

На правах рукописи



ЧЕРНИКОВА КИРА ВЛАДИМИРОВНА

**ОСОБЕННОСТИ РОСТА ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО
(*POPULUS BALSAMIFERA* L.) НА ОБЪЕКТАХ ОЗЕЛЕНЕНИЯ
Г. КРАСНОЯРСКА**

4.1.6 – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агроландшафтоведение, озеленение,
лесная фитопатология и таксация

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Красноярск - 2024

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: **Рунова Елена Михайловна**,
доктор сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Братский государственный университет» (ФГБОУ ВО «БрГУ»), базовая кафедра воспроизводства и переработки лесных ресурсов, профессор

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, лаборатория лесной таксации и лесопользования, старший научный сотрудник

Ведущая организация: **ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»**

Защита состоится 19 декабря 2024 г. в 14⁰⁰ 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.

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: 18.10.2024 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. Тополь бальзамический широко используется в озеленении городов России, и в частности, в г. Красноярске, это крупные деревья – первой величины, качественно выполняющие санитарно-защитные и эстетические функции. Помимо общего воздействия негативных факторов городской среды добавляются факторы, которые должны способствовать повышению их устойчивости в городской среде – технологии обрезки древесных растений. Однако определённые виды обрезки становятся одними из причин массовой гибели или значительного ухудшения состояния тополей в населенных пунктах. В настоящее время Приказом Госстроя РФ "Правила по созданию, охране и содержанию зеленых насаждений в городах Российской Федерации" N 153 от 15 декабря 1999 г. (Приказ, 1999) и ГОСТом 28329-89 «Озеленение городов термины и определения» официально закреплены виды обрезки: санитарная, омолаживающая, формовочная. При этом для тополя бальзамического под типом «омолаживающая» обрезка происходит удаление всей кроны с верхней частью ствола. Последствия данного вида обрезки, помимо снижения эстетичности растений, порождает ряд физиологических и механических проблем как для растений, так и для населения. На основании этого, необходимо установить особенности роста тополя бальзамического в условиях урбосреды с учетом различных технологий обрезки, разработать рекомендации по формированию средозащитных элементов в системе озеленения г. Красноярска с участием данного вида.

Степень разработанности проблемы. Задачи изучения и управления городскими насаждениями взаимосвязаны, поскольку познание механизмов устойчивости деревьев и насаждений необходимо для разработки мероприятий по стабилизации их экологических и социальных функций в условиях городов, результаты исследований данных вопросов в различных городах представлены в работах Е.В. Авдеевой, О.С. Артемьева, Л. И Аткиной, Н.А. Бабича, И.Л. Бухариной, Г.С. Вараксина, О.С. Зальвской, Н.В. Терехиной, Т.Б. Сродных, М.Д. Уфимцевой, Л.П. Рысина, В.Н. Башкина, Е.В. Потаповой, Б.И. Кочурова, Ю.З.Кулагина, А.Ю. Кулагина, В.С. Николаевского, Павлова И.Н., Х.Г. Якубова и других авторов. Результаты исследований роста и развития тополя бальзамического представлены в научных трудах Е.М. Руновой, О.А. Федоровой, Т.В. Бакулина, М.Н. Казанцевой, О.Н. Тюкавиной, А.А. Соловьевой, Е.В. Колтунова, А.А. Россининой и др.

Цель исследования заключается в установлении особенностей роста тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) на объектах озеленения г. Красноярска с учетом различных видов обрезки, оценке вида как биоиндикатора, разработке рекомендации по формированию средозащитных элементов в системе озеленения г. Красноярска с его участием как доминантного вида.

Задачи исследований

1. Изучить особенности роста тополя бальзамического на объектах озеленения

г. Красноярска с учетом различных видов обрезки.

2. Разработать научно-обоснованные рекомендации по формированию средозащитных элементов в системе озеленения г. Красноярска с участием тополя бальзамического.

3. Провести биоиндикационные исследования состояния ассимиляционного аппарата тополя бальзамического с целью выявления его потенциала как вида-индикатора для оценки качества городской среды, а также влияния способа обрезки на стабильность развития данного вида в условиях города.

Научная новизна заключается в том, что впервые для деревьев тополя бальзамического в различных типах посадки – солитер, массив, букетная и рядовая посадки, произрастающих на объектах озеленения г. Красноярска с различным уровнем антропогенных воздействий выявлена динамика биометрических параметров, установлена дифференциация на три типа роста по высоте: контрольный-удовлетворительный тип условий произрастания; напряжённый-конфликтный; критический. Установлено, что одним из факторов, определяющим развитие тополя бальзамического, является обрезка: вид, периодичность, интенсивность. На основании этого обоснован термин, предполагающий изменения, связанные с формированием габитуса растений в процессе ухода за городскими насаждениями – «сценарий роста древесных растений в урбосреде». Анализ состояния крон после обрезки, позволил выявить шесть сценариев роста: естественная форма роста деревьев (санитарная обрезка); радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны; повторная (трёхкратная и более) радикальная обрезка лидирующих стволов на «столб»; радикальная обрезка на «столб» с дальнейшим формированием кроны; вегетативное размножение растений корневыми отпрысками; омолаживающая обрезка на «пень» без дальнейшего формирования кроны. Установлено, что показатель асимметричности листовых пластинок отражает уровень техногенной нагрузки и может являться признаком-маркером в мониторинге окружающей среды при соблюдении остальных требований, предъявляемых к видам-индикаторам.

Теоретическая и практическая значимость работы. Анализ условий произрастания посадок тополя бальзамического позволил проранжировать исследуемые объекты озеленения по уровню антропогенного воздействия, установлено четыре типа условий произрастания: удовлетворительный, напряжённый, конфликтный, критический. Установлено, что рост лидирующих стволов по высоте достоверно описывается уравнением Мичерлиха, по диаметру ствола – степенной функцией и диаметру кроны – линейной. На основе анализа динамики биометрических показателей составлены ряды хода роста тополя бальзамического с учетом воздействия антропогенных факторов, это позволит на стадии проектирования разрабатывать дендрологические планы насаждений по плотности посадок адекватные условия среды. Рассматривая габитус дерева как геометрическую структуру, результаты исследований биометрических параметров деревьев, подверженных радикальной

обрезке на «столб» с дальнейшим формированием крон, положены в основу расчёта структурных параметров архитектоники растений с гармоничными пропорциями, повышающие эстетичность растений, разработаны научно-обоснованные рекомендации по их использованию в городских насаждениях. Установлено, что омолаживающая обрезка на «пень» позволяет без полной замены получить обновленные растения на том же месте, при этом в отличие от радикальной обрезки на «столб» растение менее травмоопасное, при уходе за данными растениями снижаются временные и экономические затраты. На основании анализа экологических свойств тополя бальзамического, обоснованы содоминантные и сопутствующие виды растений для каждого из шести ярусов комплексного средозащитного озеленения с участием данного вида как доминантного растения.

Методы исследования. Статистическая обработка экспериментальных данных осуществлялась с использованием стандартных программ MS Office «Excel», «Statistica 10.0», обработка фотографий выполнялась в программах «КОМПАС-3D V 20» и LeafProg «Анализ листовых пластинок древесных растений», разработанной на кафедре технологий и машин природообустройства Сиб ГУ им. М.Ф. Решетнева,

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Фактором, определяющим развитие тополя бальзамического в условиях городской среды, является обрезка. «Сценарий роста древесных растений в урбосреде» отражает тенденцию изменения развития, связанную с формированием габитуса растений в процессе ухода за городскими насаждениями, позволяет прогнозировать рост и развитие исследуемого вида на городских объектах озеленения с различным уровнем антропогенной нагрузки и, соответственно, принимать рациональные решения по формированию объемно-пространственной и дендрологической структуры средозащитных насаждений.

2. Показатель асимметричности листовых пластинок отражает уровень техногенной нагрузки, вида обрезки, может выступать признаком-маркером в мониторинге окружающей среды крупного промышленного центра при соблюдении обязательных требований, предъявляемых к видам индикаторам.

Степень достоверности и апробация результатов работы обусловлена результатами экспериментальных исследований, проводимых в период с 2010 по 2024 г., их математической обработкой в современных программах статистического анализа. Результаты исследований апробированы на международных конференциях: «FarEastCon-2021» (Владивосток, 2021); «Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство: современные технологии» (Воронеж, 2011); «Лесной и химический комплексы - проблемы и решения» (Красноярск, 2015); «Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики» (Екатеринбург, 2019); «Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства (Красноярск, 2017 – 2023).

Личный вклад автора заключается в определении цели, задач, в сборе полевых материалов и их математической обработке, проведении теоретических и экспериментальных исследований, обосновании выводов и рекомендаций, подготовке публикаций по теме диссертации.

Публикации. По теме работы опубликовано 16 научных статей, в том числе 4 в рецензируемых журналах по списку ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения и приложений. Диссертационная работа представлена на 174 страницах, содержит 53 таблицы, 46 рисунка и 10 приложений. Список литературных источников - 173 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Главное свойство, которое обусловило широкое распространение тополя в озеленении городов – это дымо- и газоустойчивость. В результате анализа исследований, проведенных в различных городах выявлено, что наиболее уязвимы посадки тополя вдоль улиц и магистралей, подавляющее большинство деревьев тополя бальзамического имеют различного рода повреждения: искривление ствола, механические повреждения, обдир коры, сухобокость, повреждения листогрызущими насекомыми, ржавчина листьев и побегов, вызываемая патогенными грибами, некрозы листьев неинфекционного характера и др. (Е.Н. Рунова; О.А. Федорова; Т.В. Бакулин; М.Н. Казанцева; О.Н. Тюкавина; А.А. Соловьева; Е.В. Колтунов). В главе представлен анализ развития методов диагностики состояния древесных растений в историческом контексте, технологии формирования крон в условиях городской среды в соответствии с правовыми документами (Приказ, 1999; ГОСТ 28329-89).

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являются деревья тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.). Исследования проводились с 2013 по 2021 год в г. Красноярске на 78 объектах озеленения с различным уровнем антропогенного воздействия, на которых обследовано около 1200 экземпляров данного вида. Среди обследованных насаждений 65 % составляют одиночно растущие деревья; 20 % – садово-парковые массивы, встречаются на территориях микрорайонов, возведенных в 60-е годы XX в.; 7 % – рядовые посадки расположены вдоль автодорог; 8 % – букетные посадки встречаются в скверах и парках. Выявлено шесть возрастных состояний тополя бальзамического в г. Красноярске от виргинильного до сенильного (Диагнозы..., 1989).

Оценка условий произрастания зеленых насаждений в урбанизированной среде проведена по методике, позволяющей дифференцировать фитосреду по совокупному уровню воздействия ландшафтных, техногенных, градостроительных и рекреационных нагрузок, отрицательно влияющих на рост древесных растений.

Выделено четыре типа условий произрастания растений: удовлетворительный, напряженный, конфликтный, критический. В пригородной зоне Красноярска условия произрастания классифицированы как «контроль». Подробное описание данной методики представлено в работах Авдеевой Е.В. (2008).

Для каждой выборки по общепринятым формулам рассчитаны средние значения биометрических параметров и их статистические показатели (Мамаев, 1972). 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 с использованием стандартных программ нелинейного регрессионного анализа в программе «Statistica 10.0». Измерения биометрических параметров древесных растений проводилось с использованием масштабного устройства и фотоаппарата, полученные данные обрабатывались в соответствии со способом измерения, разработанным на кафедре лесного инжиниринга СибГУ им. М.Ф. Решетнева (Патент 2534381, 2014; Патент 2534380, 2014), обработано более 2500 цифровых фотографий.

Стабильность развития растений оценивалась по показателю асимметричности по площади половинок листовых пластин (Авдеева, Кухар, 2023). Листья собраны на 13 объектах озеленения с растений в одинаковых условиях по уровню освещенности, влажности, но с различной интенсивностью антропогенной нагрузки, материал сканировался с разрешением 300 dpi, проанализировано 13000 листовых пластин. Для повышения точности и достоверности результатов площадь половинок листа определялась с использованием программы «Анализ листовой пластины древесных растений» (Свид. о гос. рег. № 2009614523).

3 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Красноярск является крупным промышленным центром, на территории которого интенсивно проявляются изменения природно-климатических и экологических условий по сравнению с фоновыми, уровень загрязнения атмосферного воздуха, оценивается от высокого до очень высокого. На основании методики «Интегральная оценка состояния фитосреды на локальном уровне» проведен анализ условий произрастания посадок тополя бальзамического на исследуемых объектах озеленения по уровню антропогенного воздействия. Выявлено четыре типа условий произрастания от удовлетворительного до критического. Основным фактором, негативно влияющим на рост зеленых насаждений, является автотранспорт, вклад которого составляет от 38 до 56 %. При этом 39 % насаждений тополя бальзамического произрастает в конфликтных условиях – в рядовых посадках вдоль магистралей с интенсивным движением автотранспорта; в напряженных условиях с умеренным загрязнением атмосферного воздуха и нарушениями градостроительных норм размещения насаждений, а также в критических – на территориях вблизи промышленных

предприятий или автотрасс с интенсивным движением автотранспорта, расположенных ниже по рельефу относительно источников загрязнения, на которых твердые покрытия находятся в непосредственной близости к стволам деревьев, со значительными нарушениями технологических регламентов по уходу за зелеными насаждениями – по 18 %; в удовлетворительных – в парках, скверах, бульварах – 16 %, с учетом контрольных участков, расположенных за пределами городской черты – 25%. Результаты классификации насаждений положены в основу дальнейших исследований.

4. ОСОБЕННОСТИ РОСТА ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ КРАСНОЯРСКА

4.1 Сценарии роста растений в условиях городской среды

Рост и развитие городских насаждений происходит по определенному плану. Одним из факторов, определяющим развитие городских древесных растений, является обрезка. На основании этого нами предложен термин, предполагающий изменения, связанные с формированием габитуса растений в процессе ухода за ними: вид, периодичность, интенсивность обрезки – «*сценарий роста древесных растений в урбосреде*». Термин сценарий «*scenarior*» используется в различных областях знаний: экономике, искусстве, в политическом прогнозировании и др. и определяется как «заранее подготовленный план проведения мероприятия, описание возможных вариантов развития исследуемого объекта при различных сочетаниях заранее определенных условий».

Анализ состояния кроны деревьев тополя бальзамического на территории Красноярска, значительно или непринципиально изменившейся после обрезки, позволил выявить шесть сценариев роста: естественная форма роста деревьев (санитарная обрезка); радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны; повторная (трёхкратная и более) радикальная обрезка лидирующих стволов на «столб»; радикальная обрезка на «столб» с дальнейшим формированием кроны; вегетативное размножение растений корневыми отпрысками; омолаживающая обрезка на «пень» без дальнейшего формирования кроны.

4.2 Особенности роста тополя бальзамического в естественной форме роста на объектах озеленения г. Красноярска

Изучение особенностей роста тополя бальзамического в условиях городской среды позволит в значительной степени прогнозировать объемно-пространственную динамику как отдельных деревьев, так и объектов озеленения в целом. Сравнительный анализ роста деревьев тополя бальзамического по высоте, произрастающих в естественной форме роста, прошедших санитарную обрезку, показал:

- рост по высоте достоверно описывается уравнением Мичерлиха;
- до 15 – 18-летнего возраста условия среды не оказывают существенного влияния на рост данного вида в высоту; начиная с 35 – 40-летнего возраста прослеживается

дифференциация на три типа роста по высоте: контроль-удовлетворительный тип условий произрастания; напряжённый-конфликтный; критический. Интервалы между кривыми роста в среднем составляют 25,2 %, что отвечает требованиям точности группировки рядов;

- к 70-летнему возрасту, амплитуда по высоте между растениями, произрастающими в удовлетворительных и критических условиях, составляет $13 \pm 1,21$ м;

- ряды роста по высоте для растений, произрастающих в букетном типе пространственной структуры, отличаются от остальных типов: диапазон разброса значений меньше, выделяется два типа по темпам роста: в первый объединились растения, произрастающие в контрольных, удовлетворительных, напряженных условиях, во второй – в конфликтных и критических. При этом максимальные значения в удовлетворительных условиях при букетном способе посадки на $3,5 \pm 0,6$ м меньше, чем в насаждениях, в которых растения произрастают по одному экземпляру в посадочной яме. Вероятно, одинаковая площадь питания растений, приходящаяся на один и на несколько деревьев (от 3х до 7 стволов) отражается на биометрических параметрах растений. На основании анализа полученных результатов составлены ряды хода роста тополя бальзамического по высоте для различных условий г. Красноярска (табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Ряды хода роста тополя бальзамического по высоте в урбосреде Красноярска

Диапазон возраста, лет	Тип условий произрастания		
	удовлетворительный	напряженный - конфликтный	критический
Высота, м			
6 - 8	ГОСТ 24909-81. Саженьцы деревьев декоративных лиственных пород. Нормативные значения - высота саженца 200 – 400 см		
9 -10	4,0 – 8,0		4,0 – 6,0
11 - 20	8,1 – 14,5	8,1 – 10,0	6,1 – 8,0
21 - 30	14,6 – 18,0	10,1 – 13,5	8,1 – 10,5
31 – 40	18,1 – 21,5	13,6 – 16,0	10,6 – 12,5
41 – 50	21,6 – 25,5	16,1 – 18,5	12,6 – 14,8
51 – 60	25,6 – 26,5	18,6 – 20,0	14,9 – 16,0
61 - 70	26,6 – 28,5	20,1 – 21,5	16,1 – 17,0

Сравнительный анализ роста по диаметру ствола показал:

- условия среды начинают оказывать существенное влияния на рост по диаметру ствола с 30-летнего возраста, дифференциация на три типа роста достоверно прослеживается только у отдельно растущих деревьев: контроль - удовлетворительный тип условий произрастания; напряжённый - конфликтный; критический. Интервалы между кривыми роста в среднем составляют 18,4 %;

- наибольшие диаметры стволов отмечены у деревьев, произрастающие в контрольных насаждениях при свободном типе пространственной структуры – $93,5 \pm 6,48$ см;

- при условии, что диаметр ствола в контрольных насаждениях при свободной пространственной структуре принят за 100 %, снижение размеров диаметров в критических условиях составляет 41 %; в букетном типе и рядовой посадке – 61 %; в массивах – 66 %;

- к 70-летнему возрасту, амплитуда значений по диаметру ствола между растениями в удовлетворительных и критических условиях составляет: для отдельно растущих деревьев – 38 см (41 %); для букетной и рядовой посадок наблюдается наибольшие снижения размеров на 33 см (47 и 51 %); для растений в массивах, наблюдается наименьшее снижение – 20 см (37 %).

Природоохранная ценность древесных растений. При проведении исследований на территории г. Красноярска выявлены крупные экземпляры тополя бальзамического, произрастающие в естественной форме роста, старовозрастном генеративном возрастном состоянии. Один из которых произрастает в сквере на пр. Свободный. Данный экземпляр мужского рода имеет симметричную хорошо развитую крону, перевершинивание отсутствует, отмечены незначительные механические повреждения, гнили и дупла отсутствуют, листья поражены тополевой минирующей молью, наросты на стволах отсутствуют, жизненное состояние – здоровое. Биометрические параметры: высота дерева – 28,3м; диаметр ствола на высоте 1,3 м – 0,96; диаметр кроны – 22,5 м. Инструментальная оценка состояния данного экземпляра (рис.4.1) при помощи прибора Resistograph 4450 показала, что данный экземпляр не имеет внутренних гнилей, не является аварийным, технически опасным и не рекомендуется к вырубке, при этом необходимо проведение санитарной обрезки, в соответствии с нормативными документами и других операций по уходу: подкормка, замена и подсыпка питательного грунта и др.



Рисунок 4.1 Результаты инструментального обследования тополя бальзамического

Данный экземпляр, как и аналогичные древесные растения, нуждается в правовой охране как растения интродуценты-долгожители для городских условий Красноярска, при условии инструментальной оценки состояния растений.

4.3 Особенности роста тополя бальзамического в городских насаждениях после различных видов обрезки

Рекогносцировочный анализ насаждений показал, что в г. Красноярске менее 15 % деревьев тополя бальзамического произрастает в естественной форме. **Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны.** Массовая обрезка данным способом начата в 90 г. XX в., к настоящему времени лидирующие стволы деревьев, обрезанных данным способом, достигли 25 – 35-летнего возраста

Анализ результатов исследования состояния деревьев, подверженных радикальной обрезке на «столб» без дальнейшего формирования кроны показал:

- обрезку на «столб» проводят во всех районах города – от центра до периферии, во всех типах условий произрастания от удовлетворительного до критических и всех

типов посадки;

- при обрезке деревьев высота «столба» изменялась со временем – от 3,0 - 4,0 м в 90-х годах XX в., начиная с 2010-х годов высоту «столба» увеличили до 6,0 - 12,0 м;

- диаметр стволов деревьев на высоте 1,3 м, подвергавшихся обрезке на «столб» составляет от 24 до 52 см, при этом данный вид обрезки по правовым документам относится к «омолаживающей» при которой должны обрезаться старовозрастные деревья. Как было установлено выше, тополь бальзамический достигает 25 см в диаметре в возрасте 22 – 28 лет независимо от условий произрастания, т.е. «омолаживающей» обрезке подвергаются деревья в молодом генеративном, иногда в виргинильном состоянии.

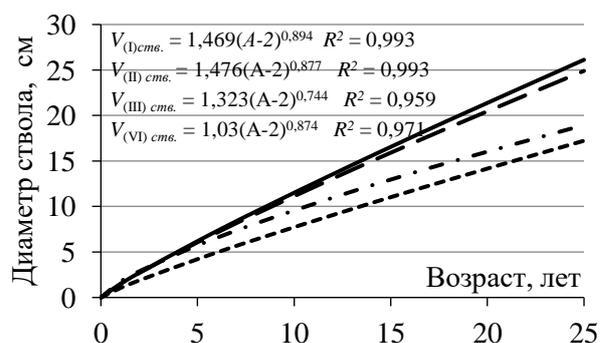
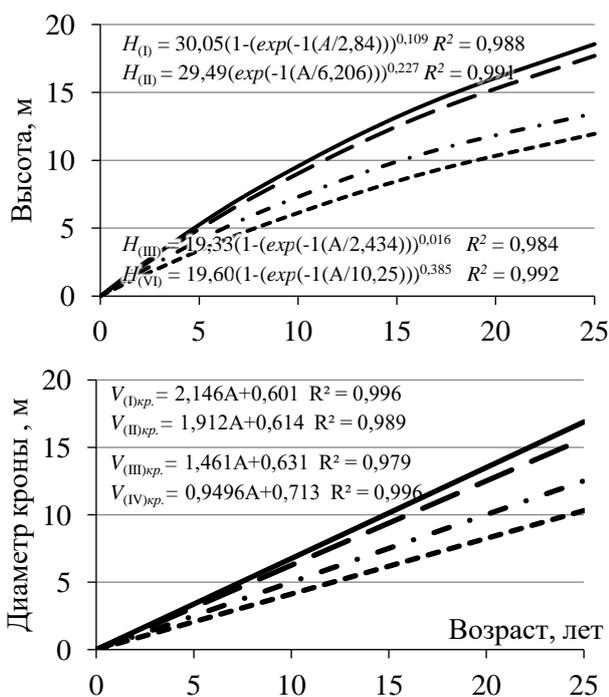
- в первый вегетационный период после обрезки по «столбу» просыпается от 80 до 180 почек; за первый год побеги достигают высоты $1,6 \pm 0,8$ м, при этом нет выделения лидирующих побегов; за первую зиму около 50 % побегов обмерзают полностью или частично. В дальнейшем количество побегов снижается за счет обмерзания, обламывания пучков побегов, обрезания, при санитарной обрезке, усыхания и др.; через 15 - 20 лет остается от 11 до 4 ветвей;

- со второго вегетационного периода начинают выделяться лидирующие побеги (до 11 шт. на дереве), к 20 – 25-летнему возрасту остается от 3 до 5 лидирующих стволов, таким образом, формируется «букетная посадка» на высоте от 3,5 до 12 м; при достижении массы вторичных стволов критических значений и их отклонения более 35° от вертикали, под действием ветровых и снеговых нагрузок происходит облом крупных лидирующих стволов; это наносит механические повреждения дереву, приводящие к образованию гнилей, становится угрозой для населения и материального имущества;

- через 9 - 12 лет лидирующие стволы вступают в генеративное возрастное состояние, начинают плодоносить, вновь возвращается проблема «тополиного пуха»;

- установлено, что рост лидирующих вторичных стволов по высоте, достоверно описывается уравнением Мичерлиха, по диаметру ствола – степенной функцией и диаметру кроны – линейной (рис. 4.1), критерии оценки уравнений подтверждают адекватность выбранных методов;

- анализ биометрических параметров показал, что прослеживается влияние антропогенной нагрузки на рост лидирующих стволов; сравнительный анализ роста по высоте показал, что, начиная с 5-летнего возраста прослеживается дифференциация на два типа роста по высоте: в первый объединились насаждения, произрастающие в удовлетворительных и напряжённых условиях, во второй – в конфликтных и критических. Интервалы между кривыми роста по высоте составляют – 31,4 %, по диаметру стволов – 28,6, по диаметру кроны – 28,5; к 25-летнему возрасту, амплитуда по высоте между лидирующими стволами, произрастающими в удовлетворительных и критических условиях, составляет 5,1 м (30 %).



Тип условий произрастания:

— удовлетворительный (I)

--- напряженный (II)

- · - · конфликтный (III)

----- критический (IV); А – возраст, лет

Рисунок 4.1 – Динамика биометрических показателей лидирующих стволов тополя бальзамического после радикальной обрезки на «столб» в различных экологических условиях г. Красноярска

Графический анализ динамики проективного покрытия сквера «Автовокзал», представляющий садово-парковый массив из тополя бальзамического показал: до 2011 г. деревья росли в естественной форме, далее проведена радикальная обрезка на «столб»; в ходе исследований установлено, что через 7 лет развития крон деревьев, проективное покрытие в сквере, восстановилось на 98 %, диаметры крон достигли значений, соответствующих размерам крон до проведения радикальной обрезки, но при этом возникли следующие проблемы: из-за снижения прочности крепления ветвей к стволу наблюдается облом ветвей; возобновилось «пушение», эстетичность растений снижена за счет непропорциональности ствола и кроны, деревья стали опасными и аварийными.

Радикальная обрезка на «столб» с дальнейшим формированием кроны.

Массовая «омолаживающая» обрезка тополя бальзамического началась на улицах и магистралях с целью создания и поддержания эстетичной и безопасной формы кроны деревьев для транспорта и пешеходов: поднятие штамба – для удобного движения по тротуарам и раскрытия дорожных знаков; создание шарообразной формы – создание рядовых аллей для придания эстетичного вида на улицах и проспектах; снижение высоты деревьев для раскрытия фасадов архитектурных ансамблей и др. Анализ биометрических параметров и влияние обрезки на биологическое и эстетическое состояние растений показал:

- диапазон диаметров «столбов» на высоте 1,3 м, составляет от 23 до 54 см, растения находятся в молодом, средне- и старовозрастных генеративных состояниях;
- диапазон высоты среза ствола дерева составляет от 2,5 до 5,5 м;
- за второй вегетационный период происходит выделение лидирующих побегов от 12 до 31 шт., которые формируют скелетную часть кроны, на которых ежегодно нарастают годовые побеги в количестве от 125 до 155 шт.; величина прироста

годовых побегов зависит от возраста дерева и условий его произрастания и составляет от 0,86 до 2,93 м;

- средний диаметр кроны деревьев формируют в пределах 4,0 – 6,0 м в зависимости от плотности посадки в ряду; необходимо отметить, что плотность посадки в рядах на улицах города изменялась со временем – увеличиваясь от 3 м в посадках 60-х годов XX в. до 6 м к 2010 годам;

- в процессе обрезки крона растений формируется в виде объемной геометрической фигуры (для регулярных посадок предпочтение эллипсоид или шар) с оголенным стволом, стриженные деревья выглядят как растения в штамбовой форме. В летнее время после формовочной обрезки кроны растений достаточно густые, они в некоторой степени скрывают «обрубленный» ствол, часто со следами гнили; толстые укороченные неравномерно растущие сучья; в зимнее – их эстетичность сильнее снижается из-за полной просматриваемости последствий обрезки на «столб». На стволах появляются неестественные новообразования, а при сильной ежегодной обрезке взрослого дерева с развитой корневой системой происходит постоянное увеличение данных наростов. К тому же вертикальные структурные параметры (соотношение размеров кроны и ствола варьируют в значительных пределах), снижая или повышая эстетическое восприятие растений. Таким образом, технологии обрезки определяют на эстетичность растений.

Рассматривая габитус дерева как геометрическую структуру, которую можно оценить и на стадии проектирования или ухода за насаждениями установить параметры архитектоники растений с гармоничными пропорциями. Анализ структурных параметров деревьев тополя бальзамического после радикальной обрезки кроны на «столб» с дальнейшим ежегодным ее формированием показал, что геометрическая структура дерева состоит из штамба, скелетной части кроны и годовых побегов, параметры которых варьируют в значительных пределах; разброс значений составляет для: годовых побегов от 0,9 до 2,9 м, диаметра скелетной части кроны – от 3,1 до 4,25 м, высота штамба задается при обрезке и не зависит от условий произрастания.

Исследования пропорций вертикальной структуры тополя бальзамического по правилу «золотого сечения» позволяют судить об уровне гармоничности дерева как системы в целом. Результаты анализа отклонений значений пропорций от эстетических критериев составляют: для дерева в целом – от 0,6 до 35,1 %, для отдельных структурных элементов (штамб и крона) – от 0,9 до 30,9 %. Полученные результаты подтверждают визуальные эмоциональные оценки жителей о не эстетичности внешнего вида зелёных насаждений в городе. На основании этого нами рассчитаны геометрические параметры скелетной части кроны с учетом средних значений прироста годовых побегов и высоты деревьев с учетом размеров штамба, установленных в ходе наших исследований.

Омолаживающая обрезка на «пень» без дальнейшего формирования кроны. Данный вид обрезки закреплен нормативно-правовыми документами (ГОСТ, 89;

Приказ, 1999). Нами проведено исследование восстановления деревьев тополя бальзамического после проведения спила на «пень», в результате установлено:

- растения восстанавливают крону порослевыми побегами из спящих почек корневой шейки или пня;

- на момент исследования самые крупные обследованные лидирующие стволы достигли средневозрастного генеративного состояния; к 25-летнему возрасту количество стволов составляет от 2 до 11 шт., из них лидирующих – 4 ± 1 ;

- диаметр пней – от 5,3 до 48,2 см, что говорит об удалении растений от виргинильного до средневозрастного генеративного состояния,

- анализ графиков роста по высоте показал, что прослеживается влияние антропогенной нагрузки на рост лидирующих стволов; установлена дифференциация на два типа роста по высоте: в первый объединились насаждения, произрастающие в удовлетворительных условиях, во второй – в напряжённых, конфликтных и критических. Интервалы между кривыми роста по высоте составляют – 29,6, по диаметру стволов – 48,6%; к 25-летнему возрасту амплитуда по высоте между лидирующими стволами, произрастающими в удовлетворительных и критических условиях, составляет 7,3 м, что сопоставимо аналогичными с данными при радикальной обрезке на «столб»; по диаметру кроны нет дифференциации на отдельные ряды роста.

Сравнительный анализ графиков роста лидирующих стволов по высоте после радикальной обрезки на «столб» и омолаживающей на «пень» показал, что в начальном периоде роста при омолаживающей обрезке на «пень» рост по высоте идет более интенсивно, растения достигают высоты 10 м - в 6-летнем, 15 м – в 12 –летнем возрасте, при радикальной обрезке на «столб» – 11-летнем и 17- летнем возрасте.

Таким образом, данный вид обрезки позволяет без полной замены получить обновленное растение на том же месте, при этом в отличие от радикальной обрезки на «столб» растение менее травмоопасное, так как рост стволов начинается на уровне земли, а не на высоте от 3,5 до 12 м, механические воздействия при обследовании показали, что лидирующие стволы достаточно устойчивы, при уходе за данными растениями снижаются временные и экономические затраты.

5. ФОРМИРОВАНИЕ СРЕДОЗАЩИТНЫХ НАСАЖДЕНИЙ С УЧАСТИЕМ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО

Результаты исследования динамики развития крон тополя бальзамического позволили определить: площади проекции крон и, соответственно: плотность посадок, расстояния между деревьями для различных условий произрастания и типов пространственной структуры насаждения, что позволит создавать насаждения с рациональной пространственной структурой адекватной условиям среды (табл. 5.1).

Таблица 5.1 - Рекомендуемые средние расстояния в насаждениях (на примере рядовых посадок)

Биометрические параметры дерева и структурные параметры насаждений	Тип условий произрастания			
	I	II	III	IV

Средний диаметр кроны дерева, м	10,15	8,53	8,24	7,07
Средняя площадь проекции кроны, м ²	65,9	46,6	43,5	32,0
Расстояния между деревьями, м	8,12	6,82	6,59	5,66
Плотность посадки, м	152	215	230	313

I – удовлетворительный; II – напряженный; III – конфликтный; IV – критический.

На основании анализа экологических свойств тополя бальзамического, подобраны содоминантные и сопутствующие виды растений для каждого из шести ярусов комплексного средозащитного озеленения (41 вид); данные виды растений, соответствуют всем типам условий произрастания в городской среде Красноярска от удовлетворительного до критического и могут формировать элементы средозащитного озеленения в разных районах города; определено место тополевого кластера в ландшафтной структуре г. Красноярска.

6 ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ УРБОСРЕДЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО

В главе представлены результаты биоиндикационных исследований состояния ассимиляционного аппарата тополя бальзамического. Показатели асимметричности по площади половинок листа рассчитаны для различных сценариев роста: естественная форма роста; после радикальной обрезки на «столб» без дальнейшего формирования крон; после радикальной обрезки на «столб» с дальнейшим формированием крон. В ходе анализа установлено, что ассимиляционный аппарат тополя бальзамического по-разному реагирует на изменения условий произрастания и технологии обрезки:

- в естественной форме роста достоверно выделилось четыре группы насаждений в соответствии с условиями произрастания, разница между значениями является статистически достоверной. Данный показатель отражает уровень техногенной нагрузки и может являться признаком-маркером в мониторинге окружающей среды при соблюдении остальных требований, предъявляемых к видам-индикаторам (в г. Красноярске количество деревьев тополя бальзамического в естественной форме роста уменьшается и на центральных улицах города тополя практически отсутствуют, что снижает возможность использования данного вида в мониторинге урбосреды);
- анализ показателя асимметричности листовых пластин у растений после радикальной обрезки на «столб» показал, что насаждения достоверно объединились в три группы: в первую - насаждения, произрастающие в удовлетворительных и напряженных условиях, во вторую – в конфликтных, в третью – в критических, с возрастанием техногенных воздействий снижается стабильность развития растений данного вида.

После проведения формовочной обрезки формируются листовые пластины до трех раз превышающие по площади листья у деревьев, произрастающих в естественной форме роста. При этом нет достоверных статистических различий по величине показателя асимметричности листовых пластин в зависимости от условий произрастания, вероятно периодическая обрезка снижает риск накопления

загрязняющих веществ, что положительно влияет на стабильность развития листовых пластин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важным фактором, определяющим развитие тополя бальзамического, является обрезка: вид, периодичность, интенсивность. На основании этого обоснован термин, предполагающий изменения, связанный с формированием габитуса растений в процессе ухода за городскими насаждениями – «сценарий роста древесных растений в урбосреде». Анализ состояния крон после обрезки позволил выявить сценарии роста: естественная форма роста (санитарная обрезка); радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны; повторная (трёхкратная и более) радикальная обрезка лидирующих стволов на «столб»; радикальная обрезка на «столб» с дальнейшим формированием кроны; вегетативное размножение корневыми отпрысками; омолаживающая обрезка на «пень» без формирования кроны.

Рассматривая габитус дерева как геометрическую структуру, результаты исследований биометрических параметров деревьев, подверженных радикальной обрезке на «столб» с дальнейшим формированием крон, положены в основу расчёта структурных параметров архитектоники растений с гармоничными пропорциями, повышающие эстетичность растений, разработаны рекомендации по их использованию в городских насаждениях.

Омолаживающая обрезка на «пень» позволяет без полной замены получить обновленные растения на том же месте, при этом в отличие от радикальной обрезки на «столб» растение менее травмоопасное, при уходе за данными растениями снижаются временные и экономические затраты. На основании анализа экологических свойств тополя бальзамического обоснованы содоминантные и сопутствующие виды растений для каждого из шести ярусов комплексного средозащитного озеленения с участием данного вида как доминантного растения.

На основе анализа динамики биометрических показателей составлены ряды хода роста тополя бальзамического с учетом воздействия антропогенных факторов, это позволит на стадии проектирования разрабатывать дендрологические планы насаждений адекватные условия среды.

Показатель асимметричности листовых пластинок отражает уровень техногенной нагрузки и может являться признаком-маркером в мониторинге окружающей среды при соблюдении остальных требований, предъявляемых к видам-индикаторам.

Практические рекомендации

1. При омолаживающей обрезке на «пень» следует соблюдать определенные технологические операции: побеги, образовавшиеся в первый вегетационный период после обрезки, необходимо удалить до начала сокодвижения следующего года, оставив 9 – 11 побегов; далее формировать растение с заданным количеством стволов, удалять прикорневую поросль.

2. Значения геометрических параметров вертикальной структуры древесных растений, рассчитанные по закону «золотой пропорции», представляют практический интерес в различных сферах зеленого строительства: в технологии обрезки насаждений, при подборе ассортимента растительности, в создании объемно-пространственного образа объекта озеленения, при выявлении как особо ценных экземпляров, перспективных для сохранения в качестве дендроацентов, и менее эстетичных растений, которые подлежат удалению. Декоративная обрезка древесных растений в соответствии с «золотыми пропорциями» - один из способов улучшения визуальной эстетики городской среды.

3. Формировать пространственную структуру насаждений с участием тополя бальзамического (плотность посадок, шт. на га /расстояния между деревьями, м) рекомендуется с учетом условий произрастания: группы, массивы: удовлетворительные условия - 70/12; напряженные – 265/6; конфликтные – 330/5,5; критические – 605/4; ряды, аллеи: удовлетворительные – 152/8; напряженные – 215/7; конфликтные – 230/6,5; критические – 313/5,6.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Авдеева, Е. В. Особенности формирования среды крупного промышленного города (на примере г. Красноярска) / Е. В. Авдеева, **К. В. Черникова** // Хвойные бореальной зоны. – 2013. – Т. 31, № 1-2. – С. 30-35.

2. Авдеева, Е. В. Дендроиндикация экологической комфортности городских территорий / Е. В. Авдеева, В. Ф. Надемянов, **К. В. Черникова** // Хвойные бореальной зоны. – 2014. – Т. 32, № 5-6. – С. 7-12.

3. Авдеева, Е. В. Дендроиндикация экологического состояния урбанизированных территорий / Е. В. Авдеева, Е. А. Вагнер, **К. В. Черникова** // Хвойные бореальной зоны. – 2016. – Т. 34, № 5-6. – С. 274-280.

4. Авдеева, Е. В. Экологическая эффективность функционирования городских объектов озеленения / Е. В. Авдеева, **К. В. Черникова**, А. И. Панов // Хвойные бореальной зоны. – 2018. – Т. 36, № 4. – С. 292-300.

В других изданиях

5. Авдеева, Е. В. Урбодендрология. Тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) : монография / Е. В. Авдеева, **К. В. Черникова** ; М-во науки и высш. образования РФ, Сиб. гос. ун-т науки и технологий им. акад. М. Ф. Решетнева. – Красноярск : СибГУ, 2022. – 203 с.

6. Авдеева, Е. В. Особенности формирования урбанизированной среды крупных промышленных центров (на примере г. Красноярска) / Е. В. Авдеева, **К. В. Черникова** // Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство: современные тенденции. – Воронеж : ВГЛТА, 2011. – С. 25-29.

7. Авдеева, Е. В. Специфика микроклиматических условий урбанизированных ландшафтов / Е. В. Авдеева, **К. В. Черникова** // Экологические проблемы

промышленных городов : сб. науч. тр. 5-й Всерос. науч.-практич. конф. с Междунар. участием. – Саратов : СГТУ, 2011. – С. 177-180.

8. Авдеева, Е. В. Экологический мониторинг автотранспортных магистралей / Е. В. Авдеева, **К. В. Черникова** // Лесной и химический комплексы - проблемы и решения : сб. ст. Всероссийской (с междунар. участием) науч.-практ. конф. – Том 1. – Красноярск : СибГТУ, 2015. – С. 100-102.

9. Авдеева, Е. В. Стрессовые факторы и ответные реакции древесных растений на формирование крон / Е. В. Авдеева, **К. В. Черникова** // Экологическое образование и природопользование в инновационном развитии региона : сб. ст. межрегион. науч.-практ. конф. – Красноярск : СибГТУ, 2016. – С. 154-156.

10. Авдеева, Е. В. Стрессовые факторы и ответные реакции древесных растений на формирование крон / Е. В. Авдеева, **К. В. Черникова** // Экологическое образование и природопользование в инновационном развитии региона : сб. ст. межрегион. науч.-практ. конф. – Красноярск : СибГТУ, 2016. – С. 154-156.

11. Авдеева, Е. В. Сценарии роста тополя бальзамического в условиях городской среды / Е. В. Авдеева, **К. В. Черникова** // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики : материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2019. – С. 321-324.

12. Авдеева, Е. В. Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха в примагистральном пространстве г. Красноярска / Е. В. Авдеева, **К. В. Черникова** // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики : материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург : УГЛТУ, 2019. – С. 261-264.

13. **Черникова, К. В.** Процесс развития тополя бальзамического (*populous balsamiferal.*) после глубокой обрезки на "столб" и ее влияние на биологическое состояние растений и выполнение ими экологических функций / **К. В. Черникова**, Е. В. Авдеева // Проблемы озеленения крупных городов : сборник материалов XXI Международного научно-практического форума. – Москва : Перо, 2019. – С. 108-110.

14. **Черникова, К. В.** Оценка качества атмосферного воздуха методом биоиндикации по состоянию ассимиляционного аппарата тополя бальзамического (*Populus Balsamifera L.*) / **К. В. Черникова**, Е. В. Авдеева // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2022. – Т. 25. – С. 116-119.

15. Дендроиндикация древесных растений в урбанизированной среде / И. В. Кухар, Е. В. Авдеева, Д. В. Иванов, **К. В. Черникова** // Проблемы озеленения крупных городов: сб. XXII науч.-практ. форума. – Москва : ИНТЕРТРЕЙД, 2023. – С. 109-112.

16. Avdeeva, E. The Current State of the Landscaping System of a Large Industrial Center (for Example, the City of Krasnoyarsk) / Avdeeva E., Kuhar I., **Chernikova K.** // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Volume 1079. – P. 042048.

Подписано в печать 16.10.2024
Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ №3480
Отпечатано в редакционно-издательском центре СибГУ им. М.Ф. Решетнева
660049, г. Красноярск, проспект Мира, 82
Тел. (391) 222-73-28