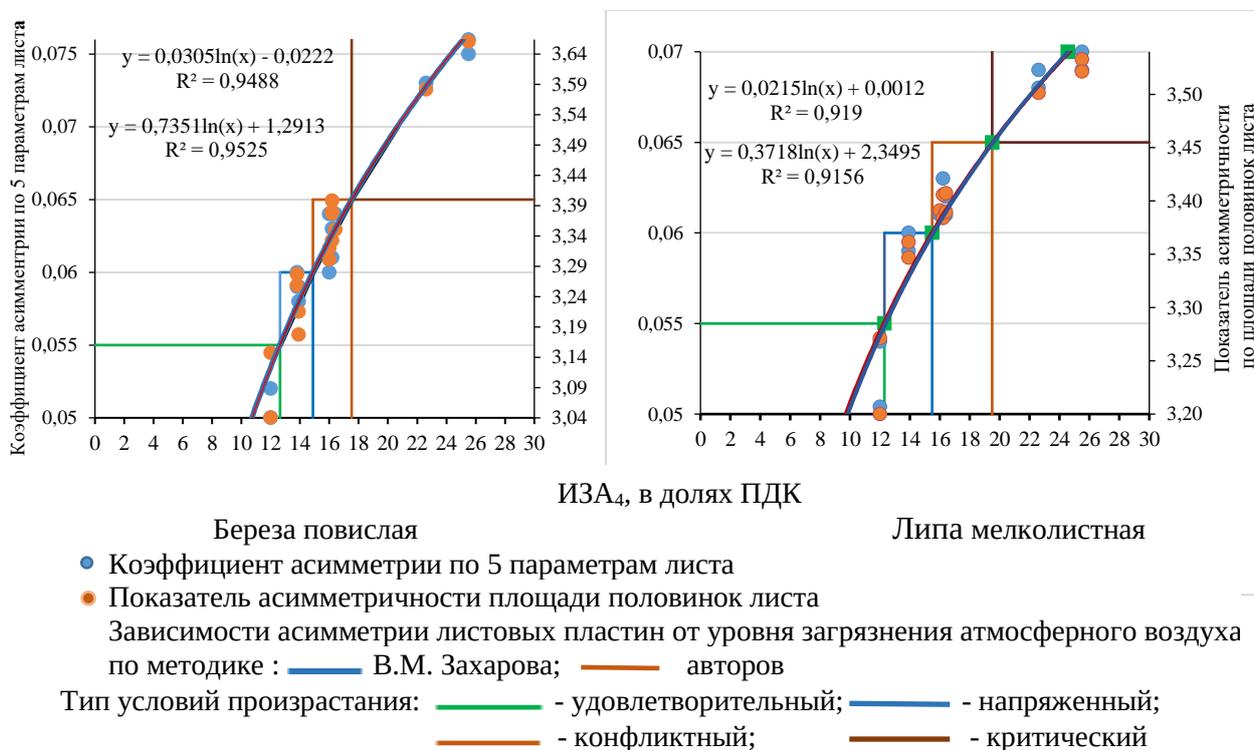


Рисунок 5.5 - Описание процесса изменения асимметрии листовых пластин в зависимости от уровня техногенной нагрузки в условиях урбанизированной среды двумя эквивалентными методами исследования

На основании сопоставления коэффициентов асимметрии, полученных по методикам В.М. Захарова и авторской, нами разработана шкала оценки условий произрастания древесных растений по показателю асимметричности площади листовых пластин (таблица 5.3).

Таблица 5.3 - Оценка качества среды по показателям асимметрии листьев березы повислой (на примере скверов г. Красноярск)

Кoeffициент асимметрии по 5 параметрам листа [по методике В.М.Захарова]	Показатель асимметричности по площади половинок листа [по методике авторов]	Границы качества среды - ИЗА ₄ , в долях ПДК для человека	Тип условий произрастания растений [по методике авторов]	Оценка качества среды [по методике В.М.Захарова]
до 0,055	до 3,15	до 12,64	удовлетворительный	условно нормальное
0,056 – 0,06	3,16 – 3,27	12,65 – 14,89	напряженный	начальные отклонения
0,061 – 0,065	3,28 - 12,39	14,90 – 17,53	конфликтный	средний уровень отклонений от нормы
более 0,066	более 3,40	более 17,54	критический	существенный уровень отклонений / критическое состояние

Результаты исследований позволили установить особенности показателей роста исследуемых видов, произрастающих в урбосреде с различным уровнем антропогенных воздействий (табл. 5.4).

Таблица 5.4 – Особенности показателей роста исследуемых видов в зависимости от условий произрастания

Биометрические параметры, показатели состояния растений в возрасте 50 лет	Расчетные значения / % снижения значений относительно размеров деревьев в удовлетворительных условиях г. Красноярска															
	Тип условий произрастания															
	I – II		III – IV		I – II		III – IV									
Вид растения	Береза повислая				Липа мелколистная											
Индекс жизненного состояния (среднее)	83,5		67,2 / 19,5		40		21 / 47,5									
Высота дерева, м	16,20		14,37 / 11,3		11,59		9,85 / 15,01									
Диаметр ствола, см	41,29		32,13 / 22,18		37,47		32,00 / 14,6									
Диаметр кроны, м	5,8		4,1 / 29,3		4,22		3,9 / 7,6									
Длина освещенной поверхности кроны, м ²	7,62		6,48 / 17,96		5,69		2,66 / 53,25									
Освещенная поверхность кроны относительно высоты, %	46		45		49		27									
Площадь листовой пластины, мм ²	I - II		III		IV		I - II		III		IV					
	2361		2118 / 10,3		1505 / 29,5		3286		3028 / 7,8		2685 / 18,3					
Показатель асимметричности листовых пластин по площади половинок листа, %	I		II		III		IV		I		II		III		IV	
	3,04		3,15 / 3,6		3,27 / 7,5		3,40 / 11,8		3,20		3,28 / 2,5		3,36 / 5		3,45 / 7,8	

I – удовлетворительный, II – напряжённый, III – конфликтный, IV – критический

Сравнительный анализ изменения асимметрии листовых пластин под воздействием факторов городской среды показал, что реакция березы повислой выражена сильнее, чем у липы мелколистной, данный вид рекомендуется в качестве вида-индикатора. Использование авторской методики оценки состояния среды по показателю асимметричности площади половинок листовых пластин, позволяет выделить четыре уровня качества среды (четыре типа условий произрастания древесных растений). Её применение в экологическом мониторинге значительно снизит временные затраты и повысит уровень достоверности результатов.

6 СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ И ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ В ГОРОДСКИХ ПОСАДКАХ С РАЗЛИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ ПРОИЗРАСТАНИЯ

Анализ исследований позволил установить видовые особенности в фенологическом развитии исследуемых видов:

- **береза повислая** – аборигенный вид – как в пригородной зоне, так и в условиях города данный вид относится к группе поздно начинающих и рано заканчивающих вегетацию; при этом в условиях городской среды в сквере «им. В.И. Сурикова» (критический тип условий произрастания) практически все фенофазы начинаются на неделю раньше, чем в пригородной зоне и на других объектах; изменчивость исследуемых фенологических периодов более высокая, чем

у липы мелколистной; осеннее окрашивание листьев является важным декоративным свойством данного вида, при этом достаточно длительный период составляет $26,4 \pm 0,5$ сут. (у с липы - $17,1 \pm 0,35$ сут.), ярко-желтая окраска листьев повышает декоративность посадок в осеннюю пасмурную погоду;

- *липа мелколистная* – вид-интродуцент – в пригородной зоне данный вид относится к группе поздно начинающих и рано заканчивающих вегетацию, в условиях городской черты ее вегетационный период увеличивается, за счет повышения среднемесячных температур воздуха на 24% относительно «фоновых» данных; наибольшая продолжительность прослеживается в скверах «им. В.И. Сурикова», «Космонавтов», «Одесский», при этом в данных скверах весной не обнаружено обмерзание ветвей, что говорит о ее адаптации к термическим условиям г. Красноярска и вызревании древесины побегов; анализ изменчивости фенологических периодов показал незначительные различия в переделах урбосреды, что говорит о ее адаптации к антропогенным нагрузкам. Результаты проведенных исследований положены в основу практических рекомендаций по посадке данных видов и уходу за ними на объектах городского озеленения крупных промышленных городов Сибири.

7 СОЗДАНИЕ ГОРОДСКИХ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ С УЧАСТИЕМ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ И ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

В главе представлен анализ сложившихся ситуаций на исследуемых объектах озеленения; рассмотрены принципы формирования насаждений на объектах городского озеленения; разработаны березовый и липовый ландшафтные кластеры, в основу которых положены биологические характеристики, экологические свойства и декоративные качества березы повислой и липы мелколистной как доминантных видов, особенности их адаптации к условиям городской среды; выявлены ландшафтные зоны для их создания; предложен основной ассортимент растений для создания многоярусных ландшафтных композиций в которых доминантными растениями выступают исследуемые виды, которые состоят из шести ярусов, 36 видов с учетом изменения биометрических параметров растений в зависимости от условий произрастания. На основании исследования динамики развития крон исследуемых видов, определены рекомендуемые расстояния в рядах, группах и радиусы сфер эстетического и биологического развития солитера для различных условий г. Красноярска, определена плотность посадок в зависимости от уровня антропогенной нагрузки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории города Красноярска микроклиматические условия достоверно отличаются от пригородных территорий. Экологическая ниша березы повислой соответствует климатическим параметрам ландшафтных зон города и его окрестностей, лимитирующими факторами для роста липы мелколистной выступают режимы сочетания температуры и влажности. Уровень загрязнения воздуха в целом по г. Красноярску характеризуется как «очень высокий». Встречаемость и доля участия данных видов в насаждениях скверов и изменяется от «средней» до «очень высокой», их жизненное состояние изменяется от «отличного» до «крайне неудовлетворительного». Пространственные характеристики скверов не

способствуют улучшению экологической комфортности среды для роста растений и отдыха посетителей, не позволяют изменить уровень воздействия аэротехногенных воздействий, что отражается на состоянии листовых пластин исследуемых видов.

В зависимости от условий произрастания прослеживается реакция организмов на воздействия техногенных факторов урбосреды:

- характер роста по высоте позволяет выделить два уровня качества среды, с возрастанием антропогенных нагрузок снижается протяженность освещенной поверхности кроны относительно общей высоты дерева;

- площадь листовых пластин является более чувствительным признаком-маркером, чем биометрические показатели (высота, диаметр ствола), что позволяет выделить три уровня качества среды;

- анализ изменения асимметрии листовых пластин под воздействием факторов городской среды показал, что реакция березы повислой выражена сильнее, чем у липы мелколистной. Данный вид рекомендуется в качестве вида-индикатора. Использование авторской методики оценки состояния среды по показателю асимметричности площади половинок листовых пластин, позволяет выделить четыре уровня качества среды (четыре типа условий произрастания). Её применение в экологическом мониторинге значительно снизит временные затраты и повысит уровень достоверности результатов.

Функция взаимосвязи асимметрии листовых пластин и уровня загрязнения воздушной среды является инструментом перекрестного прогнозирования. Данную информацию необходимо использовать при принятии решений по формированию объемно-пространственной и дендрологической структуры насаждений и выбору адекватных мероприятий по уходу за ними при проектировании и реконструкции городских насаждений.

На основании исследования динамики развития крон исследуемых видов, определены рекомендуемые расстояния в рядах, группах и радиусы сфер эстетического и биологического развития солитера для различных условий г. Красноярска, разработан основной ассортимент видов растений для создания многоярусных ландшафтных композиций с учетом изменения биометрических параметров растений в зависимости от условий произрастания.

Практические рекомендации

Результаты проведенных исследований положены в основу практических рекомендаций по посадке данных видов и уходу за ними на объектах городского озеленения крупных промышленных центров Сибири:

- **береза повислая** - анализ сезонного развития позволяет скорректировать работы по посадке и уходу за растениями данного вида – весеннюю обрезку и пересадку растений с открытой корневой системой необходимо заканчивать до 15 апреля, осеннюю обрезку и пересадку начинать не ранее 25 сентября (с учетом погодных условий), что на две недели раньше посадки липы мелколистной;

- **липа мелколистная** - весеннюю обрезку и пересадку растений с открытой корневой системой необходимо заканчивать до 15 апреля, осеннюю обрезку и пересадку начинать не ранее 10 октября; высокие декоративные свойства, стабильность их проявления на исследуемых объектах с различным уровнем антропогенной нагрузки, позволяют рекомендовать увеличить количество растений данного вида для озеленения городских скверов.

Авторскую методику оценки состояния среды по показателю

асимметричности площади половинок листовых пластин рекомендуется использовать в мониторинге окружающей среды городов, что значительно снизит временные затраты и повысит уровень достоверности результатов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Авдеева Е.В., **Кухар И.В.**, Иванов Д.В. Создание городских искусственных насаждений с участием *Tilia cordata* Mill. и *Betula pendula* L. в различных условиях произрастания (на примере города Красноярск) // Успехи современного естествознания. 2022. – № 10. – С. 7-12; URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37900> (ВАК)

2. Авдеева Е.В., **Кухар И.В.**, Иванов Д.В. Инвентаризационная оценка объектов озеленения г. Красноярск. // Хвойные бореальной зоны Том XL, № 4. 2022. - С. 242-249. URL : <https://cloud.sibsau.ru/s/PCTbwpFHnJB8tGW> (ВАК)

3. Авдеева Е.В., **Кухар И.В.** Изменчивость биометрических параметров роста березы повислой и липы мелколистной в скверах г. Красноярск) // Успехи современного естествознания. 2023. – № 8. – С. 14-22; URL: <https://natural-sciences.ru/ru/issue/view?id=652> (ВАК)

Публикации в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus

4. Avdeeva E., **Kuhar I.**, Chernikova K. The Current State of the Landscaping System of a Large Industrial Center (for Example, the City of Krasnoyarsk). Published under licence by IOP Publishing Ltd. [IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1079, Chapter 3](#). 2021 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 1079 042048

5. **Kuhar I.**, Avdeeva E. Research and Analysis of the State and Development of Woody Plants in The Squares of the City of Krasnoyarsk Published under licence by IOP Publishing Ltd [IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1079, Chapter 4](#). 2021 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 1079 052003

В других изданиях

6. **Кухар И.В.**, Авдеева Е.В. Взаимосвязь площади листовой пластинки и уровня загрязнения атмосферного воздуха на объектах озеленения города Красноярск. // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. 20-22 декабря 2017 г. - Красноярск: 2017. - 208 с. - С.69-74.

7. **Кухар И.В.**, Авдеева Е.В. Особенности развития березы повислой в различных условиях урбосреды. // Теория и практика ландшафтной архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции; Красноярск : 2018. – 106 с. - С.26-30.

8. Авдеева Е.В., **Кухар И.В.** Роль скверов в развитии системы озеленения города Красноярск. // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Материалы XXI Международной научной конференции. Красноярск : 2018. Т. 21. - С. 117-120. <https://elibrary.ru/item.asp?id=36448476>

9. **Кухар И.В.**, Авдеева Е.В., Панов А.И. Динамика формирования урбанизированной среды г. Красноярск // Проблемы озеленения крупных городов. Сборник материалов XX Международного научно-практического форума. Москва : 2018. – С.38 -40.

10. Авдеева Е.В., **Кухар И.В.** Оценка состояния окружающей среды биондикационными методами (на примере скверов г. Красноярск). // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. – Красноярск : 2019. - 436 с. - С. 85-88.

11. **Кухар И.В.**, Авдеева Е.В. Исследования изменчивости листовых пластин березы повислой на различных территориях города Красноярска // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Материалы XXII Международной научной конференции. Красноярск, 2019. - 236 с. - С. 100-104.

12. **Кухар И.В.**, Авдеева Е.В. Анализ микроклиматических условий и техногенных нагрузок различных территорий города Красноярска // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Материалы XXII Международной научной конференции. Красноярск : 2019. - 236 с. - С. 105-108.

13. Авдеева Е.В. СибГУ, **Кухар И.В.** К вопросу анализа микроклиматических условий и техногенных нагрузок зон озеленения г. Красноярска. // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Красноярск : 2020. - 502 с. - С. 197-201.

14. **Kukhar I.V.**, Avdeeva E.V. Analysis of the assessment of the urban environment of Krasnoyarsk. // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Красноярск : 2020. - 502 с. - С. 269-277.

15. **Kuhar I.V.**, Avdeeva E.V. Analysis of the state of green areas in the city of Krasnoyarsk on the example of assessment of the state of a drooping birch (*bétula péndula*) // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. Сборник статей международной научно-практической конференции. Красноярск : 2022. - 404 с. - С. 198-204.

16. **Кухар И.В.**, Томышева В.Д. Мониторинг состояния городских объектов озеленения. // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. Сборник статей международной научно-практической конференции. Красноярск : 2022. - 404 с. - С. 205-209.

17. **Kukhar I.V.**, Ivanov D.V. Creation of urban artificial growth with the participation of drooping birch (*betula pendula*) and linden small-leaved (*tilia cordata*) in different growth conditions (by the example of Krasnoyarsk) // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. Сборник статей X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Красноярск : 2023. - 388 с. - С. 76-83.

18. **Kukhar I.V.**, Ivanov D.V. To the question of inventory of landscape objects in Krasnoyarsk. // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. Сборник статей X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Красноярск : 2023. - 388 с. - С. 84-97.

19. **Kukhar I.V.**, Ivanov D.V. To the question of monitoring of landscape objects in Krasnoyarsk. // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. Сборник статей X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Красноярск : 2023. - 388 с. - С. 98-101.

Подписано в печать 20.09.2023

Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 3265

*Отпечатано в редакционно-издательском центре СибГУ им. М.Ф. Решетнева
660049, г. Красноярск, проспект Мира, 82*

Тел. (391) 222-73-28