

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М.Ф. Решетнева»**

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, агролесомелиорация,  
озеленение, лесная пирология и таксация

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

**Научный руководитель:**  
доктор сельскохозяйственных наук,  
доцент Авдеева Елена Владимировна

Красноярск – 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	9
1.1 Тополь бальзамический в условиях урбанизированной среды	9
1.2 Методы диагностики состояния древесных растений и технологии формирования крон на городских объектах озеленения	15
1.3 Влияние обрезки крон на состояние тополя бальзамического	31
2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	37
2.1 Объекты исследования	37
2.2 Методы исследования	46
3.ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ	56
4 ОСОБЕННОСТИ РОСТА ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО НА ОБЪЕКТАХ ОЗЕЛЕНЕНИЯ Г. КРАСНОЯРСКА	69
4.1 Сценарии роста тополя бальзамического в условиях городской среды	69
4.2 Рост тополя бальзамического в естественной форме роста на объектах озеленения г. Красноярска	74
4.3 Особенности роста тополя бальзамического под влиянием различных видов обрезки	90
5 ФОРМИРОВАНИЕ СРЕДОЗАЩИТНЫХ НАСАЖДЕНИЙ С УЧАСТИЕМ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО	124
5.1 Основные принципы формирования средозащитных насаждений	123
5.2 Формирование средозащитных элементов с участием тополя бальзамического	128
6 ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ УРБОСРЕДЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО	141
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	149
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	151

ПРИЛОЖЕНИЕ А. «Адреса» исследуемых объектов озеленения	175
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Методика интегральной оценки состояния фитосреды на локальном уровне	179
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Результаты интегральной оценки состояния фитосреды на исследуемых объектах г. Красноярск	182
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Средние значения биометрических параметров деревьев тополя бальзамического, произрастающих в различных условиях фитосреды города Красноярска и типах пространственной структуры насаждений	189
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Условные обозначения экологических свойств растений	193
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Биометрические параметры тополя бальзамического после радикальной обрезки на «столб» без дальнейшего формирования кроны	195
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Экологический паспорт объекта озеленения	201
ПРИЛОЖЕНИЕ З. Средние значения биометрических параметров тополя бальзамического после глубокой обрезки на «столб» с дальнейшим формированием кроны	208
ПРИЛОЖЕНИЕ И. Средние значения биометрических параметров тополя бальзамического после омолаживающей обрезки на «пень» без дальнейшего формирования кроны	210
ПРИЛОЖЕНИЕ К. Дисперсионный анализ влияния условий произрастания и сценария роста (типа обрезки) на состояние ассимиляционного аппарата деревьев тополя бальзамического	215

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** 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. При этом городские насаждения, находящиеся в зоне атмосферного загрязнения, ослабляются, что проявляется в более редкой кроне, мелких листьях, потере биологической и механической жизнеспособности, преждевременном усыхании. 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" № 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 и различными уровнями антропогенного воздействия, разработать рекомендации по формированию средозащитных элементов в системе озеленения г. Красноярска с участием тополя бальзамического.

**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. Залывской, Б.И. Кочурова, Ю.З.Кулагина, А.Ю. Кулагина, В.С. Николаевского, Т.Б. Сродных, М.Д. Терехиной, Н.В. Уфимцевой, Л.П. Рысина, В.Н. Башкина, И.Н.Павлова, Е.В. Потаповой, Х.Г. Якубова и других авторов. Устойчивость – одна из важнейших характеристик такой сложной системы как растительный организм, выражающаяся в способности поддерживать свою структуру стабильной на протяжении некоторого отрезка времени, 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 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 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: контроль-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 Э.А. Митчерлиха, 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.

**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 опубликованы в материалах международных конференций: «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.

**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.

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

## 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

### 1.1 Тополь бальзамический в условиях урбанизированной среды

Озеленение – один из необходимых элементов благоустройства населенных мест. Объекты озеленения – места отдыха населения и средство создания ландшафтных обликов городов, подчеркивающие их расположение в определённой природной зоне. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки зеленые насаждения являются средством частичной нейтрализации отрицательного воздействия внешних факторов. Они смягчают температурные колебания, повышают влажность, уменьшая запыленность и загрязнение воздуха, обеспечивают столь необходимую тень и снижают уровень шума. Тополя широко используются в озеленении городов, и в частности в г. Красноярске [Плешиков, 2001]. Тополя являются крупными деревьями первой величины, они прекрасно выполняют защитные, декоративные, санитарные функции. Дымо- и газоустойчивость – основные качества, благодаря которым тополя получили широкое распространение в городских ландшафтах. За один год вегетации тополь способен осадить до 50 кг пыли и поглотить до 250 г углекислого газа, 180 г сернистого газа и 200–250 г хлора [Холявко, 1980; Царев, 1985; Рунова, Аношкина, 2014; Илькун, 1987; Малоховец, 2002; Тюкавина, 2018; Гиниятуллин, 2010; Авдеева, Черникова, 2011, 2013, 2018, 2019].

Загрязнение окружающей среды оказывает значительное давление на городские экосистемы и их биологические компоненты, особенно растительность, что приводит к преждевременному ослаблению и гибели растительности. По мнению ряда авторов [Рябинин, 1965; Антипов, 1966; Ситникова, 1966; Кулагин, 1974; Николаевский, 1975; 1979; 2002; Соколова, 2010; Макарова, 2013; Рунова, 2009; 2010; Федорова, 2013; Артемьев, 2008; 2009; Воробьева, 2020; Тюкавина, 2017; 2018; Гаврилин И.И., 2012; Сунцова Н.Л., 2023], 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. Устойчивость – одна из важнейших характеристик такой сложной системы, как растительный организм, выражающаяся в способности поддерживать свою структуру стабильной на протяжении определенного отрезка времени. Выделяют от двух до пяти групп устойчивости растений: устойчивые, относительно устойчивые, среднеустойчивые, малоустойчивые, неустойчивые растения. Тополя в целом относят к первым трем из названных групп устойчивости. Среди рода Тополь наиболее устойчивыми к действию токсикантов являются: дельтовидный, бальзамический и китайский, которые обладают высокой газопоглощательной способностью и низкой скоростью проникновения фитотоксиканта в ткани листа. Тополь черный активно поглощает фенолы, цианиды, абсорбирует из воздуха соединения серы; его повышенная устойчивость несколько объясняется увеличением количества пигментов хлорофилла, каротиноидов [Кулагин, 2000].

На степень повреждаемости растений, особенно в городах, влияют такие факторы, как: температура, влажность и давление воздуха; направление и сила ветра; состав, концентрация и характер распространения химических веществ и их смесей в среде; возраст растения и отдельных органов; условия защиты другими растениями, формами рельефа, искусственными сооружениями, рекреационные нагрузки, вандализм. В направлении господствующих ветров заметно возрастает поступление техногенных смесей. В районе воздействия выбросов химической и нефтехимической промышленности происходит минерализация осадков. Уровень минерализации снеговых вод в 3–5 раз выше, чем дождевых [Кулагин, 1974; Николаевский, 1975; Соколова, 2010; Павлов, 2003; Авдеева, Черникова, 2011, 2019, 2022].

Результаты обследования, проведенного в Братске, показали, что большинство деревьев имеют различные виды повреждений. 32,5% страдают от изгиба ствола, 32% – от механических повреждений, 19,4% – от шелушения

коры и 17,7% – от усыхания. Наиболее уязвимыми в городских условиях являются обычные посадки тополя вдоль улиц и магистралей, которые часто подвергаются механическим повреждениям ствола [Рунова, 2014]. Дереворазрушающими грибами поражены 14,8% тополей [Рунова, 2014].

Данные признаки появляются из-за длительного контакта листьев с загрязнителями воздуха, водорастворимые токсичные вещества попадают в корнеобитающий слой в процессе таяния снега и инфильтрации дождевой воды, а также уплотнения почвы, ухудшающего аэрацию корневой системы и, соответственно, минеральное питание растений. Повреждения приводят к ослаблению деревьев, замедлению их роста и преждевременному усыханию, в результате чего теряется декоративность и снижается защитная роль растительности в городской среде. В случае сильного ветра такие деревья потенциально опасны из-за риска загнивания валежника в стволе [Рунова, 2014].

Установлено, что в городской среде ослабленные деревья теряют жизнеспособность как биологическую, так и механическую. Не вовремя убранные поврежденные, усохшие растения или их части могут обламываться под действием ветровых нагрузок, становятся опасными, приносят экономический ущерб. Для достоверной оценки состояния древесных растений необходимо использовать как визуальные, так и инструментальные методы контроля [Корниенко, 2018].

Анализ среднего прироста тополей бальзамических, произрастающих на озелененных территориях Томска в период с 2007 по 2011 год, подтверждает, что прирост неуклонно снижается с увеличением интенсивности воздействия негативных факторов среды. Интенсивность поражения деревьев тополиной молью зависит от того, насколько деревья ослаблены другими факторами окружающей среды, такими как загрязнение воздуха выхлопными газами автомобилей и площади запечатанной почвы [Федорова, 2013].

Бабурин А.А. и Морозова Г.Ю. установили, что период активной вегетации у древесных растений в урбанизированной среде длиннее, при этом

критические периоды развития: раскрытие почек, формирование генеративных структур, опыление и оплодотворение, значительно короче. Эта реакция особенно ярко проявляется в годы, когда климатические условия неблагоприятны для роста растений [Бабурин, 2009]. Имеющиеся данные о росте листьев рода *Populus* говорят о том, что параметры роста листа генетически детерминированы, но некоторые из них достаточно чувствительны к воздействию факторов окружающей среды. Тополя характеризуются продолжительным ростом листа. Общая продолжительность роста листа тополя в условиях Ленинградской области составляет 100 суток. На долю внутрипочечного развития (от момента заложения на конусе нарастания до полного освобождения из-под почечных покровов) может приходиться более 2/3 всего времени роста листа, т. е. протекают в зимующей почке. Виды тополей различаются по параметрам основной фазы листа, протекающей вне почки, когда вырастает большая его часть. В процессе адаптации к менее благоприятным условиям вегетации наблюдается уменьшение абсолютной скорости роста листа [Шилова, 1991]. Это наблюдается и у тополей в крупных промышленных центрах. Так же установлено, что у деревьев в городских условиях более редкая крона, мелкие листья, сниженное жизненное состояние [Жидкова, 2001; 2001a].

Одним из показателей негативного влияния химического загрязнения на состояние растений является содержание хлорофилла в листьях. Результаты исследования С.П. Васфилова (1991) динамики ряда физиологических показателей листьев древесных растений в условиях загрязнения показали, что фотосинтез в условиях хронического загрязнения воздуха лимитирован пониженным содержанием хлорофилла в большую часть вегетационного периода. Это способствует снижению газообмена, а значит, и скорости поглощения листом загрязняющих веществ, в частности, диоксида серы из воздуха. Происходит утолщение листовой пластинки главным образом за счет увеличения толщины эпидермиса или кутикулы, что снижает транспирацию. В связи с тем, что водный режим в условиях воздушного загрязнения городов

нарушается, таким образом, появление ксероморфных признаков листа можно отнести к адаптивной реакции растений на изменение условий обитания [Васфилов, 1991].

Одним из факторов техногенеза стало повышение содержания в атмосфере количества пылевидных частиц. Особенно большое количество пыли находится над крупными городами, промышленными центрами. Пыль воздействует на внешние покровы и проникает внутрь через органы дыхания. Растворы пыли имеют свойства кислот или щелочей, нарушают нормальное течение метаболизма растений. Тополя обладают средней пылезадерживающей способностью. Листья тополя задерживают в 6,4 раза меньше, чем листья вяза, при этом в два раза сильнее, чем листья ивы. Чистые листья характеризуются более высокой фотосинтезирующей активностью по сравнению с загрязненными листьями [Сабашников, 1991; Ситникова, 1966; Кулагин, 1974; Николаевский, 1975; Соколова, 2010; Чернышенко, 2001].

У всех живых организмов есть свой срок жизни. Продолжительность жизни древесных растений определяется как биологическими особенностями вида, так и условиями его произрастания [Авдеева, 2008]. Средняя продолжительность жизни деревьев в естественных природных ареалах произрастания составляет: у ели сибирской и сосны обыкновенной 300–400 лет, сосны кедровой сибирской – 400–500, березы повислой – 150, тополей черного – 250 и бальзамического – 120 лет и др. [Булыгин, 2001; Колесников, 1974]. Величественная мощь, красота и сила, накопленная растениями за годы, истории их жизни, охватывающие несколько поколений, вызывают восторг и преклонение. Но реальность такова, что в течение всей своей жизни деревья, особенно в условиях урбанизированной среды, подвергаются воздействию ряда факторов, вызывающих ослабление их жизнеспособности и сокращение продолжительности их жизни [Кулагин, 2002; Медведева, 2011; Сродных, 2012].

В г. Красноярске проведены исследования влияния окружающей среды с целью установления антропогенного воздействия, на состояние

ассимиляционного аппарата тополя бальзамического. Результаты исследования выявили значительные различия в асимметрии листьев, что позволило проранжировать районы города по увеличению воздействия антропогенной нагрузки ландшафтные территории [Яровицкая, 2019].

Исследования, проведенные в городских условиях Братска, показывают, что продолжительность жизни тополей, особенно вдоль автомобильных дорог, составляет не более 20–30 лет; в 30–40 лет тополь находится в критическом состоянии и погибает или превращается в валежник. Тополя подвержены ядерной гнили и другим заболеваниям древесины. По данным инструментального наблюдения, более 50% всех тополей в Братске и других городах поражены различными заболеваниями и гнилями [Рунова, 2014; 2017; 2023; Тюкавина, 2018; Мухачева, 2020].

Помимо общего воздействия негативных факторов городской среды, к которым растения постепенно адаптируются, добавляются и те факторы, которые должны были способствовать повышению их устойчивости в городской среде – технологии обрезки древесных растений. При этом именно определённые виды обрезки стали одними из причин массовой гибели (или значительного ухудшения состояния) тополей в населенных пунктах.

Проблема, связанная с тополями, заложена в 50–60-х годах XX в. В этот период в короткие сроки необходимо было озеленить населенные пункты. Тополь бальзамический, за счет быстрого и легкого выращивания, в больших количествах высаживался на улицах и во дворах городских территорий. Эти крупные деревья первой величины обеспечивают нам комфорт – создают тень, защищают от ветра и пыли, увлажняют воздух, очищают его от вредных примесей, производят жизненно необходимый нам кислород, при этом являются мягколиственными, с неплотной древесиной и легко поражаются гнилями, имеют большую массу кроны, что делает тополь деревом опасным, подверженным падениям.

Именно эти деревья нередко становятся серьезной угрозой безопасности населения и его имущества, поэтому коммунальным службам необходимо

проводить омолаживающую обрезку, а проводят «кронирование» – полное удаление верхней части дерева, чтобы облегчить крону. Таким образом, «кронирование», которое в массовом порядке осуществляется на городских территориях – это путь к планомерному уничтожению дерева. В месте среза начинается развитие гнили, которая распространяется далее вглубь ствола, поэтому пораженную часть необходимо срезать каждый третий год, что в конечном итоге приводит к уничтожению дерева. Также после обрезки эти деревья необходимо постоянно контролировать на предмет скорости развития гнили, из-за которой дерево теряет устойчивость и становится аварийным. Аварийные деревья необходимо выявлять, своевременно удалять, заменяя на молодые и здоровые.

Если не проводить дальнейшую обрезку новой кроны, возникнет еще большая проблема: на месте с гнилью сформируется крона, набирающая большую массу, которая также становится опасной [<https://givoyles.ru/profi/profi-articles/problema-opasnyh-derevev>]. Таким образом, обрезка крон городских растений, необходимая для поддержания растений в здоровом жизненном состоянии, по-разному влияет на его состояние.

## **1.2 Методы диагностики состояния древесных растений и технологии формирования крон на городских объектах озеленения**

*История.* Важной стороной использования древесной растительности является культивирование деревьев и кустарников с целью создания комфортной среды для жизни человека. Такое использование деревьев имеет почти столь же длительную историю, как и сама цивилизация. Наряду с развитием композиционной стороны садово-паркового искусства возникают и развиваются методы ухода за деревьями. В Англии в XIX в. возникает термин «арборикультура» и используется для обозначения культивации деревьев вне лесных массивов, в целях, не связанных с получением древесины или плодов.

В 1852 и 1854 г. основываются Шотландское и Английское Королевские Арбористические общества (Rojal Scottish Arboricultural Society, English Rojal Arboricultural Society) [<http://doctorles.ru>].

**XX век.** Арбористика в современном виде (как научно обоснованный подход к содержанию деревьев) начинает формироваться в первой половине XX века. Формированию арбористики (и как дисциплины, и как практической отрасли) способствовала все набирающая темпы урбанизация, в результате которой положение зеленых насаждений в населенных местностях быстро приходило в упадок как в количественном, так и в качественном отношении. Основным отличием арбористики от лесоводства и лесоведения является «индивидуальный» подход к дереву.

Важную роль в возникновении современной отрасли ухода за деревьями в урбанизированной среде сыграл Джон Дэви – «отец древесной хирургии» (John Davey, 1846–1923). В 1901 г. выходит его книга «The tree doctor» [J. Davey, 1904]. Джон Дэви предложил множество нововведений в области ухода за деревьями: он впервые проводит ревизию существовавших подходов в обрезке с точки зрения биологии дерева, обращая внимание практиков на важность положения и угла среза, предлагает антисептирование срезов и крупных повреждений, зачистку, антисептирование и пломбировку дупел, установку стяжек и шпилечных креплений (каблинг и брэйсинг) в структурно слабых частях стволов и вершин деревьев, разрабатывает методы пересадки крупных деревьев с комом земли, обращает внимание на важность охраны корнеобитаемой зоны дерева. Несмотря на то, что профессиональный взгляд на большинство методов ухода за деревьями, применявшихся Дэви, на настоящий момент пересмотрен, его заслуга, безусловно, состоит в том, что он впервые последовательно указал на необходимость учитывать биологические особенности деревьев при проведении любых работ по уходу за ними [<http://doctorles.ru>].

Фрэнсис Бартлетт также внес важный вклад в формирование индустрии арбористики в США (Fransis A. Barlett). В 1907 г. в Нью-Йорке он создает

Barlett tree expert company – на настоящий момент одну из крупнейших в мире компаний в области обслуживания деревьев. Барлетт патентует ряд разработанных им инструментов и методик для ухода за деревьями, связанных с механическим укреплением деревьев, пломбировкой стволовых повреждений, защитой деревьев от болезней и вредителей и внесением удобрений, восстановлением почвы в корнеобитаемой зоне дерева. В 1927 г. он основывает Исследовательские лаборатории Барлетта в Коннектикуте. Область научных исследований лабораторий включает: фитопатологию, энтомологию, почвоведение, физиологию растений, ботанику и арбористику, при проектировании зеленых насаждений получали развитие подходы Барлетта к содержанию деревьев и созданию регулируемой природной среды [История арбористики, 2011].

Направление профессионального ухода за деревьями в урбанизированной среде в Европе получает развитие в 30-х годах XX века. Импульсом к развитию европейского ухода за деревьями служит американский опыт применения методов «древесной хирургии». Наибольшего развития это направление достигает в Германии, где связано, прежде всего, с деятельностью Михаэля Маурера (Michael Maurer, 1905 – 1980 гг.). Основные достижения Маурера были связаны с разработкой методов, связанных с содержанием старовозрастных деревьев: пломбировкой дупел и укреплением стволов. Позже большинство немецких специалистов высказались против практики пломбировки дупел, что, возможно, отчасти было связано с недостаточно высоким качеством проведения данных работ в повседневной практике. Оказалось, что пломбировка во многих случаях ухудшает прогноз развития гнили [История арбористики, 2011].

Индустрия ухода за деревьями складывается в это же время и Великобритании. В это время появляются компании, предлагающие услуги, связанные с вырубкой и обрезкой деревьев. В 1943 г. принимается «Временное предписание об охране» (Interim Preservation Order) – нормативный документ, регулирующий работы с деревьями и вблизи них, ставший основой для

«Предписания по охране деревьев» («Tree Preservation Order»), принятого в 1947 году [История арбористики, 2011].

**Вторая половина XX века.** Бурному развитию арбористики во второй половине XX века предшествует упадок отрасли, связанный со Второй мировой войной. Значительное влияние на развитие арбористики в этот период оказал еще один выдающийся американский специалист – Алекс Шиго (Alex L. Shigo, 1930 – 2006 гг.). Его научная деятельность в значительной степени связана с изучением развития гнилей. Масштабные работы в этой области (Шиго в буквальном смысле распилил вдоль и поперек более 15 000 деревьев) стали возможны благодаря появлению в это время легких бензопил, рассчитанных на использование одним оператором. В результате проведения научных исследований появляется теория компартментализации (изоляции) гнилей. Понимание анатомических особенностей этого процесса позволило провести ревизию практик обрезки и сформулировать биологически верные правила обрезки деревьев (техника естественной обрезки – Natural Pruning Technique). Многие специалисты считают работы Шиго началом современного этапа арбористики.

С 60-х годов XX в. начинает активно разрабатываться проблема оценки риска падения деревьев, особенно в городах. Для решения этой проблемы разрабатывается ряд методических подходов и диагностических приборов, позволяющих обнаружить потенциальные очаги стволовой гнили на основании замеров электрического сопротивления в исследуемой области ствола. Прибор получает скромное название – «Шигометр» (Shigometer) [История арбористики, 2011].

В 1986 г. немецкий инженер Франк Ринн изобретает прибор Денситиомат (Densitomat), использующий принцип денситометрии (определение прочности материала по сопротивлению сверлению) для диагностики внутренних гнилей древесины и деревянных строений - Resistograph. Точность прибора достаточно высока, им можно измерить колебания плотности в пределах одного годичного кольца, диаметр сверла при

этом невелик – 1–3 мм. Это делает прибор важным инструментом как для доказательного выявления скрытых гнилей, так и для получения информации о динамике состояния дерева [История арбористики, 2011].

С конца 70-х немецкий физик-биомеханик Клаус Маттек (Claus Mattheck) разрабатывает концепцию «Визуальной оценки деревьев» (VTA – Visual Tree Assessment). Оценка признаков аварийности в рамках данной методики производится по набору визуальных признаков: помимо признаков поражения дерева гнилями или механических повреждений, это особенности архитектоники дерева (форма ствола, углы отхождения ветвей, размеры и положение кроны, наклон и т. д.), которые могут быть как проявлением изначальных структурных дефектов дерева, так и адаптивными изменениями, развивающимися в ответ на скрытые повреждения ствола или корневой системы [История арбористики, 2011].

С середины 70-х годов XX в. различными исследователями ведется разработка методов акустической дефектоскопии дерева. Результатом стала разработка акустических томографов (в настоящее время Arbotom ®, PicusSonic ®, ArborSonic ® и одноканальный прибор Impulse Hammer ®). По разнице скорости прохождения звуковой волны эти приборы определяют внутри ствола области, пораженные гнилью. С конца 80-х разрабатываются методики использования радиолокационных приборов – георадаров как для определения положения механических корней дерева, так и для диагностики скрытых гнилей. Результатом стала разработка запатентованного прибора для радиолокационной диагностики деревьев TreeRadar [История арбористики, 2011].

С конца 80-х в работах Вессоли (Wessoly L.), Синна (Sinn G.), Эрба (Erb M.), а также Бруди (Brudi E.) разрабатывается метод оценки безопасности деревьев, основанный на подсчете баланса механических нагрузок, действующих на ствол и корни дерева, и прочности этих опорных элементов. К концу XX века заметного технического развития достигает и оборудование для различных процедур по уходу за деревьями. Хотя многие из этих

устройств и техник «уходят корнями» как минимум в начало XX века, но именно к его концу они получают развитие и распространение [<https://www.davey.com>; <https://piterarbo.ru>].

Уровень профессионального ухода за деревьями **в России** несколько ниже уровня в европейских странах. В процессе формирования североамериканского и европейского рынков появились профессиональные сообщества работников, ученых и специалистов, учебные государственные и коммерческие заведения, научно-исследовательские и производственные компании. В России, несмотря на существование сильной отечественной лесоводческой школы, а также теоретических работ и практики городского лесоводства, сфера индивидуального ухода за деревьями в нашей стране появилась относительно недавно. Инструментальные методы исследования состояния деревьев базируются в основном на следующих видах приборов, оборудования и программного обеспечения: «Арботом»® (Arbotom) представляет собой пространственный импульсный томограф, разработанный немецкой фирмой РИННТЕХ® для проведения анализа состояния внутренней структуры деревьев; «Резистограф»® (Resistograph) – прибор производства Риннтех® (Rinntech, Германия); «Линтаб» с программным обеспечением ТСАП представляет собой комплекс, предназначенный для получения дендрохронологической информации полуавтоматическим методом и последующего ее статистического и графического анализа.

*Совмещение визуального и инструментального методов диагностики.* Визуальный осмотр показал, что все исследованные старые образцы яблони имели общие дефекты древесины в виде частичной гнили, сухих отверстий, морозобойных трещин, сухих веток, повреждения ствола насекомыми-вредителями и грибкового поражения, разрушающего древесину. На основании полученных данных каждому исследованному образцу была присвоена соответствующая санитарно-гигиеническая категория. При инструментальной диагностике с использованием импульсного томографа Arbotom исследуемых деревьев были выявлены обширные скрытые

деструкции древесины. В данном исследовании широкое распространение гнили во внутренней структуре стеблей было выявлено инструментальной диагностикой, хотя внешние признаки поражения отсутствовали [Довганюк, 2023].

В данный период использование резистографов особенно широко распространено при оценке состояния деревьев в городских посадках [Рунова, 2014; 2017; 2023]. Проведено исследование роста тополя бальзамического в жилом массиве г. Братска. Исследование проводилось на рядовой посадке *Populus balsamifera* L., расположенной вдоль транспортной магистрали. Внутреннее состояние деревьев в жилом районе было инструментально диагностировано с помощью прибора Resistograph 4450. Прибор измеряет плотность древесины и выявляет плотную (здоровую) древесину и внутренние повреждения (ранние стадии гниения, участки прогрессирующего гниения и пустоты). По полученным данным графиков-резистограмм определяется процент поражения древесины гнилью в процентах: из 102 деревьев 14 имеют поражение гнилью менее 20%, 42 – 20-40%, 35 – 40-60%, 9 – 60-80% и 2 – более 80%. Если общий процент древесины, пораженной гнилью, достигает 81%, дерево следует удалить. Сложность выявления аварийных деревьев заключается в том, что при визуальном осмотре они диагностируются как жизнеспособные. Таким образом, авторами установлено, что при обследовании при помощи прибора резистограф обнаруживается значительная часть поврежденной гнилью древесины [Рунова, 2014]. Установлено, что 45% исследуемых деревьев тополя бальзамического были подвергнуты *обрезке*.

Визуальный осмотр показал, что большинство деревьев имели различные виды повреждений, включая усыхание ветвей, разреженность кроны, растрескивание стволов от мороза, иссушение, их механические повреждения и искривление, гниль, дуплистость, отслоение коры и посторонние предметы. Наросты на стволах и другие повреждения составляют 41% для «кронированных» деревьев и 18% для «некронированных» деревьев,

а искривление ствола –20% и 9% [Рунова, 2017].

При обрезке деревьев часто употребляется термин «*кронирование*», при этом не существует официального термина «кронирование». Под кронированием понимаются любые манипуляции с деревом, связанные с обрезкой: от незначительного удаления ветвей до полного удаления кроны дерева, то есть топпинга (данный термин используется в зарубежной практике по уходу за насаждениями). Множество фирм, занимающихся обрезкой зеленых насаждений, предлагают абстрактное «кронирование», при этом в каждом конкретном случае дереву необходим конкретный вид обрезки [<https://www.liwood.ru/services/>; <https://sgtechnology.pro> и др.]. Вероятно, данный термин применяется как в практике, так и в теории, потому что при обследовании деревьев не всегда возможно определить тип проведенной обрезки, обрезка производится в нарушении установленных норм и правил [Правила, 1999; ГОСТ, 1989].

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. «Об утверждении правил создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской федерации» [Приказ, 1999] и ГОСТом 28329-89 «Озеленение городов термины и определения» официально закреплены виды обрезки: санитарная, омолаживающая, формовочная:

**Санитарная обрезка** [ГОСТ, 89] – обрезка больных, поломанных, засохших ветвей.

**Санитарная обрезка кроны** [Приказ, 1999] направлена на удаление старых, больных, усыхающих и поврежденных ветвей, а также ветвей, направленных внутрь кроны или сближенных друг с другом. Обязательному удалению подлежат также побеги, отходящие от центрального ствола вверх под острым углом или вертикально (исключая пирамидальные формы), во избежание их обламывания и образования ран на стволе. Санитарную обрезку следует проводить ежегодно в течение всего вегетационного периода. Однако

одновременное удаление большого количества крупных ветвей нецелесообразно, поэтому их лучше удалять постепенно, по 1–2 ветви в год. Обрезка больных и сухих сучьев проводится до здорового места, при этом *ветви удаляются на кольцо у самого их основания, а побеги – над «наружной» почкой*, не задевая ее. Срезы должны быть гладкими, крупным срезам рекомендуется придавать слегка выпуклую форму, а вертикально растущие побеги снимаются косым срезом, чтобы не застаивалась вода. Удаление больных ветвей производится обязательно с помощью трех пропилов: первый пропил делают с нижней стороны ветви на расстоянии 25–30 см от ствола и на глубину, равную четверти толщины ветви. Вторым пропилом делают сверху на 5 см дальше от ствола, чем нижний. После того как ветвь отвалится, третьим пропилом аккуратно срезается оставшийся пенек. Разрывы коры можно устранить поддержкой пенька рукой или веревкой. Для безопасности большие ветви предварительно подвешивают на веревке (или двух) к выше расположенной ветви или к стволу дерева и после спиливания осторожно опускают на землю. Сразу после обрезки все раны диаметром более 2 см необходимо замазать садовой замазкой или закрасить масляной краской на натуральной олифе. У хвойных деревьев, обильно выделяющих смолу, раны не замазываются [<https://vgkh.ru/jsk/law/law040>].

**Формовочная обрезка** [ГОСТ, 89] – обрезка кроны с целью придания растению определенного габитуса, ему не свойственного.

**Формовочная обрезка** [Приказ, 1999] проводится с целью придания кроне заданной формы и сохранения ее, выравнивания высоты растений, достижения равномерного расположения скелетных ветвей. При обрезке необходимо учитывать видовые и биологические особенности растений: форму кроны, характер ее изменения с возрастом, способность переносить обрезку, возможность пробуждения спящих почек. При формовочной обрезке деревьев в аллейной или рядовой посадке необходим постоянный контроль за высотой, размером и формой кроны. У деревьев с плакучей, пирамидальной или шаровидной кроной необходимо своевременно удалять побеги,

развивающиеся на подвоях ниже места прививок, а также регулировать рост, направление и густоту ветвей. У деревьев с пирамидальной формой кроны удаляют все ветви, выходящие за пределы естественной формы. Укорачивая побеги, делают срез над почкой, обращенной внутрь кроны. Побеги, растущие внутрь кроны и густо переплетенные, срезают над почкой, обращенной наружу. Периодичность проведения формовочной обрезки древесных пород различна. Кроны быстрорастущих пород, когда требуется сохранение определенной высоты и формы, обрезают ежегодно, сочетая формовочную обрезку с удалением отстающих в росте (слабых), усыхающих и больных побегов, т. е. с санитарной обрезкой. У медленнорастущих деревьев формовку кроны лучше производить через 2-4 года. Формовочную обрезку следует проводить ранней весной до распускания почек или осенью после листопада. Степень обрезки зависит от вида дерева, его возраста и состояния кроны. Различают слабую, умеренную (среднюю) и сильную обрезки. У молодых деревьев большинства пород целесообразно проводить только слабую обрезку (не более 25-30% величины годичного прироста), так как на концах побегов у них закладываются слабые почки. У средневозрастных деревьев производится умеренная обрезка (до 50% длины годичного прироста), способствуя получению более густой кроны. Сильную обрезку (60-75% длины годичного прироста) следует производить только у быстрорастущих пород, у которых отсутствие обрезки или слабая обрезка приводит к быстрому изреживанию кроны. Порослевые и жировые побеги удаляются систематически в течение всего вегетационного сезона. Жировые побеги лучше вырезать, захватывая часть коры.

**Омолаживающая обрезка** [ГОСТ, 89] – глубокая обрезка ветвей до их базальной части, стимулирующая образование молодых побегов, создающих новую крону.

**Омолаживающая обрезка** [Приказ, 1999] – это глубокая обрезка ветвей до их базальной части, стимулирующая образование молодых побегов, создающих новую крону. Ее следует проводить у таких деревьев и

кустарников, которые с возрастом, несмотря на хороший уход, теряют декоративные качества, перестают давать ежегодный прирост, образуют суховершинность. Омолаживание деревьев следует проводить постепенно – в течение 2–3 лет, начиная с вершины и крупных скелетных ветвей, и только у видов, обладающих хорошей побегопроизводительной способностью (липа, тополь, ива и др., из хвойных – ель колючая). Обрезку ветвей следует проводить, укорачивая их на  $1/2$ – $3/4$  длины. В случае образования большого числа молодых побегов из спящих почек необходимо произвести прореживание, убрав часть из них. К омолаживающей обрезке относится и прием «посадки на пень», когда дерево спиливается до основания и остается лишь пень. Образовавшуюся поросль следует проредить и сформировать одно- или многоствольное растение. Омолаживание рекомендуется проводить в два приема: часть ветвей срезают в первый год, остальные – во второй. Обрезку производят ранней весной до начала сокодвижения.

При этом в «Правилах...» четко разъясняется технология обрезки «...ветви удаляются **на кольцо у самого их основания, а побеги - над "наружной" почкой**, не задевая ее» [Приказ, 1999], методика удаления ствола вертикальным *интернодальным* срезом в правовых документах отсутствует. При этом последствиями интернодального среза – среза, сделанного между узлами (между почками или ветвями), – вызывает неконтролируемый рост водяных побегов, загнивание места среза, в результате обрушение «омолодившейся» кроны и гибель дерева по прошествии 5–10 лет вследствие его истощения из-за выгнивания сердцевины дерева [Обрезка, 2021]. В учебниках, методических указаниях и другой профессиональной литературе также обозначены данные правила обрезки древесных растений [Теодоронский, 2006; Ерохина, 1987; Кочарян, 2001; Обрезка, 2021; Канунников А. М., 2023]. В книге Королевского садового общества К. Брикелла и Д. Джойса [Брикелл, 2006] говорится: «Предпочтительней делать косые, а не горизонтальные срезы – так как дождевая влага не будет застаиваться на поверхности, приводя к развитию грибных гнилей».

Правильное расположение срезов при любых видах обрезки деревьев определяется с учетом ростовых процессов и анатомического строения деревьев.

Из-за желания изменить окружающую среду в соответствии с собственными представлениями человек превратил обрезку в обязательную процедуру. В определенных ландшафтных условиях, и особенно в городе, обрезку проводят, чтобы удалить засохшие ветви, улучшить форму дерева с эстетической точки зрения (или исправить ее в связи с ограничениями, накладываемыми окружающей средой, например, присутствием зданий поблизости), повысить жизнеспособность растения или обеспечить его стабильность и безопасность. Срезать ветви следует, прогнозируя, как дерево среагирует на рану. Ни одна ветвь не должна быть удалена без причины. Целью обрезки должно быть обеспечение здоровья и эстетической привлекательности деревьев, а также создание стабильной безопасной кроны, форма которой соответствует особенностям породы дерева [European Tree worker, 2017].

Помимо официально утвержденных в России способов обрезки, в российской и зарубежной практике используется ряд способов и, соответственно, терминов обрезки древесных растений. Важная информация по обрезке представлена в профессиональном справочнике European Tree Worker [European, 2017]. Основными из них являются:

- **утилитарная обрезка деревьев** – это удаление отдельных ветвей или изменение формы кроны с определенной «практической» целью. Цель определяет те ветви, которые подлежат обрезке: ветви, нависающие над фасадами зданий, окнами, крышами и другими элементами; ветви, нависающие над крышей здания и делающие невозможным нормальное функционирование водосточной системы (опавшие листья забивают желоба и водосточные трубы); ветви, приводящие к обрушению частей фасадов, балконов и карнизов; ветви, затеняющие и препятствующие нормальному освещению помещений в соответствии с санитарными нормами; ветви,

закрывающие дорожные знаки, светофоры, видимость на перекрестках и т. д., препятствующие безопасному движению транспорта [www.udal.ru]. К утилитарному способу относится – подъем кроны (crown lifting) – суть подъема кроны заключается в удалении нижних ветвей. Для этого существует много причин, например, необходимость обеспечить большее проникновение света, улучшить внешний вид и создать более комфортные условия для пешеходов и водителей. Минимальное расстояние от поверхности земли до основания кроны для уличных и придорожных деревьев указано в национальных нормативных документах и рекомендациях. Однако следует отметить, что для правильного развития у молодых деревьев крона должна занимать 2/3 от общей высоты растения [European, 2017]. Целью данного вида обрезки является создание коридора, свободного от ветвей деревьев, вокруг линии электропроводов, обрезка должна проводиться в соответствии с утвержденными правовыми документами. В случае с обрезкой крон деревьев в охранных зонах воздушных линий электропередачи энергетики выполняют требования Постановления Правительства Российской Федерации от 24.02.2009 № 160 «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон». Общим условием использования земли в охранной зоне ЛЭП является ее использование без изъятия у собственника (собственников), но в ее границах может быть введен особый режим использования, ограничивающий или запрещающий виды деятельности, несовместимые с целями создания охранной зоны. 24 февраля 2009 года Согласно пунктам 21-23 Постановления Правительства Российской Федерации от 21 февраля 2009 года № 160-160, в целях обеспечения безаварийной и безаварийной эксплуатации объектов ЛЭП в охранной зоне предприятие ЛЭП обязано создавать и содержать расчищенные участки вдоль воздушных линий электропередачи и вокруг подстанций, а если охранная зона находится в зеленых насаждениях, то деревья и кустарники должны быть вырублены и обрезаны на минимально допустимом расстоянии до их крон, а

деревья, находящиеся под угрозой падения, должны быть спилены (высота которых превышает 4 метра);

- **укорачивание ветвей (*reduction cut*)** – данный вид обрезки рекомендуется при необходимости снизить размеры кроны. Для достижения этой цели, как правило, обрезают подходящие боковые ветви. По возможности диаметр оставшейся ветви должен составлять 1/3 диаметра удаленной ветви. Большие раны могут спровоцировать формирование полостей. Перед проведением обрезки следует проанализировать данные, нежелательные побочные эффекты [European, 2017; www.udal.ru];

- **срез вершины – топпинг (*topping*)** – мероприятие заключается в удалении всей кроны вместе с верхней частью ствола дерева, остается «столб», высота которого находится в пределах от 3 до 10 метров. Этот метод следует использовать только для уменьшения высоты живых изгородей, так как он вызывает серьезные проблемы, связанные с развитием гнили. Верхушечная обрезка не должна использоваться в качестве метода уменьшения объема кроны [European, 2017; www.udal.ru];

- **прореживание кроны (*crown thinning*)** – удаление небольшого количества живых веток и второстепенных ветвей из всей кроны. Как правило, для достижения желаемого результата достаточно удалить до 15 %. К данному виду обрезки прибегают для обеспечения плотной кроны, увеличению количества равномерному распределению ветвей по кроне. У большинства деревьев прореживание выполняется на концах ветвей. При этом следует избегать удаления внутренних ветвей и создания так называемых «львиных хвостов». Как правило, прореживание кроны применяется только для широколиственных деревьев. Деревья с тонкой корой, такие как бук (*Fagus*), граб (*Carpinus*) и береза (*Betula*), в результате чрезмерного прореживания могут получить солнечные (термические) ожоги. Прореживание кроны является элементом ухода за деревом и не влияет на его размер и форму. Его можно использовать для обеспечения лучшего проникновения света через крону, уменьшения сопротивления ветру и снижения весовой нагрузки

тяжелых ветвей, однако у некоторых пород чрезмерное прореживание стимулирует нежелательное развитие побегов [European, 2017; www.udal.ru];

- ***уменьшение объема кроны (crown reduction)*** – метод применяется для уменьшения размера кроны дерева, сохраняя при этом его естественную форму. Концы побегов срезают до внутренних боковых ветвей или стволов. Срезание вершины не допускается. При использовании данного метода диаметр оставшейся ветви должен составлять 1/3 диаметра удаленной ветви, рекомендуется удалять не более 20% листвы [European, 2017];

- ***поллярдинг (pollarding)*** – вид регулярной обрезки – заключается в ежегодном срезании порослевых побегов текущего года до одного и того же уровня каждые 1–3 года в зависимости от породы растения. Все срезы должны выполняться только у основания поросли. Таким образом, на концах всех ветвей образуются «верхушки-шишки» с обрезанной порослью. Поскольку в них сосредоточен запас энергии, их нельзя удалять или наносить им повреждения, на них в следующем году образуются побеги, которые обрезаются таким же образом. В безлистном состоянии растение имеет аккуратный вид, в вегетационный период – имеет густой зеленый полог. Регулярная обрезка поросли позволяет сохранять определенную высоту и форму дерева. Специфические верхушки веток формируются посредством постоянного срезания поросли в одной и той же точке [European, 2017]. Для формирования специфической верхушки ветвей к обрезке поросли следует приступать, когда дерево еще молодое. Для этого ветви должны быть выгодно расположены и равномерно распределены по стволу [European, 2017; www.udal.ru].

Любая обрезка деревьев должна преследовать две основные цели: ***улучшение физиологического состояния дерева посредством совершенствования структуры кроны и удовлетворение эстетических или утилитарных потребностей населения.*** Данные цели должны совпадать. При этом в настоящее время происходят значительные перекосы, особенно это проявляется при удалении всей кроны вместе с верхней частью

ствола дерева – *топпинг (topping)* – от дерева остается «столб». Данный вид обрезки запрещен во многих странах [<https://varlamov.ru/2901535.html>; <https://eredin888.livejournal.com/108505.html>], однако в российских городах для тополя бальзамического данный вид обрезки в последнее время стал практически основным, последствия которого, помимо снижения эстетичности, несут ряд физиологических и механических проблем как для растения, так и для населения (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 - Примеры «оттопированных» деревьев г. Красноярск. 2023 г.  
Высота «столба» от 3 до 10 м

Практически на всех деревьях после проведения «омолаживающей обрезки» (*топпинга*) появляется значительное количество водяных побегов (рисунок 1.1). Многочисленные вертикальные сильнорослые побеги

образуются из спящих почек после чрезмерной обрезки или при использовании интернодальных (межузловых) срезов. Конкуренция с лидером, образование заземленной коры, непривлекательный внешний вид, плохое срастание со стволом приводит к облому разросшегося пучка. В данном случае необходимо удалять или укорачивать часть побегов. Но на практике большая густота и значительное количество побегов в пучке затрудняет коррекцию, что приводит к усыханию или его обламыванию (рисунок 1.1).

### 1.3 Влияние обрезки крон на состояние тополя бальзамического

Обрезка – один из основных технологических приемов ухода за деревьями в городах. В правовых документах закреплены основные виды обрезки: формирующая, омолаживающая, санитарная. Рационально подобранный вид обрезки позволяет вырастить крепкое, здоровое и красивое дерево, максимально продлить его жизнь в условиях города. Стратегия формирования дерева должна быть основана на изменениях, происходящих в развитии растений в каждом возрастном периоде (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Соответствие стратегии обрезки возрастному развитию дерева

Особенности развития дерева в определенном возрастном состоянии	Стратегия обрезки дерева
<b>Ювенильное, вергинильное возрастные состояния</b> – с момента появления всходов основная энергия направлена на рост по высоте (с целью обогнать конкурентов в борьбе за свет) и разрастание корневых систем (конкуренция за пространство в почве); молодые деревца вытянуты в высоту;	формирующая обрезка, санитарная обрезка
<b>Генеративное возрастное состояния</b> – деревья увеличиваются в ширину: по диаметру ствола, по диаметру кроны (разрастаются боковые ветви), деревья заняли господствующий ярус и рост по высоте замедляется; растения начинают плодоносить;	формирующая обрезка; санитарная обрезка
<b>Синильное возрастное состояние</b> – старо возрастные деревья большую часть энергии затрачивают на продление жизни. Рост по высоте практически прекращен. Объем и биомасса крон практически максимальные, высокая нагрузка на ствол, энергия расходуется на защиту от вредителей и болезней	омолаживающая обрезка, санитарная обрезка

Результаты рекогносцировочного обследования деревьев тополя

бальзамического в г. Красноярске, а также анализ исследований ряда авторов показали, что в настоящее время большинство тополей, произрастающих в городских насаждениях в основном, независимо от возрастного состояния, подвергаются *радикальной обрезке*, которую трактуют как «омолаживающую» или «конирование», при этом самым травматичным и малоэстетичным способом – *топпингом*, предполагающим полное удаление кроны в верхней части ствола дерева [European, 2017; www.udal.ru; Рунова, 2017; Казанцева, 2009].

Исследование влияния «омолаживающей» (*топпинга*) обрезки на рост и развитие насаждений тополя бальзамического в городских условиях показало следующее:

- удаление сильного полога кроны значительно снижает его ярусную устойчивость и декоративную ценность. Кроме того, неоднократная обрезка кроны взрослых деревьев губительно сказывается на их состоянии, приводит к преждевременному старению и гибели насаждений [Бакулин, 2005];
- неоднократная обрезка кроны взрослых деревьев губительно сказывается на их состоянии, приводит к преждевременному старению и гибели насаждений [Казанцева, 2009];
- у обрезанных тополей отмечаются некоторые компенсаторные изменения, направленные на усиление формирования кроны и восстановление ее ассимиляционного потенциала, площадь листа у опытных тополей более чем в 3 раза превышает площадь листьев контрольных деревьев [Казанцева, 2009];
- при оценке общего терморегулирующего эффекта зеленых насаждений большое значение имеют такие показатели, как площадь и характер тени, отбрасываемой деревьями. Наблюдения показали, что средняя площадь тени обрезанных деревьев в полдень составляет всего 7,1 м<sup>2</sup>, это в 8,5 раза меньше, чем у контрольных экземпляров (60,7 м<sup>2</sup>); в контроле за счет перекрытия крон суммарная площадь тени превышает общую площадь

посадки более чем в 5 раз [Казанцева, 2009];

- подобные мероприятия значительно сокращают срок жизни дерева, открывают его проводящие ткани для гнили и фактически уничтожают пыле- и шумозащитную, декоративную функции, а также стимулируют неуправляемое вегетативное размножение деревьев [Рунова, 2023].

- отмечается тенденция ухудшения состояния тополей с уменьшением высоты ствола, на которой проводилась обрезка. Обрезка на высоте 1 м и 2 м от поверхности привела к гибели молодых деревьев (диаметр ствола 25 см). При высоте обрезки ствола на высоте 9 м резких изменений не наблюдалось. На деревьях с высотой обрезки ствола 4 и 5 м прослеживались такие патологии как глубокие раны, суховершинность, отмирание кроны, гниль и плодовые тела [Тюкавина, 2018; 2018a];

- «кронированные» деревья тополя классифицируются как легко- и сильно поврежденные. Состояние деревьев тополя зависит от высоты обрезки ствола, установлено, что чем выше проведена обрезка кроны, тем меньше это влияет на жизненность деревьев. Для последующей обрезки кроны рекомендуется высота обрезки ствола не менее 5-6 метров. У деревьев тополя с диаметром ствола 30 см и более без предыдущей обрезки кроны высока вероятность погибнуть при обрезке «на столб» на любой высоте [Тюкавина, 2018; 2018a];

- «кронирование» тополей «на столб» повышает вероятность поражения дереворазрушающими грибами. Существует достоверная и тесная связь между диаметром ствола дерева и развитием плодовых тел грибов, повреждающих деревья ( $r = 0,75$  при  $t = 6,3$ ). Плодовые тела дереворазрушающих грибов начинают встречаться у созревающих «кронированных» деревьев [Тюкавина, 2018; 2018a];

- сравнительный анализ температур древесины ствола на уровне корневой шейки деревьев тополя бальзамического и воздуха в насаждениях г. Архангельска показали, что чем выше категория жизненного состояния дерева, тем больше разница между исследуемыми показателями, т. е.

прогревание более здоровой древесины происходит медленнее, у «кронированных» растений происходит накопление тепла в древесине, которая может даже превышать температуры воздуха [Тюкавина, Бессонова, 2018];

- изучено влияние стволовой гнили у тополя бальзамического на активность синтеза фенольных соединений в листьях. Вероятно, это обусловлено тем, что как заражение ствольными гнилями, так и аэротехногенное загрязнение в условиях урбанизации сопровождается развитием оксидативного стресса у древесных растений, особенно подверженных обрезке [Колтунов, 2021];

- установлено, что радикальная обрезка крон приводит к резкому снижению фитомассы, прежде всего надземной части дерева, на опытных участках данный показатель значительно снизился (в пять раз). При этом уменьшилось и количество углерода, накопленного деревьями. Тополь с нормальным пологом производили 9,5 кг органического вещества в год, что эквивалентно 4,8 кг углерода, усвоенного из атмосферного углекислого газа и депонированного в органических связях. При обрезке данные значения уменьшаются до 1,7 кг органического вещества и 0,9 кг углерода соответственно. Учитывая высокий уровень выбросов углекислого газа в городскую атмосферу из-за промышленной деятельности и автомобильного транспорта, снижение ассимиляционной активности зеленых насаждений способствует дальнейшему ухудшению экологического состояния [Соловьева, 2010];

- «оттоппингованные» деревья во многих случаях не дают вторичной кроны и погибают, отпад достигает 50%. Проблемы после топпинга начинаются через 10-15 лет, когда водяные побеги, из которых образовалась вторичная крона на обрезанных столбах, вырастают до 10 м в высоту и до 20 см по диаметру. Данные ветви начнут обламываться от центрального ствола, поскольку их крепление к стволу гораздо слабее, чем у основных ветвей. Центральная часть ствола к этому времени выгнивает, таким образом,

получаем гнилое, разваливающееся, изуродованное дерево (рисунок 1.2) [<http://www.udal.ru/TreePruning.htm>].



Рисунок 1.2 – Примеры «оттопингованных» деревьев. Высота столба от 3 до 10 метров

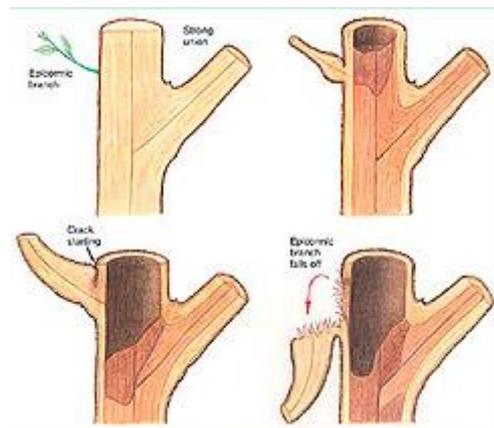


Рисунок 1.3 – Разрушение ствола и отламывание эпикормиальных побегов оттопингованных деревьев

### Выводы по главе

1. Тополя являются крупными деревьями первой величины, они прекрасно выполняют защитные, декоративные, санитарные функции. При этом городские насаждения, находящиеся в зоне атмосферного загрязнения, ослабляются: у деревьев более редкая крона, мелкие листья, они теряют жизнеспособность как биологическую, так и механическую и преждевременно усыхают.

2. Помимо общего воздействия негативных факторов городской среды, к которым растения пытаются адаптироваться, добавляются и те факторы, которые должны были способствовать повышению их устойчивости в городской среде – технологии обрезки древесных растений. При этом именно определённые виды обрезки стали одними из причин массовой гибели (или значительного ухудшения состояния) тополей в населенных пунктах.

3. В настоящее время в Приказом Госстроя РФ "Правила по созданию, охране и содержанию зеленых насаждений в городах Российской Федерации" N 153 от 15 декабря 1999 г. «Об утверждении правил создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской федерации» [Приказ, 1999] и ГОСТом 28329-89 «Озеленение городов термины и определения»

официально закреплены виды обрезки: санитарная, омолаживающая, формовочная. При этом для тополя бальзамического в последнее время под типом «омолаживающая обрезка» происходит удаление всей кроны вместе с верхней частью ствола дерева – топпинг (topping) – от дерева остается «столб», последствия которого, помимо снижения эстетичности, несут ряд физиологических и механических проблем как для растения, так и для населения.

4. Анализ исследований позволил выявить особенности влияния «омолаживающей» обрезки (топпинг) на рост и развитие насаждений тополя бальзамического в условиях городской среды. При этом для г. Красноярска отсутствуют региональные данные по возрастной динамике биометрических показателей тополя бальзамического, его роста и развития как в естественной форме роста, так и после различных видов обрезки, применяемых в крупном промышленном центре. На основании этого необходимо обосновать методы исследования, установить особенности роста тополя бальзамического в условиях урбосреды с различными уровнями антропогенного воздействия, разработать методы формирования средозащитных элементов в системе озеленения г. Красноярска с участием тополя бальзамического.

## 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Объекты исследования

Объекты исследования - деревья тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), произрастающие на городских объектах озеленения г. Красноярска. Данный вид широко используется в озеленении г. Красноярска с 50-х годов XX в. Тополя наряду с другими деревьями высаживали в городах Древней Греции и Рима, где под их развесистыми кронами проходили народные собрания, отсюда произошло латинское название рода – *populus* – «народный» [<https://givoyles.ru/articles/poroda-nomera/topol/>].

Данный вид относится к семейству ивовых (Salicaceae) – это крупное дерево до 35 м высотой и в диаметре до 4-5 м с раскидистой, широкой, яйцевидной кроной. Ствол прямой, полнодревесный. Ценность и использование древесины тополя бальзамического такие же, как и других видов тополей. Тополь бальзамический культивируется в России от Арктики до южных границ (особенно у воды) как лесная и лесозащитная древесная порода. Но при этом он проявляет и определенные недостатки, особенно в городских условиях [Иванников, 1980]: сравнительно недолговечен, после 40-50 лет недекоративен, в период высыпания семян деревья женских особей загрязняют воздух, часто страдает цитоспорозом, поражается тополевой молью, повреждается ветром. На основании этого тополь не должен занимать ведущее место в ассортименте пород для озеленения городов, особенно в насаждениях общего пользования. В настоящее время возраст посадок тополя бальзамического составляет 60 – 70 лет, при этом около 60 % деревьев прошли омолаживающую обрезку, необходимую для данного вида в этом возрасте, особенно – в условиях городской среды [Авдеева, 2007].

В таблице 2.1 представлены экологические свойства и декоративные качества тополя бальзамического [ГОСТ, 1991: 108; Коропачинский, 2014].

Таблица 2.1 – Декоративные качества и экологические свойства тополя бальзамического

<b>Тополь бальзамический (<i>Populus balsamifera</i> L.)</b>					
Естественный ареал: Канада, север США					
Долговечность	В естественных условиях: 150 лет				
Экологические особенности произрастания	Произрастает вдоль рек и горных речек, в аллювиальных долинах, по отмелям и по береговым склонам, одиночно или рощами.				
Отношение к экологическим, климатическим и антропогенным факторам	Освещенность		Ветроустойчивость		
	Морозостойкость		Дымогазоустойчивость		
	Засухоустойчивость		Корневая система		
	Требовательность к почве		Категории насаждений		
Размеры	В естественных условиях: Высота 18 - 21 метр, редко 27 метров при толщине ствола 0,6 метра и более.				
В Красноярске	Двудомное листопадное дерево до 30м высотой и до 2м в диаметре ствола.				
Декоративность	Дерево высотой до 30 м, при диаметре ствола до 4—5 м. Крона раскидистая, широко-яйцевидная. Кора гладкая, серая; у старых деревьев внизу ствола тёмно-серая, трещиноватая. Побеги цилиндрические или слегка угловатые, бурые, голые.				
Рекомендации по уходу	Почвенную смесь, состоящую из дерновой земли, торфа и песка в соотношении 3 : 2 : 2. На тяжелых почвах необходим дренаж в виде битого кирпича и песка на 1/3 глубины посадочной ямы.				
Использование в зеленом строительстве	Много лет используется в зеленом строительстве. Широко применяется в защитном лесоразведении. Рекомендуется для посадки в садах и парках, одиночно и группами, аллеями, для обсадки дорог, укрепления берегов рек и водоемов.				
					

Условные обозначения экологических свойств представлены в Приложении Д.

Тополь бальзамический до сих пор является лидером в древесных посадках на территории города Красноярск [Плешиков, 2001]. Данная группа тополей требовательна к плодородию и влажности почвы и световым характеристикам территории. Недостаточный учет роли данных факторов при создании насаждений, а также загущенность посадок и применение технологии ухода за растениями, не соответствующей биологии вида, негативно отражаются на состоянии посадок из тополя [Авдеева, 2007]. На основании проведенного анализа работ в области изучения состояния тополей, произрастающих на объектах озеленения различных городов, нами составлена дендрэкологическая характеристика видов рода *Populus* (таблица 2.2).

Таблица 2.2 - Дендрэкологические характеристики видов рода *Populus*

Название	Дендрэкологические характеристики
Продолжительность жизни	Недолговечны.
Отношение к свету	Светолюбивы.
Требовательность к почвенным условиям	Природные местообитания - поймы рек с богатой и увлажненной почвой. Некоторые виды тополя переносят засоление почвы, тополь бальзамический - этих условиях растет медленно и преждевременно погибает.
Зимостойкость	Высокая. Вторая зона зимостойкости
Газоустойчивость - способность растений противостоять действию токсичных газов, сохраняя жизнеспособность. Уровень газоустойчивости оценивается по максимальной концентрации токсичных веществ в атмосфере, которая не вызывает функциональных или структурных повреждений организма в то время, когда физиологическая активность максимальна, а чувствительность к активным загрязнителям атмосферы высока. [Павлов, 2006].	Газоустойчивость достигается за счет: иссушения, нейтрализации, утилизации в метаболических процессах, удаления путем снижения доли токсичных газов, поступающих во внутреннюю ткань листа; - естественного отбора наиболее устойчивых особей в местных условиях [Павлов, 2006]. Устойчивые виды характеризуются сильно развитым листовым покровом, низкой "воздухопроницаемостью" губчатой паренхимы, многочисленными мелкими порами на мм <sup>2</sup> листа и низкой дневной степенью их раскрытия. Среди устойчивых к действию токсикантов является тополь бальзамический.
Газочувствительность - скорость и степень появления у растений патологической реакции на токсическое действие газов	Сернистый ангидрид, фтористый водород и другие вещества вызывают ожоги листовой пластинки, которые проявляются в виде некротических пятен; понижается интенсивность транспирации, особенно в верхней части кроны, изменяется интенсивность фотосинтеза, подавляется рост и развитие корневой системы. Тополь бальзамический умеренно устойчив и обладает высокой газопоглощательной способностью, за вегетационный период может и до 10 г серы и 30 г азота на кг сухого веса листьев.

Пылезадерживающая способность	Продолжительность удержания пылевидных частиц зависит от морфологии листа и метеоусловий. Пыль оседает на листовую поверхность деревьев и кустарников и покрывает плотной коркой ассимиляционный аппарат растений. Чистые листья характеризуются более высокой фотосинтезирующей активностью по сравнению с загрязненными листьями. Высокая пылеустойчивость тополя бальзамического.
Устойчивость к тяжелым металлам	Тополь бальзамический может расти на сильно уплотненных или заасфальтированных почвах, загрязненных тяжелыми металлами и практически не пропускающих дождевую воду.
Санитарное состояние тополей в г. Красноярске	Деревья имеют механические повреждения стволов (обдир коры), поражения листогрызущими насекомыми, единичные случаи повреждения листьев хлорозами и некрозами. Большинство деревьев подвергалось кронированию.

**Болезни тополя.** Тополь достаточно устойчив антропогенным условиям, декоративен, быстрорастущий, с высокими защитными качествами, что привело к широкому использованию для озеленения. Однако во многих случаях его использование на объектах озеленения ограничивается инфекционными заболеваниями. [<http://givoyles.ru/articles/poroda-pomera/topol/> – Живой лес. Болезни тополя. Э. Соколова].

Основными болезнями листьев тополя бальзамического являются: мучнистая роса (возбудитель – гриб *Uncinula adunca*) – белый налет мицелия со спороношением в виде отдельных, затем сливающихся пятен; ржавчина (возбудители – грибы рода *Melampsora*) – с нижней стороны листьев образуется летнее спороношение возбудителей, имеющее вид многочисленных мелких желтых или оранжевых порошащих подушечек, выступающих из-под эпидермиса; бурая пятнистость (возбудитель – гриб *Marssonina populi*) – пятна бурые, серовато-бурые, округлые, расплывчатые, иногда неясно выраженные, на пятнах с обеих сторон листа, но преимущественно с верхней, образуется спороношение гриба, имеющее вид мелких желтоватых или белесых округлых или плоских образований, при сильном развитии болезни пораженные листья сплошь покрываются пятнами, засыхают и преждевременно опадают. У бальзамических тополей, наиболее

восприимчивых к болезни, листья почти полностью опадают уже в конце июля; белая пятнистость (возбудитель – гриб *Septoria populi*) - на обеих сторонах листьев появляются округлые или угловатые белые пятна с тонким темно-коричневым ободком, с верхней стороны пятен образуется спороношение возбудителя в виде хорошо заметных мелких черных точек, при высоком уровне поражения многочисленные пятна покрывают почти всю поверхность листа (рисунок 2.1).

Высокий уровень поражения листьев приводит к их преждевременному опадению и оголению кроны, ослаблению деревьев, снижению прироста, потере декоративности, и снижению его защитных функций в разных типах насаждений.



а - бурая пятнистость листьев

б - ржавчина

Рисунок 2.1 - Болезни тополя (по Э. Соколова)

Ослабление тополя, вызванное различными неблагоприятными факторами (засуха, длительное затопление, подмерзание, загрязнение воздуха и почвы, нарушение правил ухода за посадками), приводит к развитию некрозов. Некроз и раковые заболевания ослабляют и усыхают деревья тополя, снижая их декоративные и защитные функции в городской среде [Соколова, 2020].

Исследования проводятся с 2013 года в г. Красноярске на 78 объектах озеленения с различным уровнем техногенного воздействия, на которых обследовано около 1200 экземпляров данного вида. Обследуемые территории относятся к объектам общего, ограниченного пользования и специального назначения [Теодоронский, 2006; ГОСТ, 1991], районного значения, расположенные во всех районах города. По административным районам

города ландшафтные объекты озеленения распределены следующим образом: Ленинский район: 7, Кировский: 6, Свердловский: 24, Октябрьский: 12, Железнодорожный: 8, Центральный: 12, Советский: 9; их расположение показано на схеме (рисунок 2.2), «адреса» исследуемых ландшафтных объектов приведены в приложении А, распределение по функциональному назначению – на рисунке 2.2.

В соответствии с ГОСТ 28329-89 «Озеленение городов. Термины и определения» [ГОСТ, 1991] на территории исследуемых объектов озеленения выявлено четыре типа композиционного расположения (типа посадок) деревьев тополя бальзамического на объектах озеленения: *солитер* – отдельный декоративный экземпляр дерева, акцент ландшафтной композиции; *массив садово-парковый* – множество древесных растений на территории свободной конфигурации; *рядовая посадка* – линейно вытянутые посадки растений вдоль тротуаров, улиц, автомобильных трасс; *букетная посадка* – посадка нескольких растений в одну лунку (рисунок 2.3).

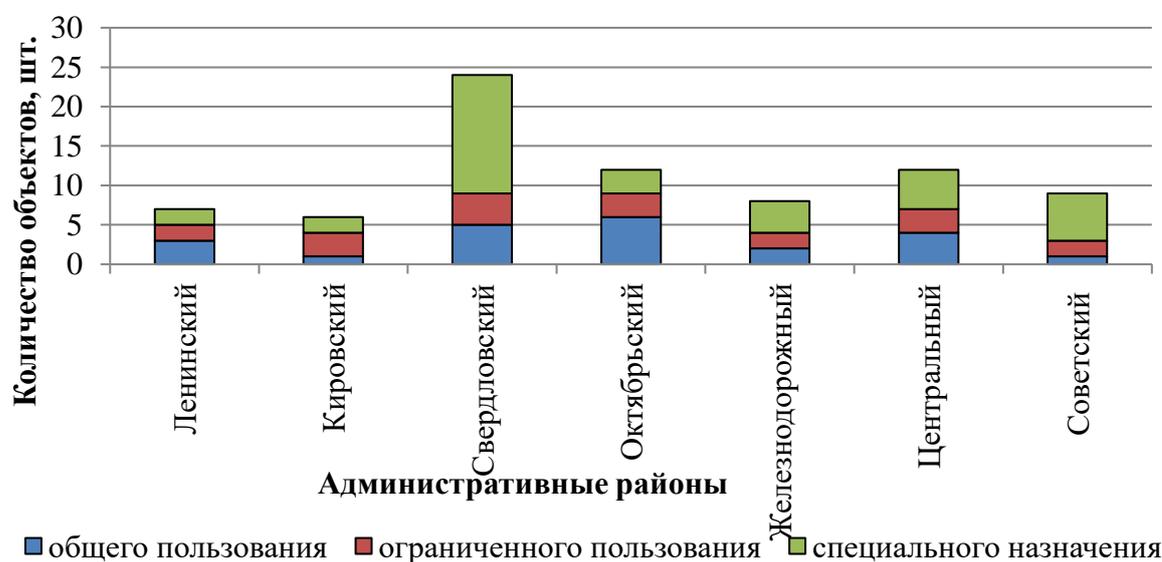


Рисунок 2.3 – Распределение исследуемых объектов озеленения по функциональному назначению

Таким образом, 65% всех обследованных насаждений составляют одиночно стоящие деревья, что является результатом сноса рядом растущих экземпляров; массивы – 20% – встречаются на территориях

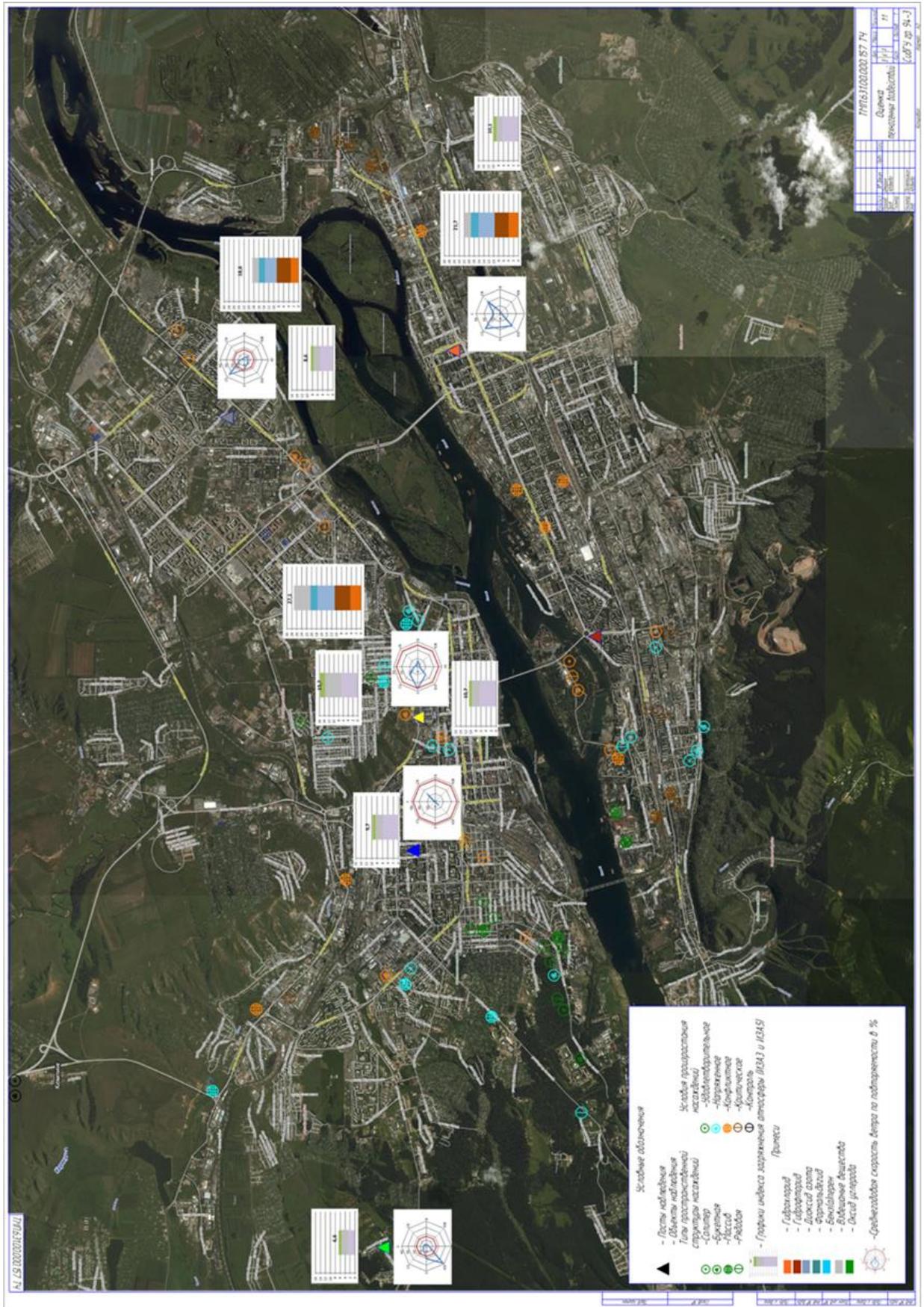


Рисунок 2.2 – Схема распределения исследуемых объектов озеленения на территории г. Красноярск

микрорайонов, возведенных в 60-е годы XX в.; рядовые посадки расположены в основном вдоль автодорог и составляют всего 7% от всех обследованных насаждений; букетные посадки тополей встречаются в скверах и парках города.

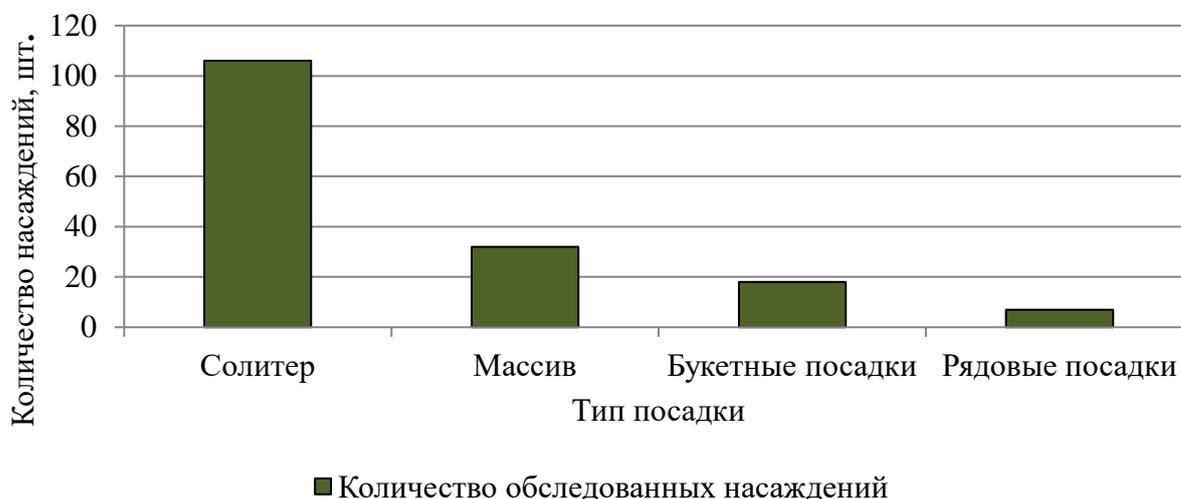
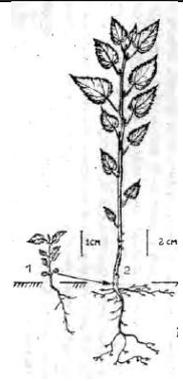


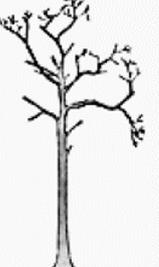
Рисунок 2.4 - Распределение деревьев тополя бальзамического по типам композиционного расположения (типам посадок) на исследуемых объектах озеленения

Древесные виды, как основной ландшафтной системы городского озеленения, динамично и непрерывно изменяются в процессе своего развития. В связи с этим различные периоды роста растений обуславливают неодинаковое восприятие озелененного ландшафта в целом, так и его отдельных структурных элементов. Декоративные, а также средозащитные качества формируются постепенно на основе этапного развития и представляют собой многоэтапный процесс.

**Возрастные состояния растений** определялись по основным критериям, соответствующим возрастным состояниям формирования ствола и кроны деревьев тополя дрожащего (*Populus tremula*), произрастающих в естественных условиях. Описание возрастных этапов онтогенеза тополя бальзамического рассмотрено на примере тополя дрожащего (осины), так как данные растения принадлежат к одному семейству. Описание тополя дрожащего (*Populus tremula*) представлено (таблица 2.3) по материалам «Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений» [Чистякова, 1989].

Таблица 2.3 – Возрастные состояния тополя в естественных условиях [Диагнозы и ключи ..., 1989]

<p><b>Ювенильная особь</b> – растения могут формироваться семенным происхождением и корневыми отпрысками</p>		
	<p>1 – проросток, 2 – ювенильная особь семенного происхождения</p>	 <p>3 – ювенильный корневой отпрыск, а - рубец на месте отмершего материнского корня</p>
<p><b>Виргинильная особь (v)</b></p>		
	<p>Имеет отчетливую дифференциацию ствола и кроны. Крона яйцевидно заостренная, с хорошо различимой лидерной осью. В основании некоторых побегов ветвления закладывается слой опробковеваяющей ткани, которая обеспечивает отторжение и сбрасывание их в конце вегетационного сезона. Листья типичные для взрослого растения с уплощенным длинным черешком и округлой пластинкой с городчатым краем. Прилистники пленчатые, рано опадающие. Календарный возраст 5-28 лет. В течение всего виргинильного состояния наблюдается быстрый и относительно равномерный рост ствола в высоту. Корневая система виргинильных особей как семенного, так и вегетативного происхождения придаточная, поверхностная. К виргинильному состоянию происхождение уже не оказывает существенного влияния на размеры годичных приростов, темпы развития и тем более внешний облик растения.</p>	
<p><b>Молодая генеративная особь (g1)</b></p>		
	<p>Молодая генеративная особь ничем, кроме органов цветения и плодоношения, не отличается от виргинильной. Верхняя часть кроны всегда остается вегетативной, обеспечивая лишь прирост дерева в высоту. Начало цветения и плодоношения отмечается в широком интервале возраста: от 8 до 30 лет. Ранние сроки вступления в пору плодоношения (в возрасте от 8 до 15 лет) отмечены в условиях низкоплотных насаждений или у одиночных особей. Цветет и плодоносит ежегодно.</p>	
<p><b>Средневозрастная генеративная особь (g2)</b></p>		
	<p>Дерево с овальной туповершинной кроной. Генеративные органы закладываются во всех ее частях, включая и верхнюю. В структуре кроны преобладают укороченные побеги. Высота особи 18 - 26 м, диаметр 24 - 53 см, календарный возраст 40-80 лет. В этом возрастном состоянии снижается скорость роста ствола в высоту, но продолжается прирост по диаметру. Корневая система осины поверхностная, состоит из мощных горизонтальных придаточных корней (до 50 м длиной) и отходящих от них небольших якорных корней.</p>	

<b>Старая генеративная особь (g3)</b>	
	<p>Дерево с обратнойцевидной, нередко асимметричной оквостистой кроной. Скорость роста в высоту снижена. Процессы отмирания в кроне преобладают над приростом. Появляются мертвые сучья внутри живой части кроны, в цветении часто наблюдаются перерывы. Высота особи 18-30 м, диаметр 26 - 110 см, календарный возраст 50 - 150 лет. Кора в базальной части ствола с трещинами. Гибель дерева, как правило, наступает в результате бурелома.</p>
<b>Сенильная особь (S)</b>	
	<p>В связи с ветровальностью встречаются редко. Характеризуются почти полностью отмершей кроной: живыми остаются только нижние ветви. Наблюдается пробуждение сохранявшихся спящих почек по длине ствола. Трещиноватая корка может покрывать до 1 /3 ствола. Длительность пребывания в этом состоянии небольшая и составляет 5 - 20 лет</p>

В ходе исследования выявлено шесть возрастных состояний тополя бальзамического в г. Красноярске: виргинильные особи (v), молодые генеративные особи (g1), средневозрастные генеративные особи (g2), старые генеративные особи (g3), сенильные деревья (s), а также наблюдаются ювенильные особи при дальнейшем вегетативном размножении растений.

## 2.2 Методы исследования

**Оценка условий произрастания зеленых насаждений в урбанизированной среде** проведена по методике, позволяющей дифференцировать условия по уровню воздействия ландшафтных, техногенных, градостроительных и рекреационных нагрузок, отрицательно влияющих на рост древесных растений [Авдеева, 2007]. Базовая таблица «Результаты интегральной оценки состояния фитосреды на локальном уровне» представлена в Приложении В. Оценка состояния территорий с учетом воздействия факторов среды на рост и развитие зеленых насаждений позволяет сгруппировать объекты исследования по схожести условий произрастания растений в условиях урбосреды. Подробное описание данной методики представлено в работах Авдеевой Е.В., Панова А.И., Извекова А.А.,

Кухара И.В. [Авдеева, 2008; Авдеева, Черникова, 2022; Панов, 2021; Извеков, 2021; Кухар, 2023]. Вклад каждого фактора определяется нормативными документами и результатами научных исследований и определяется по балльной системе. Плотность негативных факторов, определяющая типы условий произрастания, представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Плотность негативных факторов, определяющая типы градорастительных условий

Плотность факторов, баллы / Статус экологического состояния			
I - Удовлетворительное	II - Напряженное	III - Конфликтное	IV - Критическое
0 - 50	51 - 100	101 - 150	151 – и более

В соответствии с методикой выделяется четыре типа условий произрастания растений: *удовлетворительный, напряженный, конфликтный, критический*. Исследования проводились и в пригородной зоне г. Красноярска, где воздействий негативных факторов, отрицательно влияющих на зеленые насаждения, минимальны, данные условия произрастания обозначены – «*контроль*». Основные критерии, определяющие тип условий произрастания древесных растений:

- *Удовлетворительный контроль* – территории в основном расположены в пригородной зоне города; сочетание ветровых и орографических условий – насаждения находятся выше по рельефу относительно промышленных предприятий и автодорог; автотранспортные условия – плотность транспортного потока составляет не более 3000 автомобилей в сутки; градостроительные – не противоречат нормативным документам; рекреационные – практически отсутствуют;
- *удовлетворительный* тип условий произрастания растений – охватывает территории с фоновыми значениями загрязняющих веществ, близких к ПДК, сочетание ветровых и орографических условий – насаждения размещены выше по рельефу относительно промышленных предприятий и автодорог; автотранспортные – плотность транспортного потока составляет до

15 000 автомобилей в сутки; градостроительные – не противоречат нормативным документам; рекреационные – в пределах нормативных значений и др.;

- *напряженный* – территории с умеренным загрязнением атмосферного воздуха, сочетание ветровых и орографических условий – размещение насаждений ниже по рельефу относительно автодорог; автотранспортные условия – плотность транспортного потока от 15 000 до 45 000 автомобилей в сутки; градостроительные – некоторые нарушения градостроительных норм: размещения растений вдоль дорог и тротуаров, размещение элементов благоустройства (киоски, павильоны) ближе 5 м от растений; рекреационные – наличие непредусмотренной дорожно-тропиночной сети, превышение максимальной плотности посещений объектов озеленения в пересчете на 1 га до 20% (городские леса – 5 чел./га; лесопарки – 10; парки – 100; сады – 200; скверы, бульвары – 300);

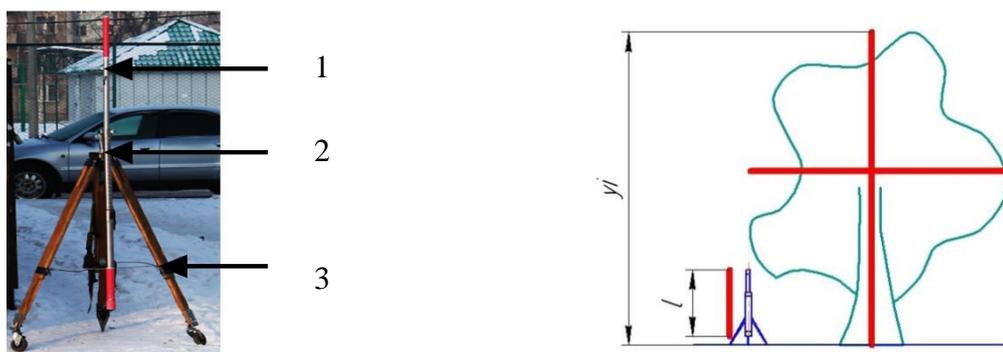
- *конфликтный* – территории, расположенные вблизи автодорог с интенсивным движением автотранспорта (от 45 000 до 60 000 автомобилей в сутки); сочетание ветровых и орографических условий - размещение объектов озеленения ниже по рельефу относительно промышленных предприятий и автотрасс; техногенные – на территориях отмечается сильное загрязнение почв, водоемов, вибрационные воздействия; значительно нарушены нормативные градостроительные показатели; рекреационные - превышение максимальной плотности посещений объектов озеленения в пересчете на 1 га от 20 до 40%, сеть стихийно проложенных дорог и тропинок;

- *критический* – территории, расположенные вблизи промышленных предприятий или автотрасс с интенсивным движением автотранспорта (более 60 000 автомобилей в сутки); сочетание ветровых и орографических условий – размещение объектов озеленения ниже по рельефу относительно промышленных предприятий и автотрасс, наличие нарушенных природных территорий (овраги, крутые склоны); градостроительные – сильное нарушение градостроительных норм и правил размещения зеленых насаждений в

городских условиях, запечатанные поверхности – элементы покрытия земли вблизи растительности, в основном асфальт; значительно нарушены технологические регламенты по уходу за зелеными насаждениями; рекреационные – прямое воздействие населения на растения: поломка, срывание соцветий и плодов; наличие непредусмотренной дорожно-тропиночной сети, превышение максимальной плотности посещений в пересчете на 1 га более 30%.

Обработка полученных результатов оценки состояния фитосреды для исследуемых объектов озеленения проведена с использованием программы «Биометрия урбофитоценозов. Интегральная оценка состояния фитосреды» [Свидетельство, 2015]. Взаимосвязанные природно-климатические, ценоотические, градостроительные и антропогенные факторы формируют условия произрастания растений в населенных пунктах. Изучение проблем и оценка ситуации позволят дать рекомендации по рациональной конфигурации отдельных насаждений и городских ландшафтных систем, адекватных условиям среды.

**Измерение и анализ 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] (рисунок 2.5). Масштабное устройство позволяет проводить работы по инвентаризации городских зеленых насаждений с минимальным количеством участников (даже одним человеком) с необходимой и достаточной точностью измерений, которая достигается благодаря автоматической установке устройства в вертикальное положение [Авдеева, 2018].



Общий вид масштабного устройства: 1 – масштабный телескопический шест, 2 – карданный шарнир, 3 – штатив

Нанесение размерных линий на фотографии для замеров биометрических параметров растений в «КОМПАС-3D V20»

Рисунок 2.5 – Масштабное устройство

Объект фотографируется с достаточного расстояния, чтобы в кадр попало все растение, а камера не вращалась в вертикальной плоскости. Полученное изображение загружается в графический редактор, где на него (например, сегменты, линии, круги, квадраты и т. д.) можно наносить «слой за слоем», изменять свойства изображения и производить измерения. Изображения также можно обрабатывать в любой системе автоматизированного проектирования (САПР) [Авдеева, Извеков, 2018]. В графическом редакторе КОМПАС-3D V 20 на фотографии наносятся необходимые графические элементы (рисунок 2.6), с помощью программных средств определяются их размеры: максимальная высота растения, диаметр кроны, высота штамба и др.).

Расчеты выполняются по формуле

$$Y_i = \frac{L \cdot y_i}{l} \quad (2.1)$$

где  $Y_i$  – расчетный параметр, м;

$L$  – длина масштабного устройства, м;

$y_i$  – длина отрезка искомого параметра в графическом редакторе на фотоизображении;

$l$  – длина отрезка масштабного шеста в графическом редакторе на фотоизображении.

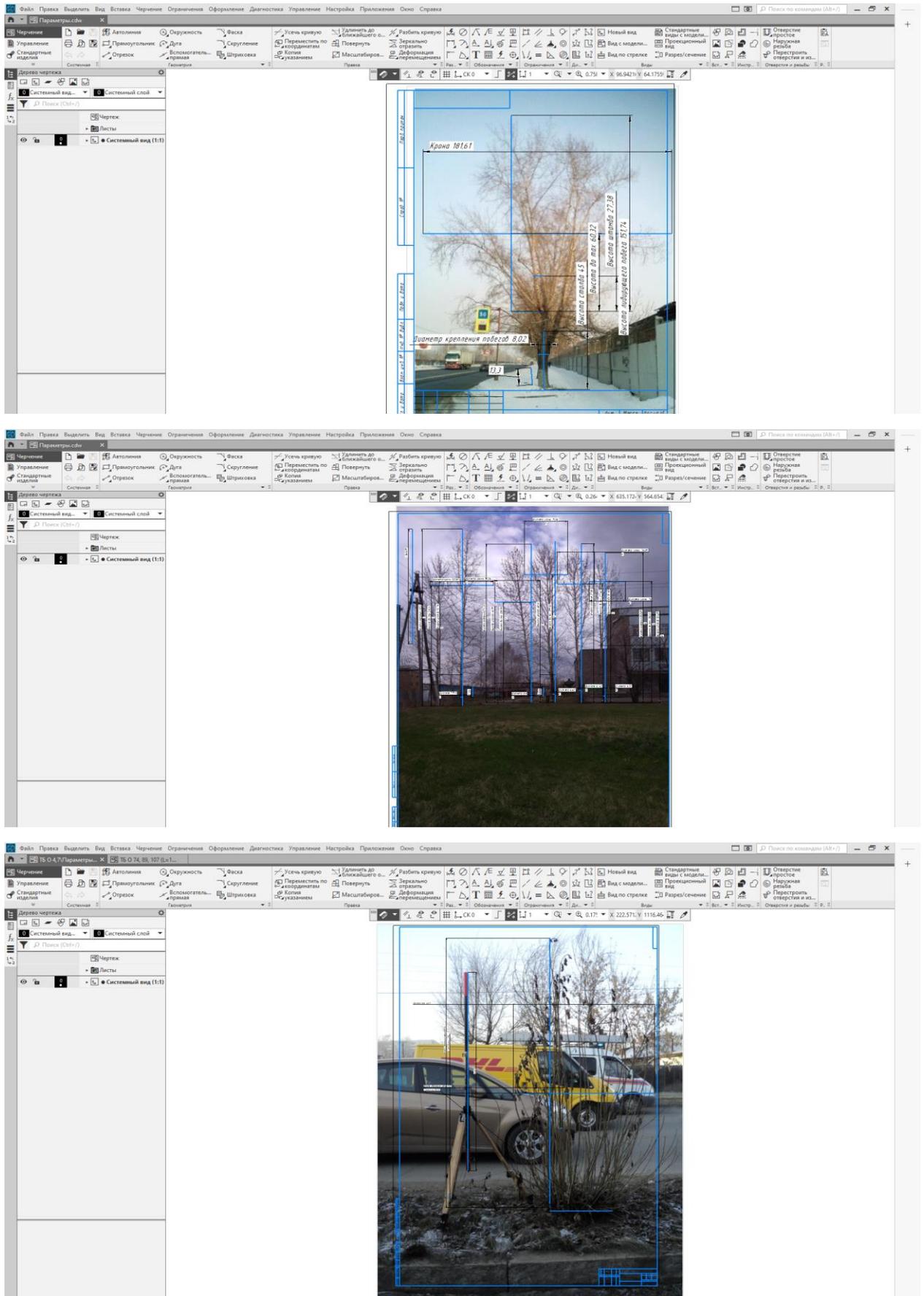


Рисунок 2.6 – Измерение биометрических параметров деревьев тополя бальзамического безбазисным методом с обработкой материалов в графическом редакторе «КОМПАС-3D V 20». Примеры фотофиксации деревьев на объектах озеленения Красноярска

Данный метод позволяет повысить точность измерения, снизить временные и материальные затраты. На каждом исследуемом объекте озеленения выполнена фотофиксация изучаемых деревьев, примеры представлены на рисунке 2.6.

Для описания зависимости между возрастом дерева и значениями средней высоты дерева в ряду роста деревьев использовалась формула Митчерлиха [Кузьмичев, 1977; Загреев, 1978; Анучин, 2004]

$$H = b_1 \cdot (1 - (\exp(-1(A/b_2)))^{b_3}), \quad (2.2)$$

где  $A$  – возраст,

$b_1, b_2, b_3$  – коэффициенты уравнения.

Функция Митчерлиха широко применяется для описания взаимосвязи показателей роста древесных растений с возрастом [Кивисте, 1988; Кузьмичев, 1977; 2013; Дубинок, 2018], параметры функции:  $b_1$  определяет максимальное значение признака;  $b_2$  характеризует скорость роста;  $b_3$  показывает соотношение между вогнутой и выпуклой частями кривой [Панов, 2021].

Для получения зависимости изменения диаметра ствола (на уровне 1.3 м) от возраста необходимо определить возраст, в котором дерево достигло высоты 1.3 м. Расчеты, выполненные с использованием уравнения, показали, что у тополя бальзамического в городских условиях данный возраст составляет 2 года. В связи с этим уравнение (2.1) принимает вид:

$$Y = a \cdot (A - 2)^b \quad (2.3)$$

где  $Y$  – диаметр ствола на высоте 1.3 м.;

$a, b$  – коэффициенты уравнения;

$A$  – возраст дерева, лет.

В Приложении Г в таблицах Г.1 – Г.4 представлены биометрические параметры исследуемых деревьев тополя бальзамического, произрастающего в различных условиях фитосреды г. Красноярск и типах пространственной структуры насаждений.

**Исследование морфометрических параметров листовых пластинок тополя бальзамического методом дендроиндикации.** В основе метода заложена теория «стабильности развития» («морфогенетического гомеостаза»), разработанная А.В. Яблоковым, В.М. Захаровым и др., которая доказывает, что воздействия стрессовых факторов вызывают изменения в стабильности развития организмов [Здоровье среды: практика оценки..., 2000; Кухар, 2023].

При этом в настоящее время разработан, апробирован и сопоставлен с данной методикой ряд методов исследования, повышающих точность и достоверность результатов, обладающих меньшими временными затратами. В данных исследованиях нами применяется методика, описанная в работе И. В. Кухара [Кухар, 2023], которая, аналогично методу В.М. Захарова, базируется на принципе подобия частей живых организмов, обладающих билатеральной симметрией. Метод заключается в оценке показателя асимметричности площади половинок листовых пластин древесных растений. Суть данного метода заключается в том, что подобие характеризует наличие у геометрических фигур одинаковой подобной формы, независимо от их размеров. В геометрии фигуры одинаковой формы, независимо от их размеров, называют подобными. Две фигуры  $F_1$  и  $F_2$  называются подобными, если между их точками можно установить взаимно однозначное соответствие, при котором отношение расстояний между любыми парами соответствующих точек равно одной и той же постоянной  $k$ . Постоянная  $k$  является коэффициентом подобия. Отношение площадей ограниченных подобных фигур равно квадрату коэффициента подобия [Математический энциклопедический словарь..., 1988; Кухар, 2023]. Показатель асимметричности листовых пластин является аналогом коэффициента

подобия и равен квадратному корню отношения площадей половинок листовых пластин. Метод расчета коэффициента асимметрии листовых пластин по пяти параметрам (по методике В.М. Захарова) – это метод установления взаимно однозначного соответствия между пятью парами точек листовой пластины. Данный нами 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 [Кухар, 2023].

Сбор листьев проводился с растений, находящихся в одинаковых условиях по уровню освещенности, влажности, но в различных типах условий произрастания (с различной интенсивностью техногенной и антропогенной нагрузки), в естественной форме роста и подверженных различным видам обрезки (радикальной на «столб» и формовочной). Для анализа использовались средневозрастные растения, листья собирались из нижней части кроны с ветвей, ориентированных по всем сторонам света, по всему периметру кроны, а также с нижних ветвей с лидирующих побегов с деревьев, прошедших радикальную обрезку на «столб». Сбор образцов проводился на 13 объектах озеленения, с 10 деревьев тополя бальзамического на каждом объекте, по 100 листьев с каждого растения, соответственно, проанализировано 13000 листовых пластин.

Для повышения точности и достоверности результатов в программе LeafProg «Анализ листовых пластинок древесных растений», разработанной в СибГУ им. М.Ф. Решетнева (№ гос. регистрации 2009614523), авторы Е.В. Авдеева и А.А. Карпов, (рисунок 2.7) изменяются площади половинок листа с точностью до 1 мм<sup>2</sup>.

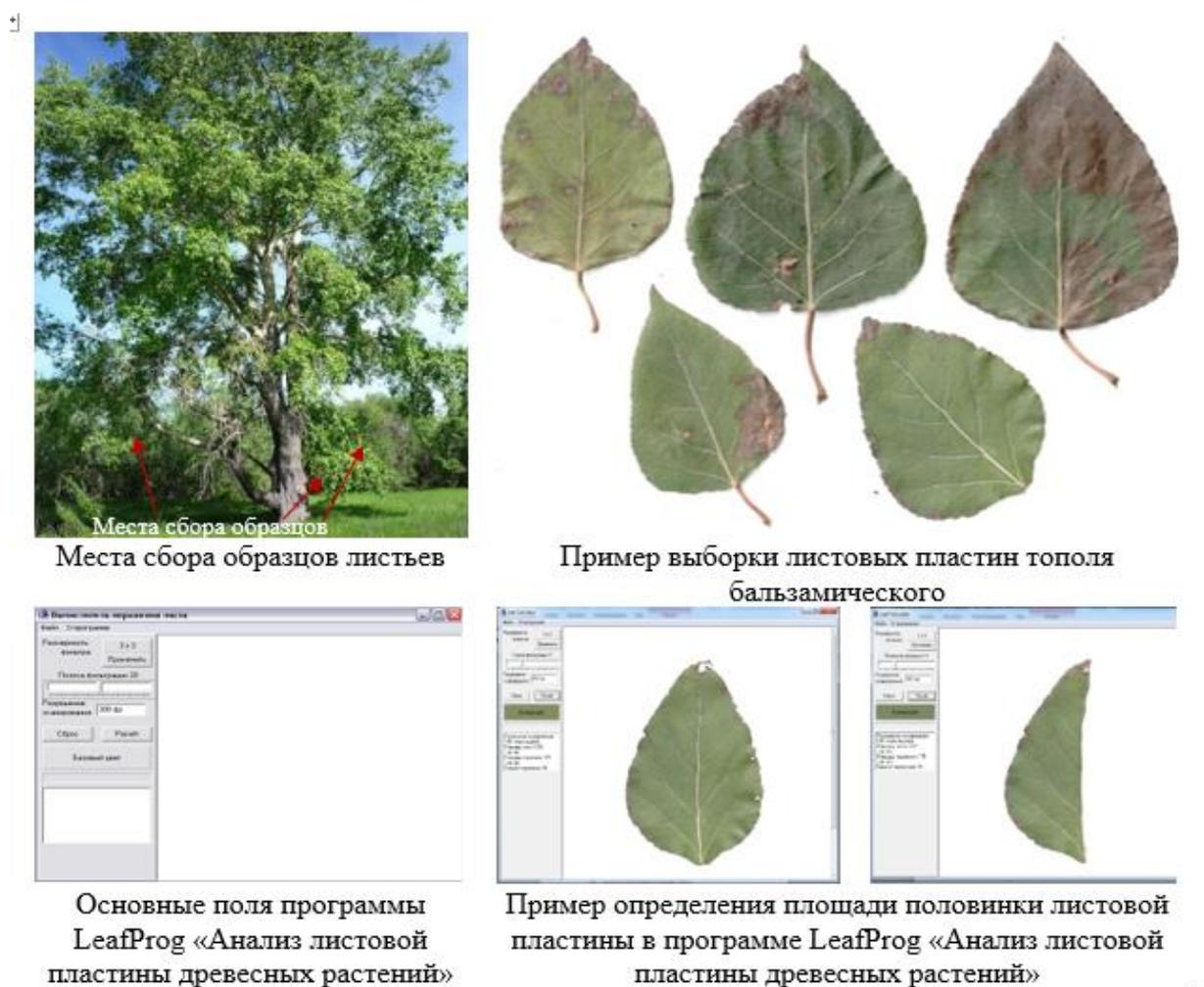


Рисунок 2.7 - Сбор и обработка материалов полевых исследований

Показатель асимметричности листовой пластины по площади половинок листа определяется как корень квадратный отношения площадей меньшей половины листа к большей. Асимметрия листовой пластинки всех образцов в зависимости от площади определялась как среднее арифметическое. Среднее значение асимметрии листовой пластинки всех образцов в зависимости от площади определялось как среднее арифметическое.

### 3 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ФИТОСРЕДЫ НА ИССЛЕДУЕМЫХ ОБЪЕКТАХ ОЗЕЛЕНЕНИЯ Г. КРАСНОЯРСКА

Красноярск является крупным промышленным центром, на территории которого интенсивно проявляются изменения природно-климатических и экологических условий по сравнению с фоновыми. Экологическое состояние городской среды Красноярска сформировалось в результате длительного периода промышленного производства, продолжавшегося до 1992 года, после чего наступил период спада, что отражается на уровне загрязнения воздуха в городе. Уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Красноярска в динамике представлен на рисунке 3.1. Даже с учетом того, что целый ряд промышленных предприятий прекратили свою производственную деятельность, уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивается от высокого до очень высокого.

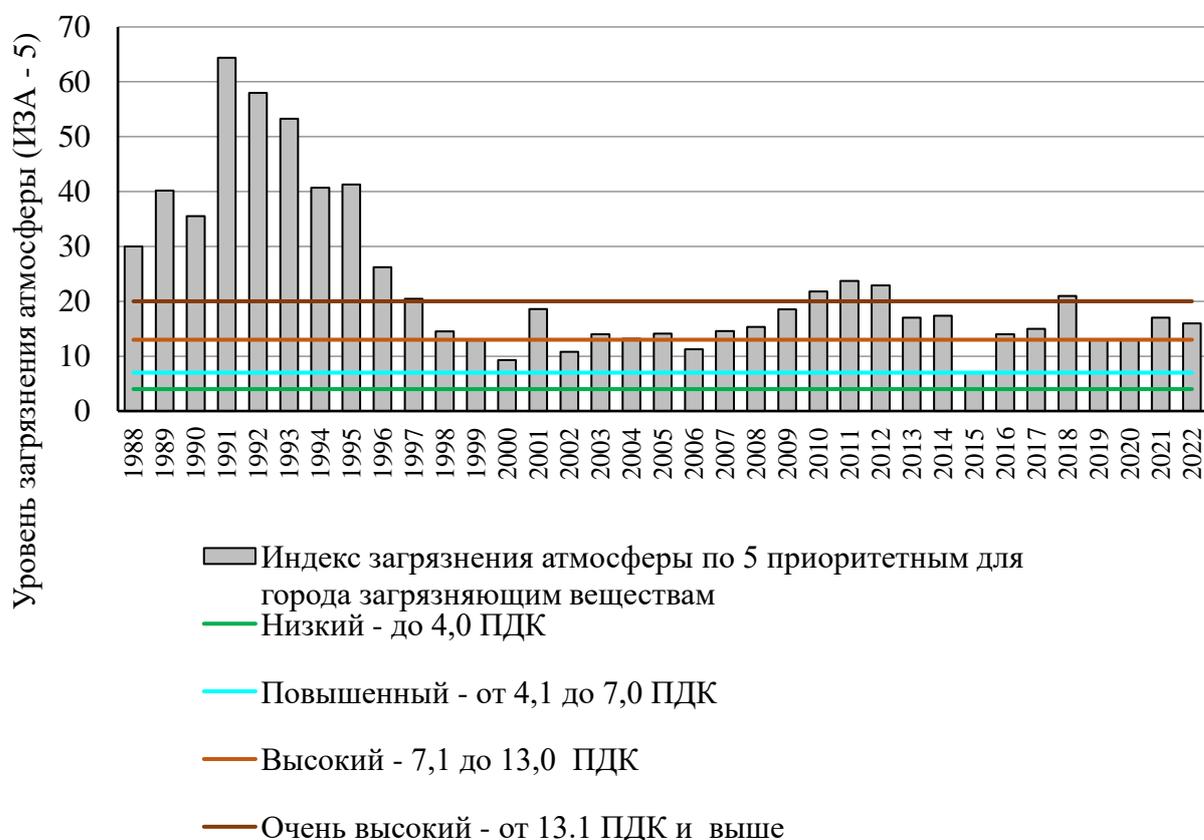


Рисунок 3.1 – Динамика загрязнения атмосферного воздуха г. Красноярска

Состояние окружающей среды в г. Красноярске связано с изменением состояния природных объектов, так река Енисей, на берегах которого расположен город, является незамерзающей с 1964 года, что отражается на состоянии воздушной среды: образование и повторяемость туманов в 1,5 – 2 раза больше, чем в пригороде (141 час), особенно в зимнее время. Город расположен в местности с высоким метеорологическим потенциалом загрязнения атмосферы, в пригороде (по данным метеостанции «Опытное поле») в среднем фиксируется до 60 дней с метеоусловиями, способствующими накоплению загрязняющих веществ в атмосфере. К тому же в ночное время летом и большую часть суток зимой наблюдается такое природное явление, как инверсия температуры и резкое уменьшение скорости ветра. При этом в городской черте за счет застройки, расположенной перпендикулярно направлению господствующих юго-западных и западных ветров, количество безветренных дней увеличивается, и, соответственно, увеличивается количество дней с неблагоприятными метеорологическими условиями (НМУ) для рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. В 2019 году на территории г. Красноярск режим НМУ был введен 5 раз и составил 13 дней, в 2020 – 7 раз – 20 дней, 2021 – 11 раз – 27 дней, 2020 – 7 раз – 24 дня и 2023 – 16 раз – 49 дней [<http://krassecology.ru>]. Таким образом, слабый ветер и высокие концентрации примесей в городском воздухе ее способствуют мутности, увеличивают образование туманов типа «смог», снижают продолжительность солнечного сияния по сравнению с пригородом на 500 часов. В годовом режиме слабые скорости ветра в Красноярске наблюдаются летом, при снижении циклонической деятельности.

Высокие скорости ветра также наблюдаются в природной среде данной местности. Как положительное явление это способствует проветриванию территории [Климат..., 1981]. Скорость ветра наиболее высока в апреле, мае, октябре и ноябре, когда системы низкого давления более активны. Штормы (скорость ветра 36 м/с и более) сопровождаются грозами и иногда крупным

градом, что приводит к повреждениям деревьев, влияет на их опасность и декоративность.

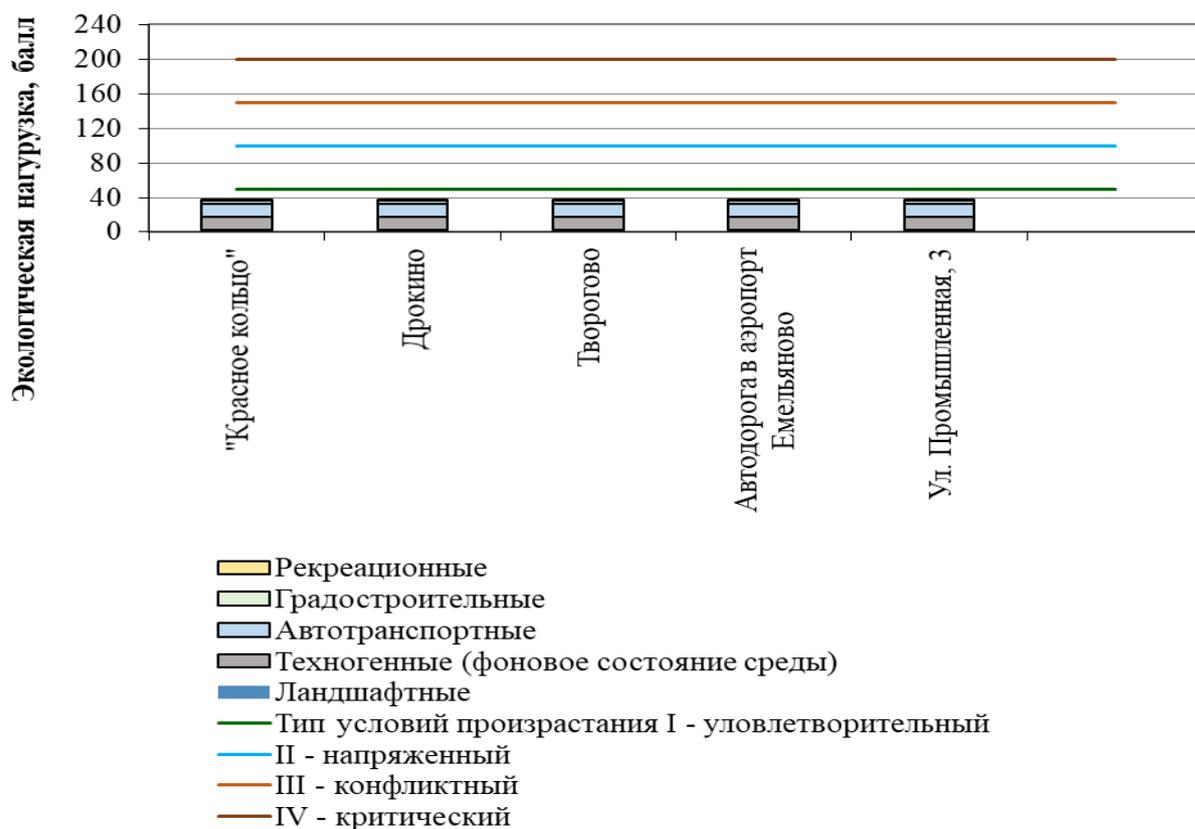
В некоторых районах города твердые запечатанные природную поверхность почвы (асфальт, брусчатка) составляют до 80%, что приводит к температурным различиям между городскими и пригородными зонами. Контраст температурных различий наиболее велик зимой, особенно в отопительный сезон. Разница температур может достигать 6 °С, а сезон заморозков значительно различается [Климат, 1981]. Летом твердые покрытия автодорог, крыши, кирпичные и железобетонные здания аккумулируют, а затем излучают тепловую энергию, повышают температуру и снижают влажность воздуха. Различия в температуре и влажности влияют на распределение атмосферных явлений. Над городскими районами усиливается образование облаков, что увеличивает количество осадков и сильных дождей, данные изменения климата оказывают как положительное влияние (увеличивается вегетационный период), так и негативное – образование туманов в сочетании с вредными выбросами производств и предприятий снижает устойчивость растений.

На основании анализа метеоданных (по данным метеостанции Красноярск, город) проведена оценка биоклиматических условий городской среды Красноярска (таблица 3.1) [Климат..., 1981]. Результаты показывают, что комфортные погодные условия составляют один месяц и одну неделю в году, при этом благоприятная погода (теплая и холодная) наблюдается 42% времени, т. е. около 5 месяцев. Остальное время (около 5,5 месяцев) требует «охлаждающего эффекта» летом и снижения дискомфорта в холодные месяцы. Следует отметить, что летом под воздействием антропогенных факторов температура воздуха повышается на 2-4 °С за счет дополнительного тепловыделения от зданий и твердых покрытий, превращая горячий воздух в некоторых районах в перегретый и еще больше снижая комфортность городского микроклимата [Авдеева, 2008].

Таблица 3.1 – Биоклиматическая оценка погодных условий

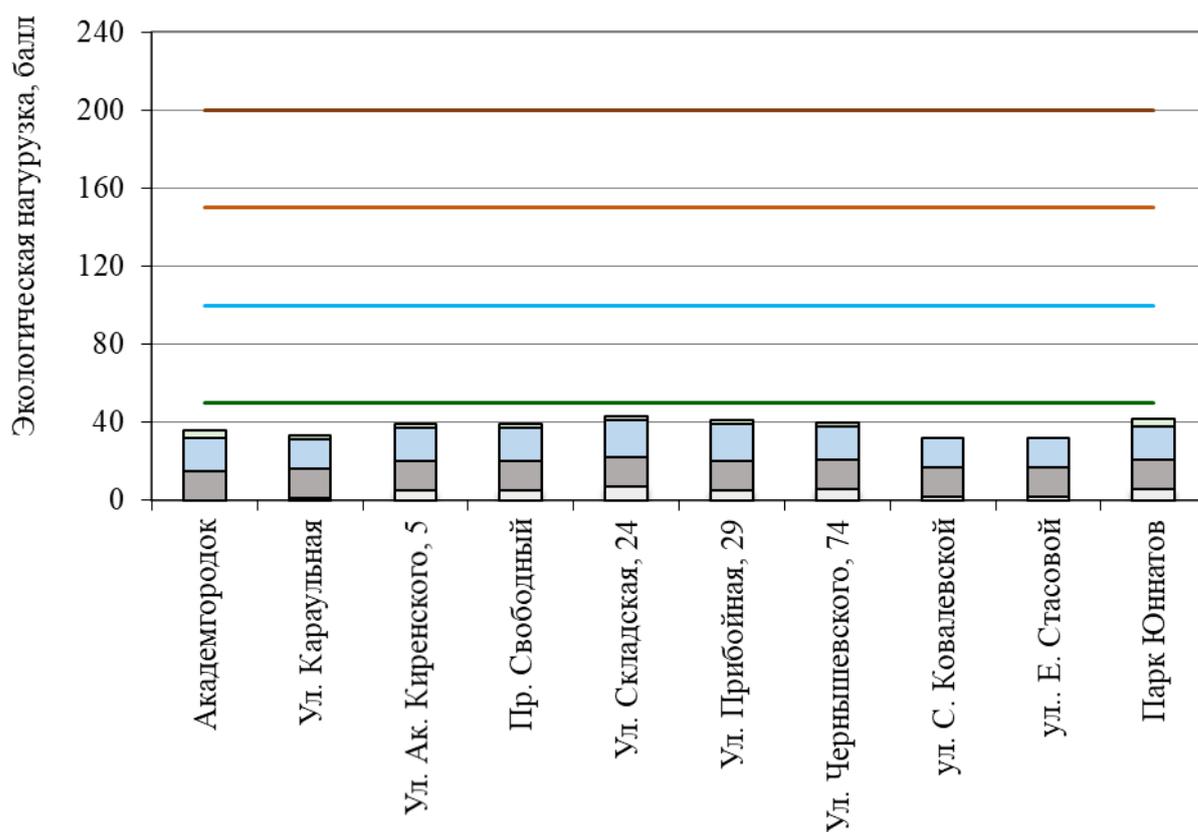
Температура воздуха, °С	Классификация погодных условий - холодный период Наиболее холодный месяц – январь								
	скорость ветра, м/с								
	0 - 2	2,1 – 2,5	2,6 – 4,1	4,1 – 4,5	4,6 - 5	Более 5			
0 - 5									
-5-10				2					
-10,1-15		1	1	1					
-15,1-20	3		2						
-20,1-25	2	4	1						
-25,1-30	3		2						
-30,1-35	2	2	2						
-35,1-40				1	2				
Итого: дней, %	<b>Прохладная</b> 3 10		<b>Холодная</b> 19 61		<b>Суровая</b> 9 29				
Температура воздуха, °С	Классификация погодных условий -теплый период Наиболее жаркий месяц – июль								
	Облачность, баллы								
	0 - 4			5 - 7			8 – 10		
	Скорость ветра, м/с								
	0 – 2	2,1– 4	4,1–6	0 – 2	2,1–4	4,1– 6	0 – 2	2,1– 4	4,1– 6
41,9-39									
38,9-36									
35,9-33	9								
32,9-30	2	1							
29 - 27	5								
26,9-24	6								
23,9-21	4	1							
20,9-18		3							
17,9-15									
14,9-12									
11,9-0									
Итого: дней, %	<b>Перегревная</b> 9 29		<b>Жаркая</b> 8 25		<b>Теплая</b> 6 19		<b>Комфортная</b> 8 27		<b>Прохладная</b> – –
Баланс погодных условий за год									
Тип погоды			Количество дней			%			
Холодный период года – 31.10 – 19.04									
	Суровая		29			8			
	Холодная		112			31			
	Прохладная		30			8			
Теплый период года – 20.04 – 30.10									
	Перегревная		9			2			
	Жаркая		8			2			
	Теплая		14			4			
	Комфортная		38			10			
	Прохладная		125			35			

На территории г. Красноярска располагаются предприятия, относящиеся к отраслям первого класса опасности: химическая, металлургическая, целлюлозно-бумажная. Значительный вклад в загрязнение вносит автомобильный транспорт (химических и механических) первого и второго классов опасности. Они являются источниками вредных выбросов, имеющих в своем составе химические вещества: сульфаты, хлориды, соединения железа, тяжелые металлы и т. д. Высокие концентрации загрязнителей воздуха оказывают значительное влияние на температуру, видимость и осадки в городах и вокруг них. Кроме того, в период НМУ загрязняющие вещества накапливаются на городской территории в течение нескольких дней. Результаты анализ условий произрастания представлены на рисунках 3.2 – 3.8. В Приложении В представлены числовые данные в балльной системе, позволяющие проанализировать вклад каждого фактора, негативно влияющего на изменение фитосреды.



Тип условий произрастания – удовлетворительный (контроль)

Рисунок 3.2 – Интегральная оценка состояния фитосреды на исследуемых объектах озеленения



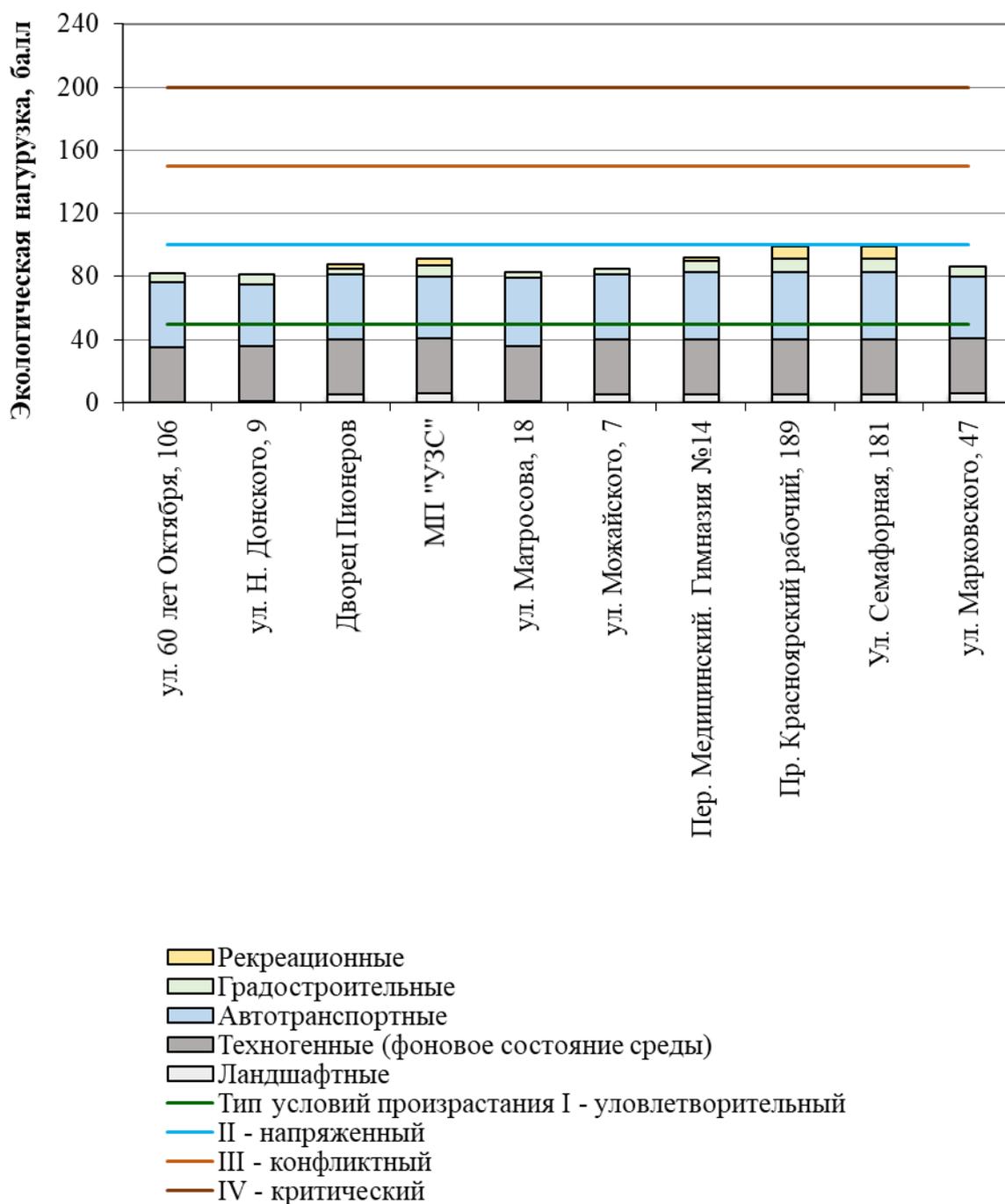
**Объекты исследования.**

**Экологические факторы, влияющие на изменения фитосреды**

- Рекреационные
- Градостроительные
- Автотранспортные
- Техногенные (фоновое состояние среды)
- Ландшафтные
- Тип условий произрастания I - удовлетворительный
- II - напряженный
- III - конфликтный
- IV - критический

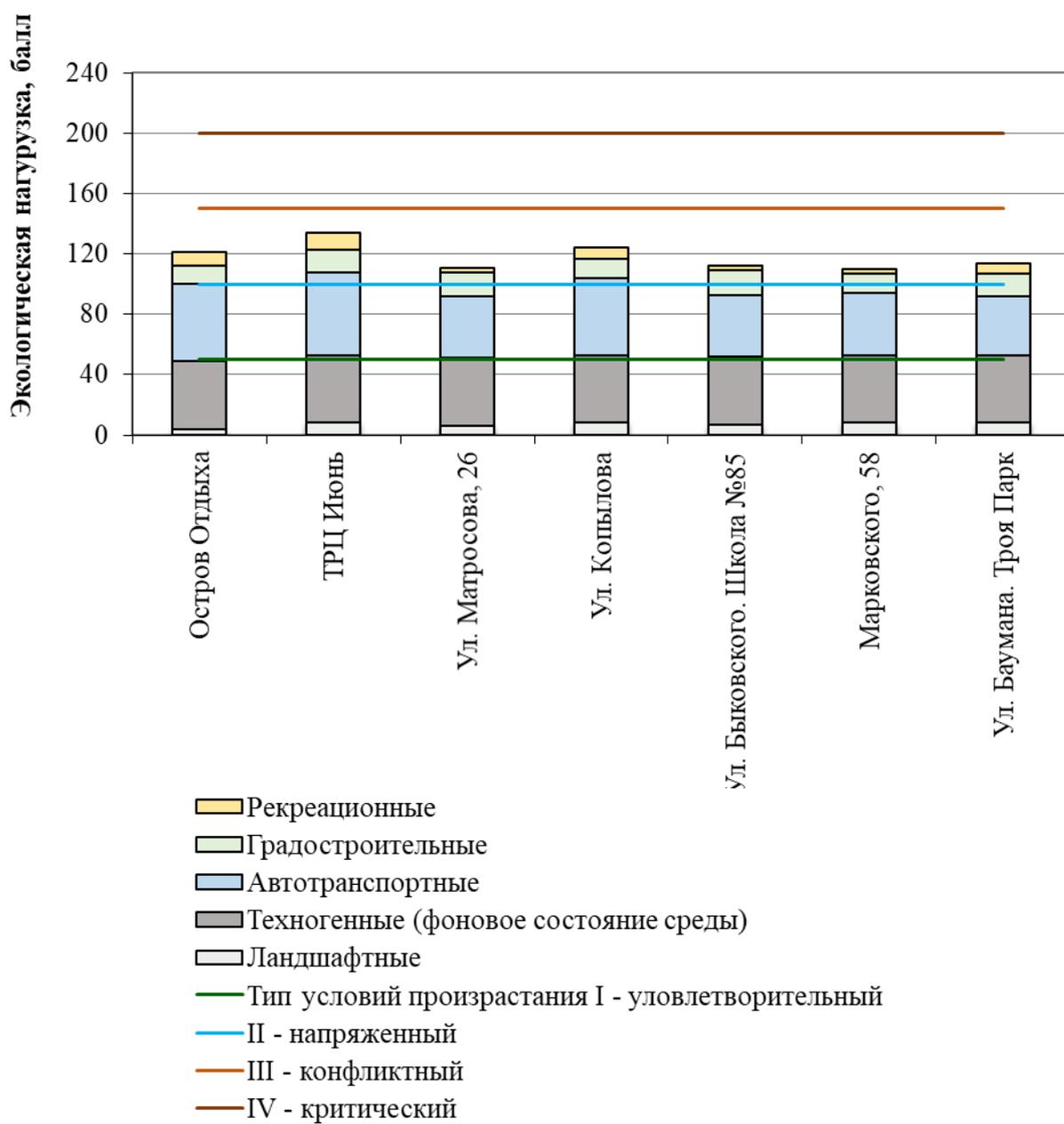
Тип условий произрастания – удовлетворительный

Рисунок 3.3 – Интегральная оценка состояния фитосреды на исследуемых объектах озеленения



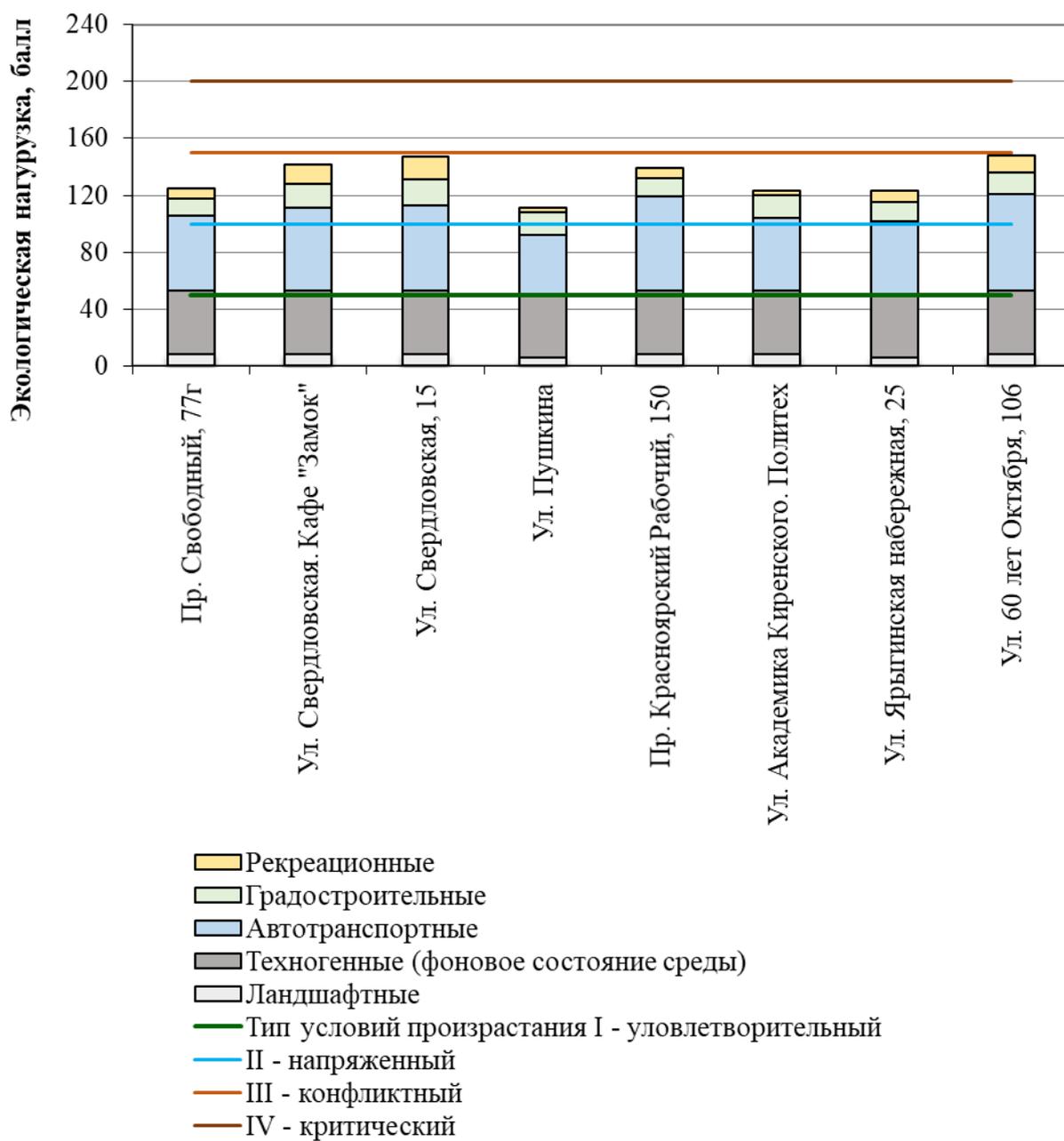
Тип условий произрастания – напряженный

Рисунок 3.4 – Интегральная оценка состояния фитосреды на исследуемых объектах озеленения



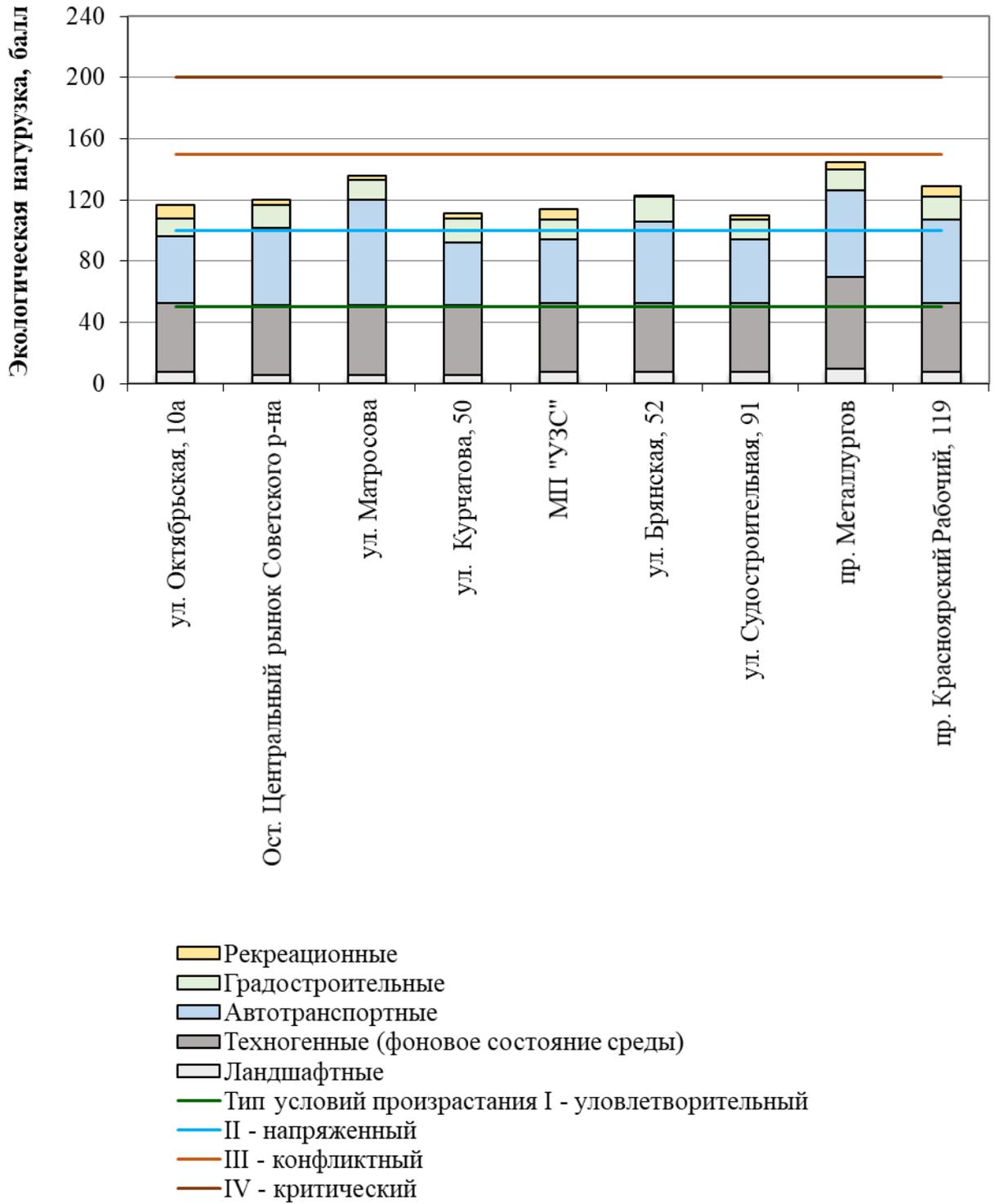
Тип условий произрастания – конфликтный, а

Рисунок 3.5 – Интегральная оценка состояния фитосреды на исследуемых объектах озеленения



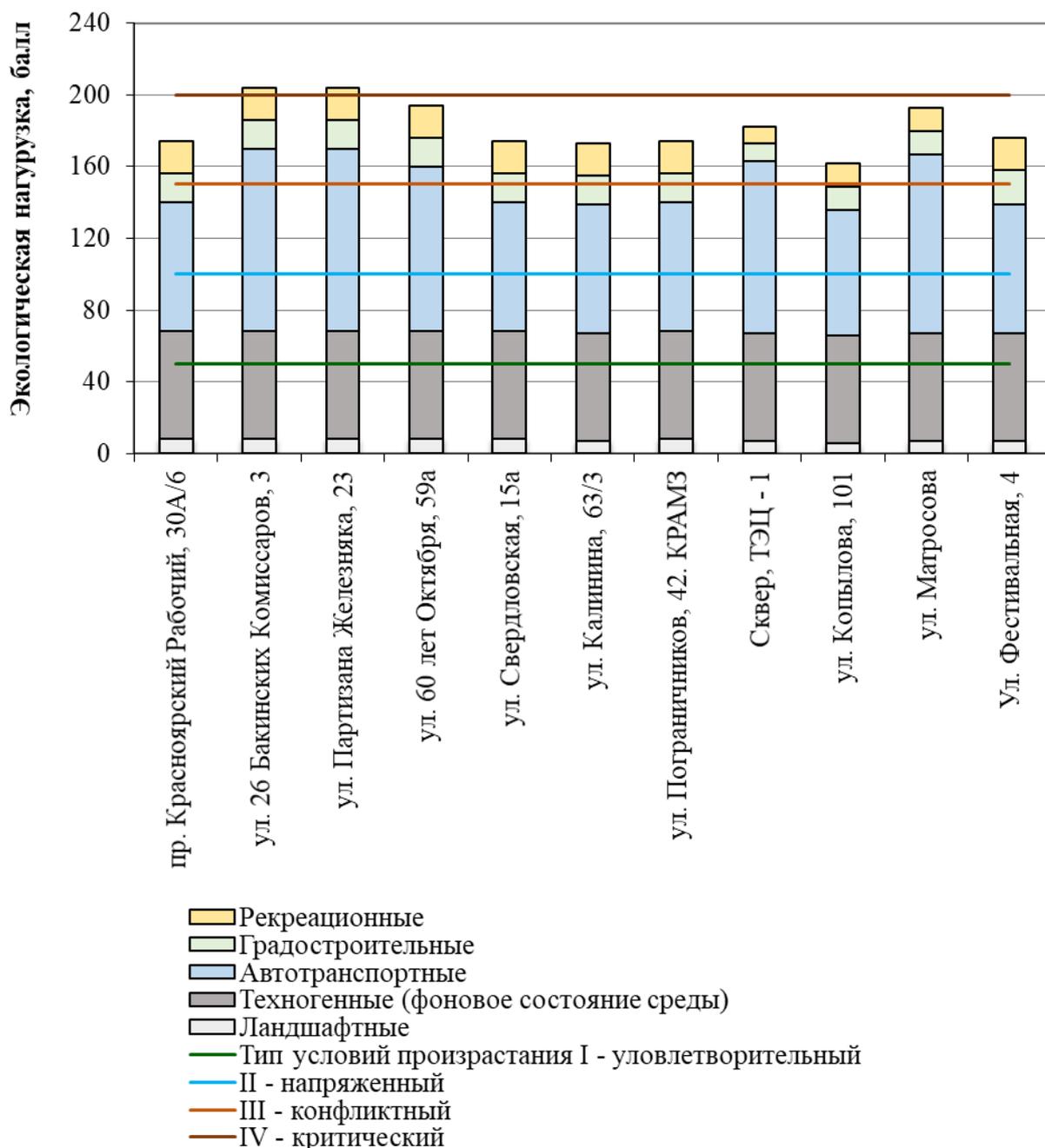
Тип условий произрастания – конфликтный, б

Рисунок 3.6 – Интегральная оценка состояния фитосреды на исследуемых объектах озеленения



Тип условий произрастания – конфликтный, в

Рисунок 3.7 – Интегральная оценка состояния фитосреды на исследуемых объектах озеленения



Тип условий произрастания – критический

Рисунок 3.8 – Интегральная оценка состояния фитосреды на исследуемых объектах озеленения

Анализ полученных результатов позволил проранжировать исследуемые объекты 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%. Установлено, что значительное количество насаждений тополя

бальзамического (39%) произрастает в конфликтных условиях – в рядовых посадках вдоль автодорог с интенсивным движением автотранспорта. В напряженных условиях с умеренным загрязнением атмосферного воздуха и некоторыми 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 промышленных предприятий, на которых твердые, в основном асфальтированные, покрытия находятся в непосредственной близости к зеленым насаждениям, 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%.

Таким образом, насаждения тополя бальзамического на территории г. Красноярска встречаются во всех типах произрастания, что позволяет провести сравнительный анализ влияния условий урбосреды на изменчивость биометрических показателей данного вида, результаты оценки положены в основу дальнейших исследований.

### **Выводы по главе**

1. 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.

2. На обследуемых ландшафтных объектах г. Красноярска выявлено четыре типа условий произрастания древесных растений: 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%.

3. Результаты классификации исследуемых объектов озеленения положены в основу дальнейших исследований.

## **4 ОСОБЕННОСТИ РОСТА ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ КРАСНОЯРСКА**

### **4.1 Особенности роста тополя бальзамического в условиях городской среды**

Тополь бальзамический до сих пор является одним из самых распространённых видов деревьев, используемых при озеленении г. Красноярска. Данный вид относится к быстрорастущим деревьям, хорошо очищает воздух от пыли и других загрязняющих веществ. Основные посадки деревьев проводились в 50–70-х годах прошлого столетия.

В настоящее время в целях уменьшения количества пуха, а также для снижения кроны деревьев в основном используют радикальный способ обрезки – топтинг (по документам – омолаживающую обрезку), в результате которой крона удаляется полностью с частью ствола, что значительно снижает устойчивость и декоративную ценность растений, также многократная обрезка полога зрелых деревьев негативно сказывается на их жизненном состоянии и приводит к преждевременной гибели насаждений [Бакулин, 2005; Казанцева, 2009; Тюкавина, 2009].

Изменения, которые претерпевают растения в процессе онтогенеза, являются выражением временного процесса развития, характерного для всех биологических систем. Возраст отражает процесс биологических изменений. В монографии «Ценопопуляции растений» возраст рассматривается как условная мера биологического времени, определяемая появлением новых и исчезновением прежних структур, отсутствовавших на более ранних этапах развития. Возрастное состояние или возрастной уровень – это этап онтогенеза растений, характеризующийся совокупностью морфологических и биологических свойств, таких как положение растения в пространстве и наличием особых взаимодействий с окружающей средой [Смирнова, Заугольнова, 1976].

В лесоведении давно обращается внимание на разные размеры деревьев и формы их крон в одновозрастных насаждениях, т. е. особи одного вида достигают одинакового возрастного состояния за различные промежутки времени [Диагнозы, 1989]. В природных условиях календарный возраст дерева можно определить по спилам или кернам. В то же время увеличение антропогенной нагрузки в городской среде приводит к еще большим изменениям габитуса растений. При этом в городских зеленых насаждениях определение календарного возраста деревьев по спилам или кернам невозможно. Иными словами, в городских условиях экологическую оценку воздействия на состояние растений логичнее связывать не с календарным возрастом, а со стадией онтогенеза, т. е. биологическим возрастом [Авдеева, 2008].

В результате исследований авторами разработана классификация возрастных состояний деревьев [Смирнова, 1976; Диагнозов, 1989]. Основные критерии, используемые для выделения стадий возраста, напрямую связаны с возрастными периодами развития дерева с особенностями изменения ствола и кроны. В зависимости от сложившихся природных и антропогенных условий развития древесных популяций встречаются различные отклонения в установлении возрастного периода развития древесных популяций [Смирнова, 1976; Диагнозов, 1989; Авдеева, 2008; Авдеева, Черникова, 2015, 2016]. С увеличением антропогенной нагрузки в городской среде и применением методов ухода происходят различные изменения габитуса растений, которые не всегда регламентированы.

В насаждениях Красноярска, начиная с 90-х годов XX в., прослеживается массовое удаление крон деревьев, в основном у тополя бальзамического, реже у других пород (вязов, лиственницы, кленов, яблонь). Удаляются полностью кроны, остается только ствол высотой от 3,5 до 12 м. Данный вид обрезки относят к «омолаживающей», нарушая установленную технологию, обозначенную в нормативных документах. В год проведения данного метода обрезки дерево сильно истощается за счет нарастания

большого количества новых побегов и стволовой поросли. Побег начинают «давить» друг друга, что приводит к их частичной гибели в год обрезки. Оставшиеся растут беспорядочно, остаются тонкими, легко ломаются при ветре, древесина побегов к концу вегетационного периода не успевает вызреть, и до 50% побегов погибают в первую зиму. Далее идут различные варианты развития крон растений, часто губительные для дерева, омолаживающего эффекта данной процедурой в основном не достигается.

Рост и развитие городских насаждений происходит по определенному плану. Одним из важных факторов, обуславливающим развитие городских деревьев, 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 (*«scenario»*) 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» [[www.iqair.com](http://www.iqair.com)].

Анализ состояния кроны деревьев тополя бальзамического на территории Красноярска, значительно или неприципиально изменившейся после обрезки, позволил выявить шесть сценариев роста:

1. Естественная форма роста деревьев (санитарная обрезка);
- 2.Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны;
- 3.Повторная (трёхкратная и более) радикальная обрезка лидирующих стволов на «столб»;
- 4.Радикальная обрезка на «столб» с дальнейшим формированием кроны;
- 5.Вегетативное размножение растений корневыми отпрысками;
- 6.Омолаживающая обрезка на «пень» без дальнейшего формирования кроны.

Сценарии роста тополя бальзамического в условиях г. Красноярска, на примере схем и фотографий автора, представлены на рисунках 4.1 – 4.5, 4.9, 4.13 - 4.15, 4.18 мы сознательно отошли от официальных названий типов обрезки, представленных в главе 1, так как выполнение на практике данных видов обрезки и, особенно, развитие растений в последующий период после проведения данных процедур, не отражают их основной цели – выращивание здоровых, правильно и красиво сформированных растений, предотвращение заражения различными заболеваниями, а приводит к противоположному результату [Авдеева, Черникова, 2019].

Анализ сценариев роста показал, что наиболее «сложные последствия» – изменения физиологических и механических процессов – наблюдаются при удалении всей кроны вместе с верхней частью ствола дерева, и особенно, при многократном проведении данной процедуры.

Анализ дальнейшего развития габитусов растений и их физиологического и механического состояния позволил выявить особенности роста и развития растений после радикальной обрезки: усыхание растений вследствие болезней; потеря механической прочности (облом и падение утяжеленных вновь сформировавшихся ветвей); вторичная (трехкратная и более) радикальная обрезка лидирующих побегов, приводящая к гибели до 50% повторно обрезанных растений; удаление службами по уходу данных растений из-за их неэстетичности.

Естественная форма роста тополя бальзамического					
					
Саженец	Виргинильное состояние (v)	Молодое генеративное состояние (g1)	Средневозрастное генеративное состояние (g2)	Старовозрастное генеративное состояние (g3)	Сенильное состояние (S)

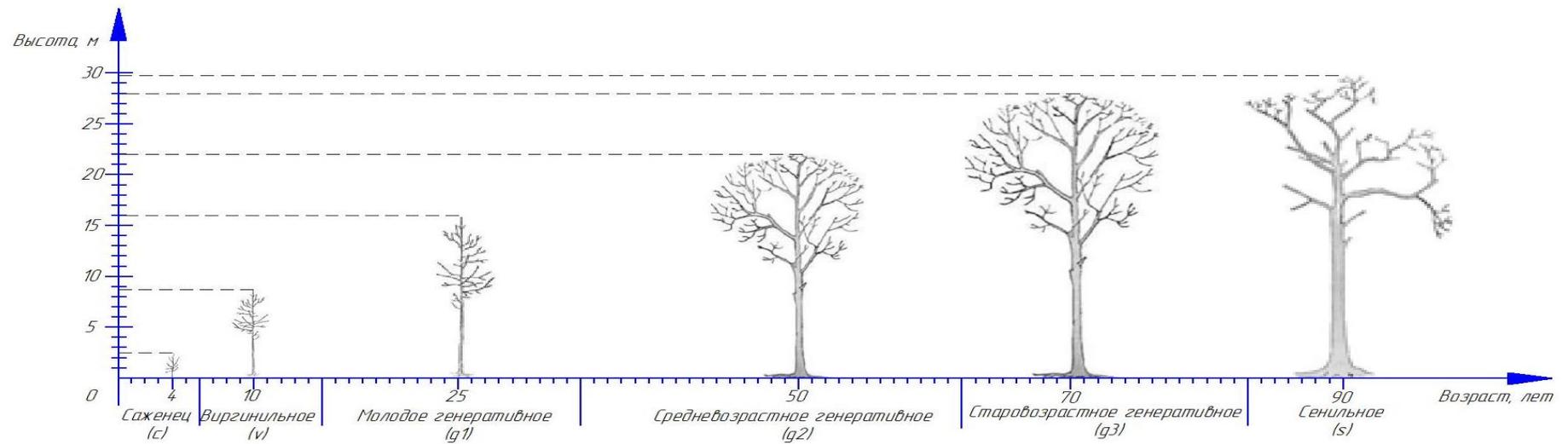


Рисунок 4.1 – Естественная форма роста тополя бальзамического

Для проведения исследований составлена матрица сочетания основных факторов, влияющих на рост и развитие тополя бальзамического в условиях урбосреды г. Красноярска, формирующих сценарии роста и развития тополя бальзамического в условиях урбосреды г. Красноярска (таблица 4.1).

Таблица 4.1 - Матрица исследования роста и развития тополя бальзамического в условиях урбосреды г. Красноярска

Сценарий роста	Тип посадки				Тип условий произрастания			
	солитер	массив	букетная	рядовая	I	II	III	IV
Естественная форма роста (санитарная обрезка)	+	+	+	+	+	+	+	+
Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	+	+	+	+	+	+	+	+
Радикальная обрезка на «столб» с дальнейшим формированием кроны	+	-	-	+	+	+	+	+
Омолаживающая обрезка на «пень» без дальнейшего формирования кроны	без выделения типа посадки				без выделения типа условий произрастания			

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

Типы сценариев роста тополя бальзамического и матрица сочетания основных факторов, влияющих на рост и развитие тополя бальзамического в условиях урбосреды г. Красноярска, положены в основу дальнейших исследований.

#### **4.2 Рост тополя бальзамического в естественной форме роста на объектах озеленения г. Красноярска**

Изучение особенностей роста тополя бальзамического в городской среде позволяет прогнозировать объемную и пространственную динамику отдельных деревьев и ландшафта в целом. Влияние временных факторов на рост тополя бальзамического в городской среде исследовалось методом регрессионного анализа. Математическая обработка полученных биометрических характеристик деревьев заключалась в построении модели роста деревьев по отдельным биометрическим показателям (высота, диаметр

ствола и кроны). Коэффициенты уравнения получены с помощью стандартной программы нелинейного регрессионного анализа (программа Statistica 10.0). Критерии оценки уравнений подтверждают достоверность выбранных методов (табл. 4.2, 4.4, 4.5, 4.10, 4.14). Средние значения биометрических параметров деревьев тополя бальзамического, произрастающих в различных условиях фитосреды города Красноярска и типах пространственной структуры, представлены в Приложении Г.

**Высота дерева.** Графики роста по высоте деревьев тополя бальзамического, произрастающих в естественной форме, представлены на графиках (рисунок 4.2), коэффициенты уравнения и критерии их оценки – в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Коэффициенты уравнения и критерии оценки уравнений, описывающих рост деревьев тополя бальзамического по высоте в естественной форме роста

Тип условий произрастания	Тип пространственной структуры насаждения									
	солитер					массив				
	Коэффициенты уравнения			Критерии оценки		Коэффициенты уравнения			Критерии оценки	
	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$R^2$	$SE$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$R^2$	$SE$
Контроль	36,41	1,26	0,033	0,992	1,10	38,23	1,61	0,032	0,998	0,90
Удовлетворительный	35,06	0,15	0,004	0,989	2,71	35,71	1,12	0,029	0,990	6,90
Напряженный	25,43	1,20	4,611	0,984	0,65	23,61	0,65	0,019	0,996	1,90
Конфликтный	24,85	0,93	0,023	0,988	0,92	20,30	0,83	0,042	0,990	3,30
Критический	20,55	4,84	0,119	0,992	2,24	15,17	0,77	0,047	0,986	2,60
	букетная посадка					рядовая посадка				
	Коэффициенты уравнения			Критерии оценки		Коэффициенты уравнения			Критерии оценки	
	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$R^2$	$SE$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$R^2$	$SE$
Контроль	39,16	1,72	0,041	0,997	0,84	39,46	1,48	0,025	0,998	0,30
Удовлетворительный	39,98	1,34	0,018	0,989	0,91	32,56	11,70	0,328	0,995	2,90
Напряженный	31,47	1,04	0,023	0,994	2,63	26,20	3219	756,8	0,991	3,10
Конфликтный	23,55	0,81	0,021	0,991	2,6	25,96	0,39	0,009	0,990	0,10
Критический	21,10	0,66	0,021	0,998	0,73	16,17	1,14	0,043	0,986	0,40

$R^2$  – коэффициент детерминации,  $SE$  – стандартная ошибка

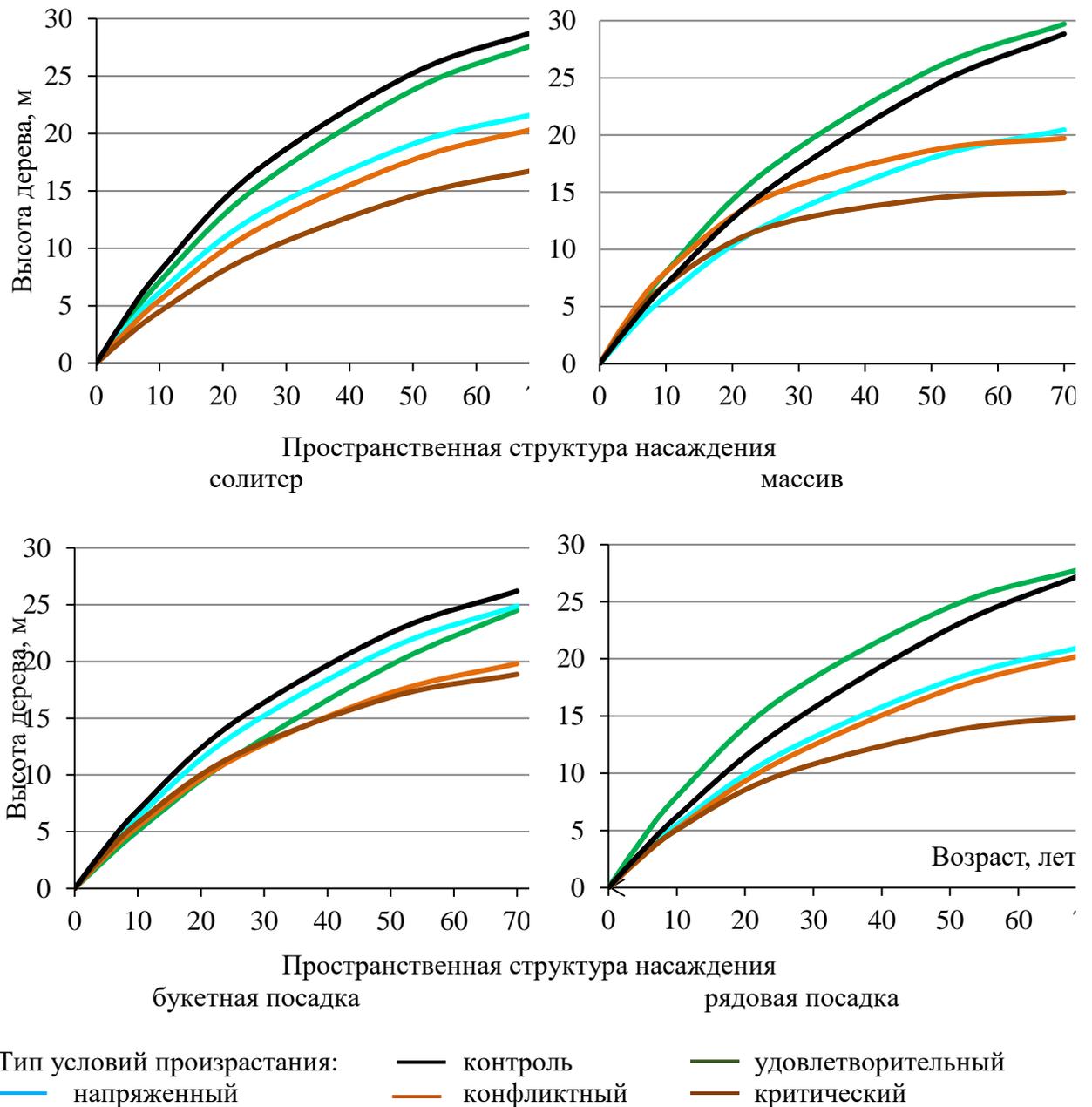


Рисунок 4.2 – Рост тополя бальзамического по высоте, произрастающего в естественной форме в различных пространственных и антропогенных условиях

Анализ роста деревьев по высоте, произрастающих в естественной форме (прошедших только санитарную обрезку), показал:

- до 15-18-летнего возраста условия среды не оказывают существенного влияния на рост данного вида в высоту, далее прослеживается дифференциация на три типа роста, в группы объединились: контроль и удовлетворительный тип условий произрастания; напряжённый и

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 м, что составляет 50 %;

- ряды роста по высоте для растений, произрастающих в букетном типе пространственной структуры, несколько отличаются от остальных типов: разброс значений меньше, выделяется только два типа по темпам роста: в первый объединились растения, произрастающие в удовлетворительных, напряженных условиях и в контрольных насаждениях, во второй – конфликтных и критических условиях. При этом максимальные значения в удовлетворительных условиях при букетном способе посадки на  $3,5 \pm 0,6$  м меньше, чем в насаждениях, где растения по одному произрастают в посадочной яме. Вероятно, одинаковая площадь питания растений, приходящаяся на один и на несколько стволов (от 3-х до 7), играет важное значение и отражается на биометрических параметрах растений.

Полученные результаты позволили составить ряды хода роста тополя бальзамического с учетом условий произрастания в урбосреде промышленного города Красноярска, объединив типы пространственной структуры – солитер, садово-парковый массив, рядовые посадки (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Ряды хода роста тополя бальзамического по высоте

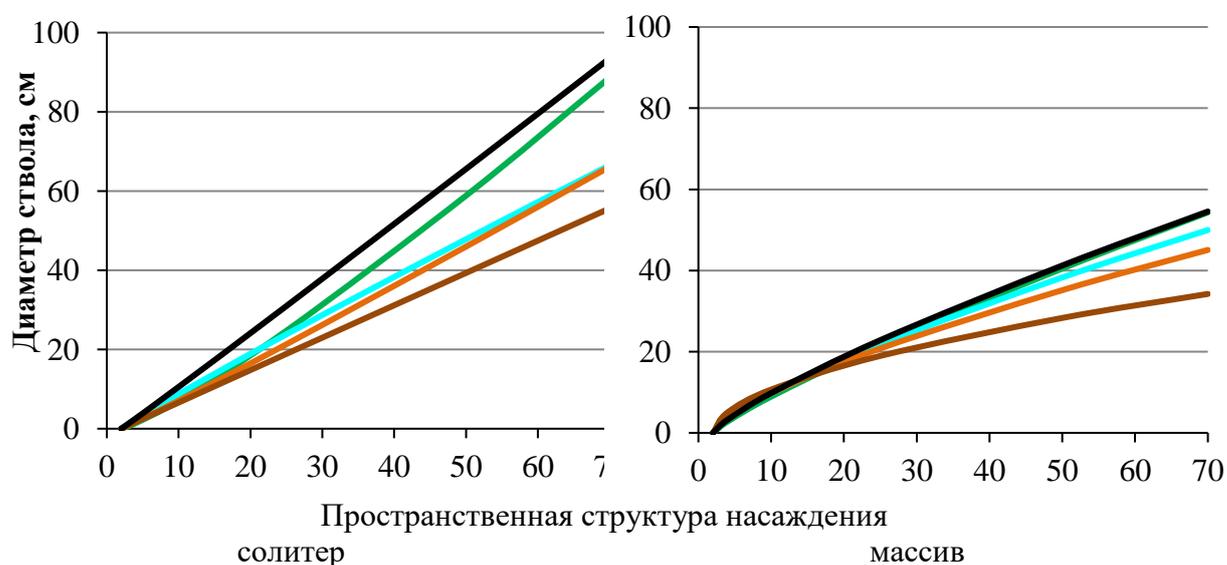
Диапазон возраста	Тип условий произрастания		
	удовлетворительный	напряженный - конфликтный	критический
	Высота, м		
6 - 8	Саженцы ГОСТ 24909-81 Саженцы деревьев декоративных лиственных пород. Технические условия. Нормативные значения - высота саженца 2,0 – 4,0 м		
9 -10	4,0 – 8,0		4,0 – 6,0
11 - 20	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

**Диаметр ствола.** Установлено, что возраст, в котором тополь бальзамический достигает высоты 1,3 м, составляет от 2 до 3 лет, что учтено при построении графиков роста по диаметру ствола. Коэффициенты уравнения и критерии их оценки, описывающие рост деревьев тополя бальзамического по диаметру ствола в естественной форме роста, представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Коэффициенты уравнения и критерии их оценки, описывающих рост деревьев тополя бальзамического по диаметру ствола в естественной форме роста

Тип условий произрастания	Тип пространственной структуры насаждения							
	солитер				массив			
	Коэффициенты уравнения		Критерии оценки		Коэффициенты уравнения		Критерии оценки	
	$b_1$	$b_2$	$R^2$	$SE$	$b_1$	$b_2$	$R^2$	$SE$
Контроль	1,268	1,019	0,998	13,66	1,844	0,803	0,991	10,38
Удовлетворительный	0,616	1,178	0,997	14,30	0,578	1,115	0,994	10,69
Напряженный	1,226	0,947	0,984	7,21	1,631	0,817	0,999	21,40
Конфликтный	0,807	1,044	0,990	34,85	1,619	0,776	0,979	29,45
Критический	0,833	0,996	0,984	41,04	2,044	0,652	0,999	28,63
	букетная посадка				рядовая посадка			
	Коэффициенты уравнения		Критерии оценки		Коэффициенты уравнения		Критерии оценки	
	$b_1$	$b_2$	$R^2$	$SE$	$b_1$	$b_2$	$R^2$	$SE$
	Контроль	2,405	0,796	0,999	3,50	0,286	1,283	0,999
Удовлетворительный	1,398	0,918	0,998	5,26	0,578	1,115	0,994	16,09
Напряженный	1,641	0,869	0,988	4,61	1,631	0,817	0,999	0,47
Конфликтный	0,171	1,392	0,994	15,85	1,619	0,776	0,979	28,71
Критический	2,063	0,683	0,987	13,59	2,044	0,652	0,999	0,01

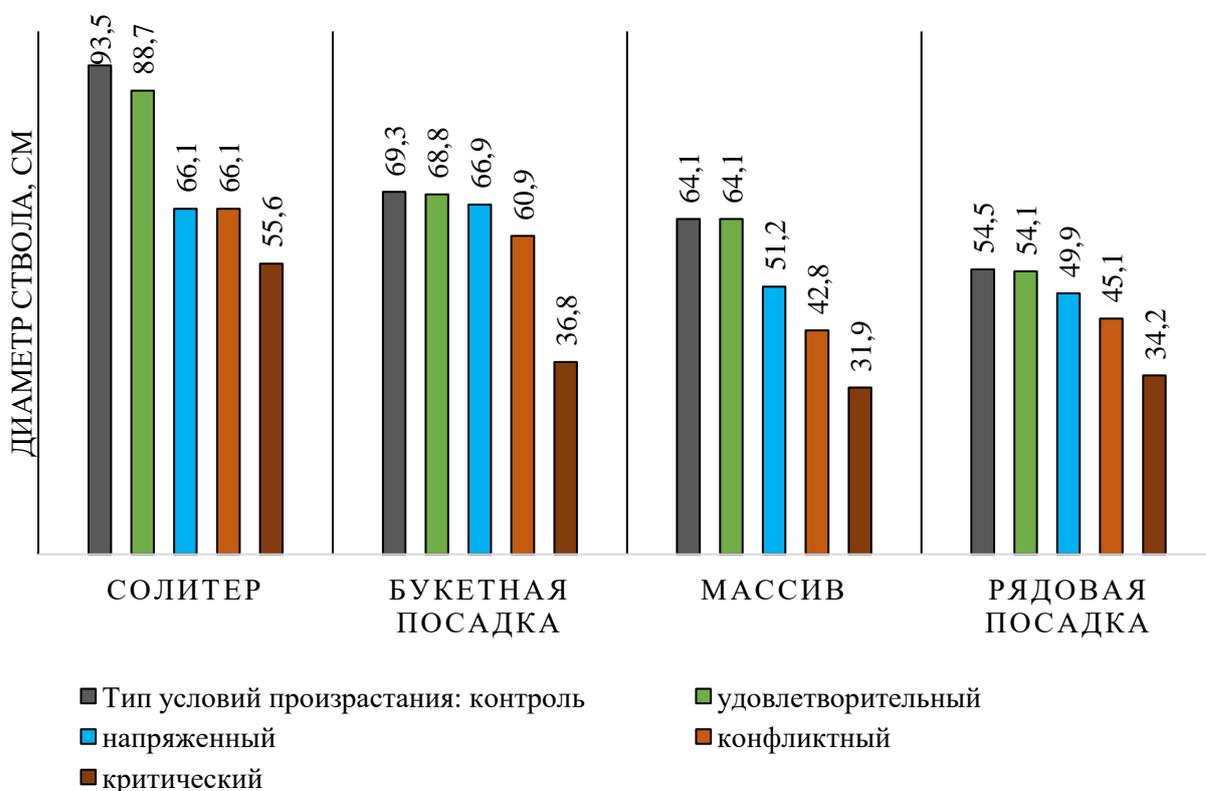
$R^2$  – коэффициент детерминации,  $SE$  – стандартная ошибка





- в *букетном типе* посадки в удовлетворительных условиях посадки на 24,2 см (26 %), в критических – на 56,7 см (61 %);
- при *рядовой посадке* – в удовлетворительных условиях посадки на 24,2 см (26 %), в критических – на 56,7 см (61 %);
- в *массивах* – в удовлетворительных условиях посадки на 29,4 см (26 %), в критических – на 61,6 см (66 %).

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



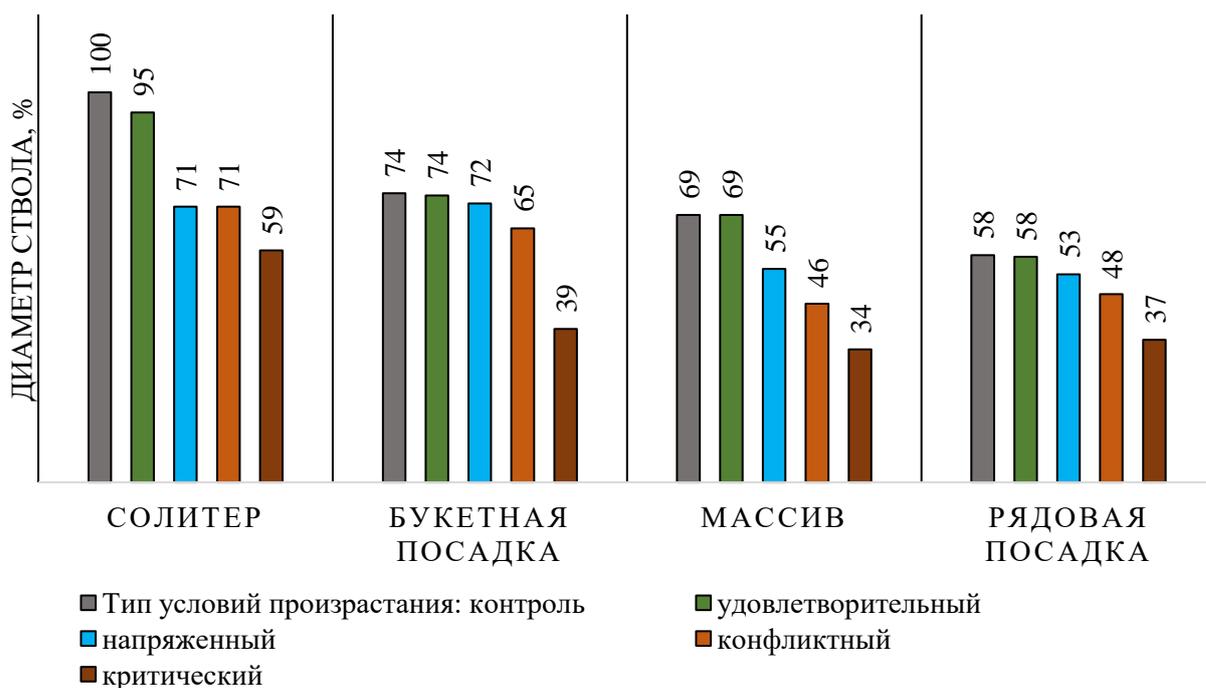


Рисунок 4.4 – Сравнительный анализ диаметров стволов деревьев тополя бальзамического по диаметру ствола, произрастающих в естественной форме роста в различных пространственных условиях и с различным уровнем антропогенных нагрузок (возраст 70 лет): а – в абсолютных, б – относительных значениях

Таблица 4.5 - Коэффициенты уравнения и критерии их оценки, описывающих рост деревьев тополя бальзамического по диаметру кроны в естественной форме роста

Тип условий произрастания	Тип пространственной структуры насаждения							
	солитер				массив			
	Коэффициенты уравнения		Критерии оценки		Коэффициенты уравнения		Критерии оценки	
	$b_1$	$b_2$	$R^2$	$SE$	$b_1$	$b_2$	$R^2$	$SE$
Контроль	0,037	1,526	0,990	8,550	0,097	1,195	0,999	0,100
Удовлетворительный	0,073	1,366	0,997	0,250	0,214	1,000	0,999	0,130
Напряженный	0,143	1,108	0,996	0,540	0,224	0,832	0,993	0,610
Конфликтный	0,249	0,935	0,989	2,290	0,395	0,673	0,983	0,570
Критический	0,037	1,349	0,992	0,180	0,436	0,578	0,983	0,300
	букетная посадка				рядовая посадка			
	Коэффициенты уравнения		Критерии оценки		Коэффициенты уравнения		Критерии оценки	
	$b_1$	$b_2$	$R^2$	$SE$	$b_1$	$b_2$	$R^2$	$SE$
Контроль	0,086	1,183	0,086	1,183	0,016	1,522	996,000	0,220
Удовлетворительный	0,144	1,029	0,010	0,999	0,215	0,867	0,989	0,570
Напряженный	0,057	1,254	0,994	0,520	0,118	1,000	0,999	0,020
Конфликтный	0,069	1,212	0,999	0,160	0,161	0,890	0,999	0,040
Критический	0,110	1,031	0,984	1,780	0,005	1,798	0,996	0,280

$R^2$  – коэффициент детерминации,  $SE$  – стандартная ошибка

**Вегетативное размножение тополя бальзамического на объектах озеленения корневыми отпрысками.** На объектах озеленения г. Красноярска помимо посадок саженцев тополя бальзамического отмечены деревья данного вида, которые размножились корневыми отпрысками. Чаще это наблюдается на объектах озеленения ограниченного пользования, где уход за насаждениями осуществляется не специалистами МП «УЗС», которые удаляют появившуюся поросль. Работники предприятий и организаций оставляют появившуюся поросль, и на некоторых объектах она развивается и достигает размеров материнских растений (рисунок 4.5). Данные растения начинают расти возле материнского растения, в дальнейшем они формируются по одному из обозначенных сценариев роста (рисунок 4.5).

**Природоохранная ценность древесных растений.** Природная уникальность г. Красноярска состоит в том, что он располагается на территории, на которой соединились 8 ландшафтных зон: от темнохвойной тайги до сухой степи. При этом техногенные воздействия на городские объекты озеленения весьма неоднородны, изменяется от удовлетворительной до критической. В городе есть уникальные растения-интродуценты, произрастающие в г. Красноярске, но не относящиеся к местной флоре, в частности, тополь бальзамический – крупное дерево, отличающееся быстрым ростом в молодости и произрастающее в естественных условиях на территории США и Канады. Озеленение данным видом началось в 50-х годах XX в., соответственно, в городе должны быть растения в возрасте около 80 лет – данный вид растений в этом возрасте относится к категории деревьев-долгожителей и должны подлежать охране.

Вегетативное размножение растений корневыми отпрысками					
					
Саженец	Виргинильное состояние (v)	Молодое генеративное состояние (g1)	Средневозрастное генеративное состояние (g2)	Старовозрастное генеративное состояние (g3)	Синильное состояние (S)

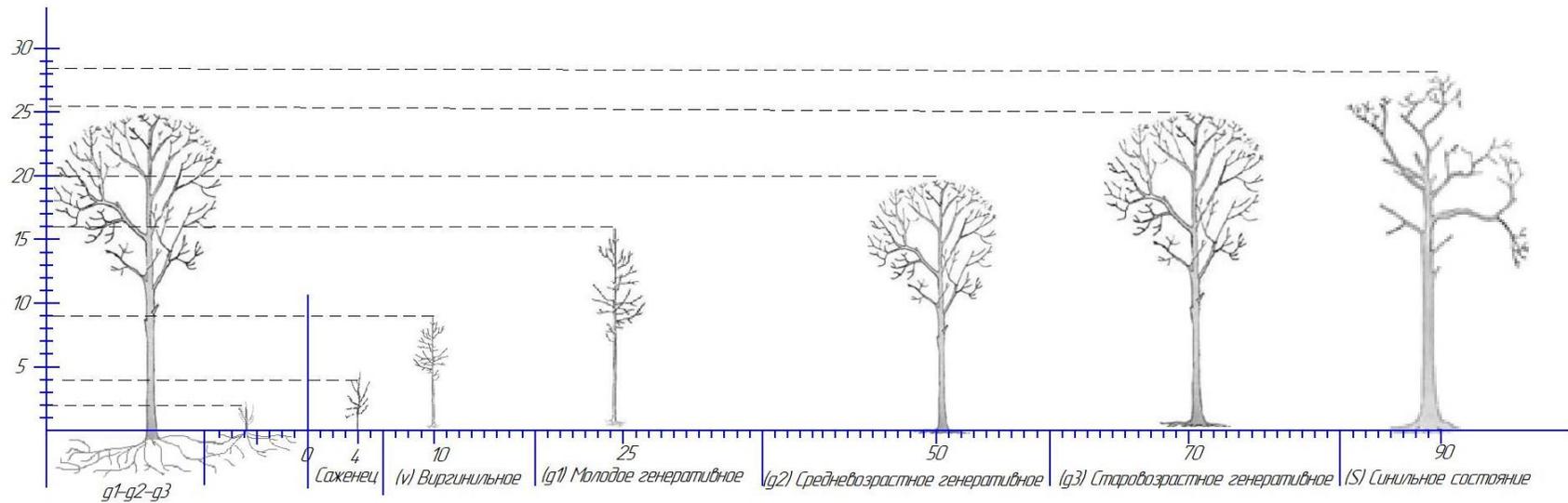


Рисунок 4.5 – Вегетативное размножение тополя бальзамического корневыми отпрысками

Однако на сегодняшний день в Красноярске не проводятся мероприятия по выявлению и охране уникальных, в историческом и биологическом плане, деревьев. При этом на территории Красноярского края в соответствии с Федеральным законом «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 N 33-ФЗ выделено 114 региональных особо охраняемых природных территорий [Пыркова, 2010; ФЗ N 33, 1995]. Самая крупная из них – природный парк «Ергаки». 41 заповедник; 72 памятника природы, 22 из которых – ботанические сады; дендрарий Сибирского технологического института (ныне СибГУ им. М.Ф. Решетнева), объявленный памятником природы в 1984 году, был основан в 1949 году профессором В.Е. Шмидтом для научных и образовательных целей [Матвеева, 1998; 2001; Усова, 2018]; «Дендрарий Старого скита», созданный более 100 лет назад, объявлен памятником природы в 1981 году, он расположен на территории города Дивногорска. Памятник природы «Красивая береза» был создан в 1993 году для охраны объекта как памятника природы. При этом в Красноярском крае нет культурно-исторических памятников природы (рисунок 4.6, таблица 4.6).

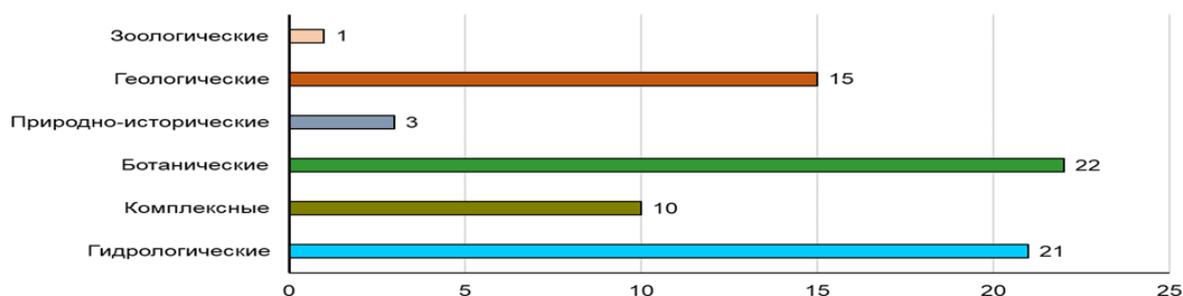
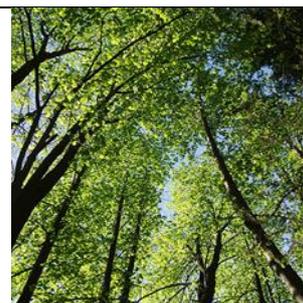


Рисунок 4.6 – Памятники природы Красноярского края

В настоящее время в России комитетами Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации в 2010 году учреждена Всероссийская программа «Деревья – памятники живой природы». Целью Программы является поиск и сохранение уникальных старовозрастных деревьев, представляющих собой природную, культурную и историческую ценность для Российской Федерации, придание им статуса охраняемых

государством природных объектов, формирование единого Национального реестра старовозрастных деревьев России, экологическое и патриотическое воспитание подрастающего поколения. Программа стала важным российским проектом, который привлекает внимание представителей власти, экспертов и общественности к местным деревьям и обеспечивает их заботу и сохранение для будущих поколений.

Таблица 4.6 – Ботанические памятники природы Красноярского края

			
Дендрарий СибГТУ, г. Красноярск, 1949 г.			
			
Дендрарий в районе Старого скита, г. Дивногорск, 1981 г.			
			
«Красивая березка», Абанский район Красноярского края, 1993 г.			

С начала реализации программы 216 деревьев были признаны «памятниками природы», а в 40 регионах Российской Федерации прошли церемонии открытия мемориальных деревьев, в которых приняли участие представители органов власти. Также создан Национальный реестр старовозрастных деревьев России – из 76 субъектов Российской Федерации в него включены более 900 деревьев, создана база данных и интерактивная

карта, судя по которой Красноярский край не участвует в данной программе (рисунок 4.7). При этом в него включено более 30 тополей (некоторые из которых представлены в таблице 4.7).



Рисунок 4.7 – А – Схема регионов, участвующих во Всероссийской программе «Деревья – памятники живой природы», зеленый цвет обозначает, что в данном регионе есть деревья, получившие статус «памятника живой природы», серый – нет деревьев со статусом «памятник живой природы»; Б - Национальный реестр уникальных деревьев России

При проведении исследований на территории г. Красноярска выявлено несколько крупных экземпляров тополя бальзамического, произрастающих в естественной форме роста в жилой застройке (основная масса тополей подвержена обрезке). Один из крупных экземпляров растет в сквере на проспекте Свободный. Нами проведено визуальное обследование и инструментальная оценка состояния данного дерева при помощи прибора Resistograph 4450 (совместно с представителями отделов защиты леса и государственного лесопатологического мониторинга, начальник отдела Моисеев И.В., и информационно-аналитического, зам. начальника Редькин А.Б. Центра защиты леса Красноярского края). В таблице 4.8 представлены фотографии, биометрические параметры исследуемого дерева.

Таблица 4.7 – Тополя, включенные в Национальный реестр старовозрастных деревьев России [<https://treeportal.ru>]

		
<p>Возраст: 300 лет Высота: 35 м Диаметр ствола на высоте 1,3 м - 3.27 м Место произрастания: Республика Адыгея, ст. Даховская (Графская поляна).</p>	<p>Возраст: 100 лет Высота: 30 м Диаметр ствола на высоте 1,3 м: - 2.55 м Место произрастания: Республика Северная Осетия-Алания, селение Ставд-Дурт, ул. Токаева.</p>	<p>Возраст: 160 лет Высота: 18 м Диаметр ствола на высоте 1,3 м: 1.67 м Место произрастания: Этнодеревня Пимчах, Сосновское сельское поселение, Елизовский район, Камчатский край.</p>
		
<p>Возраст: 120 лет Высота: 33 м Диаметр ствола на высоте 1,3 м: 1.43 м Место произрастания: Санкт-Петербург, парк бывшей усадьбы "Новознаменка".</p>	<p>Возраст: 110 лет Высота: 27 м Диаметр ствола на высоте 1,3 м: 3.41 м Место произрастания: Ставропольский край, с. Краснокумское, ул. Сафонова Дача.</p>	<p>Возраст: 140 лет Высота: 70 м Диаметр ствола на высоте 1,3 м: 1.37 м Место произрастания: Посёлок Камыши, Курский район, Курская область.</p>

Таблица 4.8 – Основные биометрические параметры и результаты визуального обследования тополя бальзамического

<p>Биометрические параметры:          Высота дерева – 28,3 м          Диаметр ствола на высоте 1,3 м – 0,96 м          Диаметр кроны – 22,5 м</p> 	
<p>Дерево мужского рода имеет прямой ствол, симметричную густую хорошо развитую крону, вершина живая, перевершинивание отсутствует, отмечены незначительные механические повреждения, обдир коры, гнили и дупла отсутствуют, листья поражены тополевой минирующей молью (<i>Lithocolletis populifoliella</i> tr.), наросты на стволах отсутствуют. Жизненное состояние оценивается как здоровое – первая категория [по Алексееву, 1987]</p>	

Визуально установить размер и характер распространения гнили в стволе и корнях не всегда представляется возможным. Инструментальная диагностика внутреннего состояния деревьев с помощью специализированного оборудования – современный научно обоснованный подход к решению данной проблемы [Рунова, 2017].

При исследовании данного экземпляра инструментальная диагностика внутреннего состояния древесины проведена в двух взаимно перпендикулярных направлениях, так как диаметр ствола дерева превышает размеры буровой иглы. Ствол дерева засверливался на высоте 0,3 м, измерялась плотность древесины по следующим грациям: плотная (здоровая) древесина, гниль в начальной стадии развития, сильно развитая гниль, полости. Данный метод исследования не причиняет вреда дереву, что важно для городских насаждений. В результате исследования получены

графики-резистогаммы (рисунок 4.8), которые отражают внутреннее состояние древесины дерева.

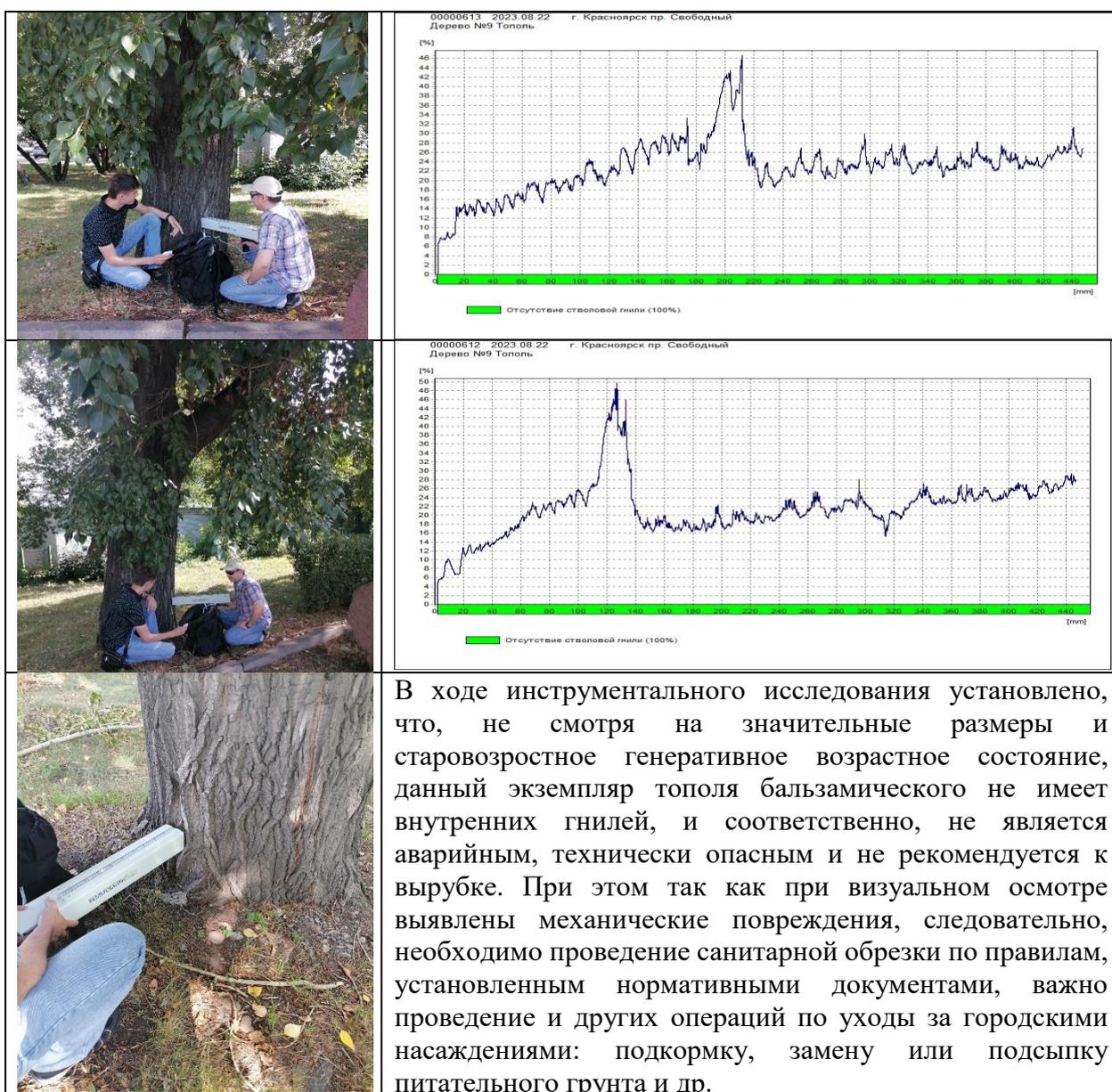


Рисунок 4.8 – Результаты инструментального обследования тополя бальзамического

Таким образом, не все деревья тополя бальзамического нуждаются в радикальной обрезке, к тому же, как показали результаты исследований растений ряда авторов (Рунова, 2017; 2020), деревья, не подвергавшиеся кронированию, сохраняются лучше, что продлевает их эксплуатацию в условиях городской среды. Особенно необходимо отметить, что данный экземпляр (а также выявленные в дальнейшем аналогичные древесные

растения) нуждается в правовой охране как растения-интродуценты-долгожители для городских условий Красноярска.

### **4.3 Особенности роста тополя бальзамического под влиянием различных видов обрезки**

#### **4.3.1 Радикальная обрезка деревьев тополя бальзамического на «столб»**

Рекогносцировочный анализ насаждений тополя бальзамического показал, что только около 15% деревьев в г. Красноярске произрастает в естественной форме, остальные экземпляры подверглись различным видам обрезки и развиваются по обозначенным выше сценариям. Одним из наиболее распространенных видом обрезки, особенно тополя бальзамического, является удаление всей кроны дерева вместе с верхней частью ствола, после которой остается «столб» высотой от 3 до 10 метров. При этом данный вид обрезки у исполнителей классифицируется как официально закрепленный – «омолаживающая» обрезка. Однако, как было рассмотрено в первой главе, данный вид подходит только под запрещенный во многих странах вид обрезки – топтинг. В таблице 4.9 представлен процесс роста и развития деревьев тополя бальзамического после радикальной обрезки на «столб» и ее влияние на биологическое и механическое состояние растений и выполнение ими экологических функций.

Обследование насаждений тополя бальзамического в насаждениях г. Красноярска показало, что после радикальной обрезки на «столб», в последствие оставшаяся часть дерева развивается по следующим сценариям:

- без дальнейшего формирования кроны (рисунок 4.9);
- с дальнейшим формированием кроны (рисунок 4.15);
- с повторной радикальной обрезкой лидирующих побегов на «столб» (рисунок 4.13);
- с трёхкратной (и более) радикальной обрезкой побегов на «столб» (рисунок 4.14).

Таблица 4.9 – Рост деревьев тополя бальзамического после радикальной обрезки на «столб» и ее влияние на биологическое и механическое состояние растений, а также выполнение ими экологических функций

Фото автора	Биологические и механические последствия обрезки	Средозащитные и эстетическая функции
 <p data-bbox="347 746 611 770">Год обезки – весна</p>	<p data-bbox="817 323 1536 387">Полное удаление кроны и частичное удаление ствола на высоте дерева от 3 до 10 метров.</p> <p data-bbox="817 395 1536 427">Не соблюдение технологии обрезки:</p> <ul data-bbox="817 435 1536 579" style="list-style-type: none"> <li>- проводятся крупные интернодальные срезы, поверхность которых никогда не зарастет;</li> <li>- вследствие несоблюдения сроков обрезки, наблюдается обильное сокодвижение.</li> </ul> <p data-bbox="817 587 1536 762">Обрезка производится в 40 - 60 летнем возрасте – в условиях городской среды значительная часть деревьев уже поражена грибковыми заболеваниями. Обрезка способствует распространению гнилевых болезней по всему растению.</p>	<p data-bbox="1559 323 2074 387">Резкое снижение санитарно-гигиенических функций:</p> <p data-bbox="1559 395 2074 579">тепратурного режима, снижение загазованности и запыленности и др. Значительное снижение депонирования атмосферного углерода и выделения кислорода.</p> <p data-bbox="1559 587 2074 722">Крайне низкий эстетический уровень – «столбы» с покрашенными местами спилов, часто не естественным цветом краски – зеленым, черным.</p>
 <p data-bbox="302 1284 656 1308">1 год после обрезки – лето</p>	<p data-bbox="817 786 1536 850">Количество побегов от 80 до 190 шт. пучками по всему стволу.</p> <p data-bbox="817 858 1536 962">Побеги длиной от 1,9 до 2,1 м. Крепление побегов за кору очень слабое, новый побег и ствол не являются «цельной конструкцией».</p> <p data-bbox="817 970 1536 1106">Листовые пластины от 25 до 100 см<sup>2</sup>. Увеличение в 3 раза площади листьев – усиление фотосинтетического процесса вследствие «сильного голодания» растений.</p>	<p data-bbox="1559 786 2074 994">Жизненное состояние деревьев - от удовлетворительного до неудовлетворительного. Крепление побегов за кору очень слабое, новый побег и ствол не являются «цельной конструкцией».</p> 

 <p>1 год после обрезки – зима</p>	<p>Обмерзание побегов до 50%.</p>	<p>В кроне отчетливо выделяется несоразмерность обрезанной «толстой» части ствола и «тонких» годовых приростов побегов. Эстетичность растений низкая.</p>
 <p>Через 3 - 5 лет после обрезки</p>	<p>Побеги достигают длины от 3,0 до 5,0 м. Начинается конкуренция за освещенность, выделяется от 5 до 25 лидирующих побегов. Видимое проявление процессов поражения растений грибными болезнями, на месте не зарастающих срезов. Обламывание пучков ветвей.</p>	<p>Летом - декоративность повышается, зимой - низкая вследствие несоразмерности ствола и ветвей, загущенности кроны. Относительно безопасны.</p>
 <p>Через 6 - 10 лет после обрезки</p>	<p>Длина побегов от 10 до 15 м. Обильное плодоношение женских особей. Растение вновь вступает в фазу генеративного развития (значительно раньше, чем при естественной форме роста). Прогрессирует процесс развития грибковых заболеваний.</p>	<p>Крона распадается, становится «неряшливой» из-за свисания части побегов вниз, четко выделяются лидирующие и угнетенные побеги. Повторяется проблема «тополиного пуха» (пожароопасность, загрязненность, попадание в жилые квартиры и т.п.).</p>

		<p>Количество лидирующих побегов от 2 до 5 шт.          Высота: 10 – 18 м.          Диаметр лидирующих стволов от 18 до 25 см.          Диаметр кроны от 5 до 8 м, в зависимости от условий произрастания. Лидирующие стволы «давят» друг на друга. «Столб» материнского растения отмирает до 50 см от места спила, отпадает кора, происходит облом крупных ветвей. Особенно во время сильного ветра и мокрого снега повышается вероятность распространения грибковых заболеваний на другие растения.          Процессы развития (старения) растений значительно ускоряются.</p>	<p>Масса лидирующего побега достигает 100 кг.          Крона достигает размеров материнского растения (средневозрастного генеративного развития), при этом эстетичность растений очень низкая:          - непропорциональность материнского ствола и кроны          - деревья становятся опасными и аварийными</p>
<p>Через 15 - 20 лет после обрезки.          Облом крупных ветвей дерева</p>			
			
<p>К 20 - 25 годам – растение вступают в фазу средневозрастного генеративного развития          (в среднем на 25 лет раньше, чем при естественном развитии)</p>			

Фотографии автора.

**Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны.** Обследование насаждений тополя бальзамического на объектах озеленения г. Красноярска показало, что радикальной обрезке на «столб» подвергаются как отдельно растущие деревья, при этом это могут быть и солитеры, и деревья, оставшиеся от рядовых посадок, а так же букетные посадки деревьев и посадки массивом. Массовая обрезка данным способом начата в 90-е гг. XX в., таким образом, лидирующие побеги деревьев, обрезанных данным способом, достигли 25–35-летнего возраста. Средние значения биометрических параметров тополя бальзамического после радикальной обрезки на «столб» без дальнейшего формирования кроны представлены в Приложении Е.

Последствия данного типа обрезки и сценарий роста деревьев тополя бальзамического после радикальной обрезки на «столб» и ее влияние на биологическое и механическое состояние растений, а также выполнение ими экологических функций представлено на рисунке 4.9, динамика биометрических показателей – на рисунке 4.10. Коэффициенты и параметры уравнений представлены в таблице 4.10.

Анализ результатов исследования состояния деревьев тополя бальзамического, подверженных радикальной обрезке на «столб» без дальнейшего формирования кроны на объектах озеленения г. Красноярска, показал, что:

- обрезку на «столб» проводят во всех районах города – от центра (пр. Мира, пр. Свободный, ул. Марковского...) до периферии (сквер ТЭЦ-1, ул. Киренского, Академгородок, ул. Пограничников...), соответственно, во всех типах условий произрастания: удовлетворительном, напряженном, конфликтном, критическом; а также во всех типах посадки – солитер, рядовая и букетная посадки, массив;

Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны						
						
1 год	2 год	3-7 год	Виргинильное состояние (v)	Молодое генеративное состояние (g1)	Средневозрастное генеративное состояние (g2)	Старовозрастное генеративное состояние (g3)

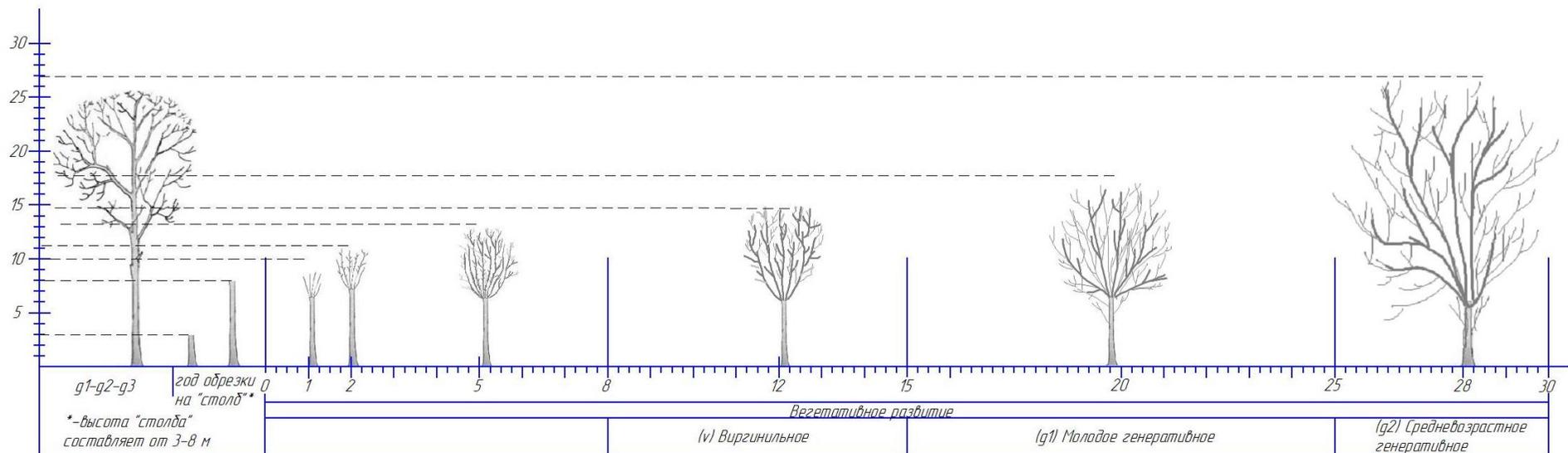


Рисунок 4.9 – Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны

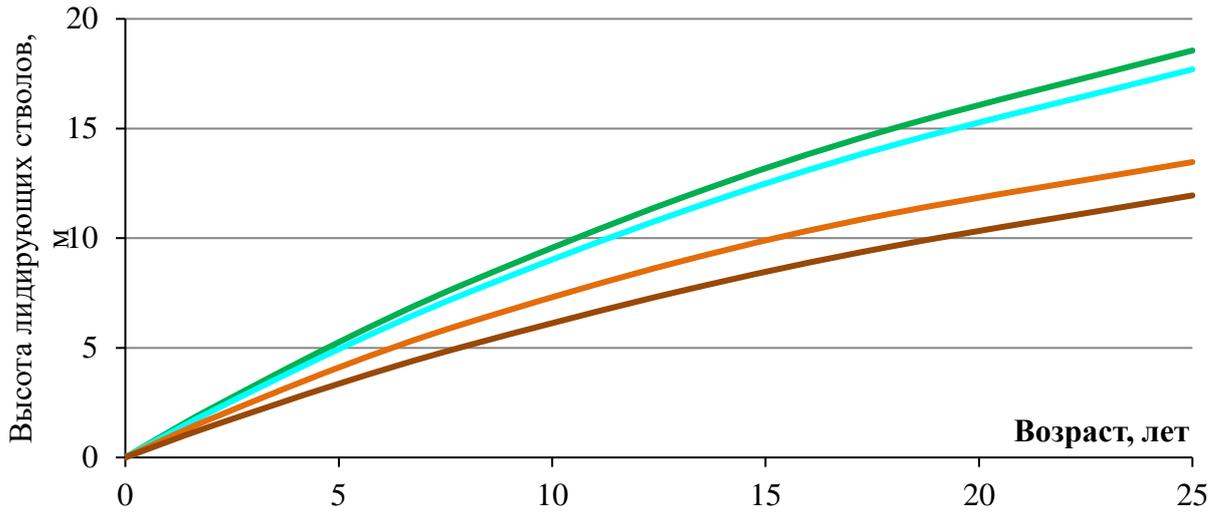
Таблица 4.10 - Коэффициенты уравнения и критерии оценки уравнений, описывающих рост лидирующих стволов после радикальной обрезки на «столб» тополя бальзамического

Тип условий произрастания	Коэффициенты уравнения			Критерии оценки	
Рост по высоте					
	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$R^2$	$SE$
Удовлетворительный	30,049	2,847	0,109	0,988	6,67
Напряженный	29,485	6,206	0,227	0,991	5,27
Конфликтный	19,335	2,434	0,116	0,984	4,95
Критический	19,600	10,25533	0,385	0,992	2,08
Рост по диаметру ствола					
	$b_1$	$b_2$		$R^2$	$SE$
Удовлетворительный	1,469	0,894		0,993	3,71
Напряженный	1,476	0,877		0,993	3,51
Конфликтный	1,726	0,744		0,959	15,68
Критический	1,030	0,874		0,971	8,03
Рост по диаметру кроны					
	$b_1$	$b_2$		$R^2$	$SE$
Удовлетворительный	2,146	0,601		0,996	0,59
Напряженный	1,912	0,614		0,989	1,67
Конфликтный	1,461	0,631		0,979	2,24
Критический	0,949	0,713		0,990	0,71

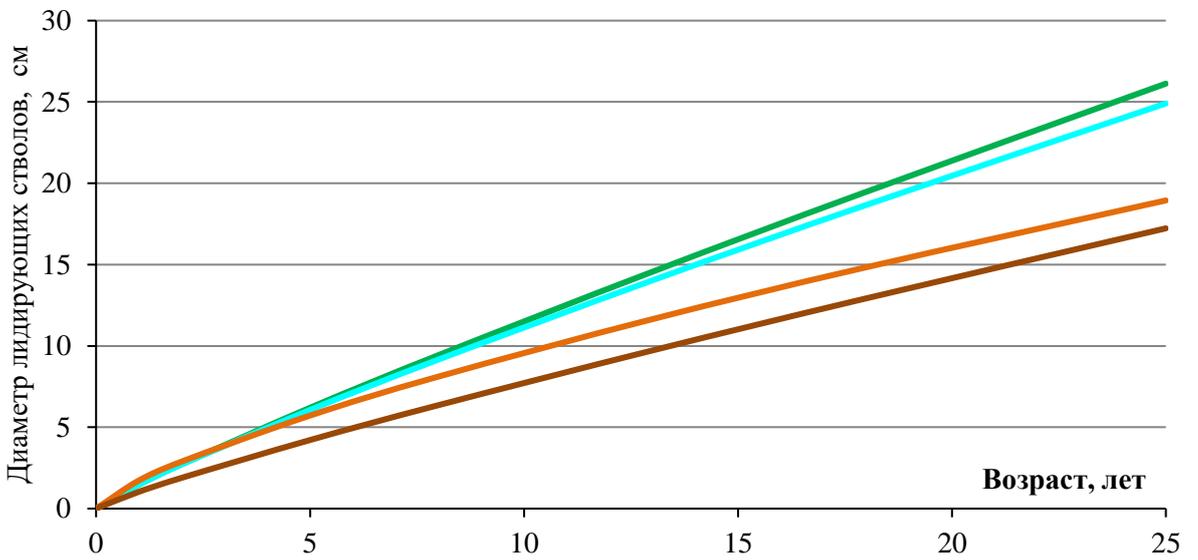
$R^2$  – коэффициент детерминации,  $SE$  – стандартная ошибка

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

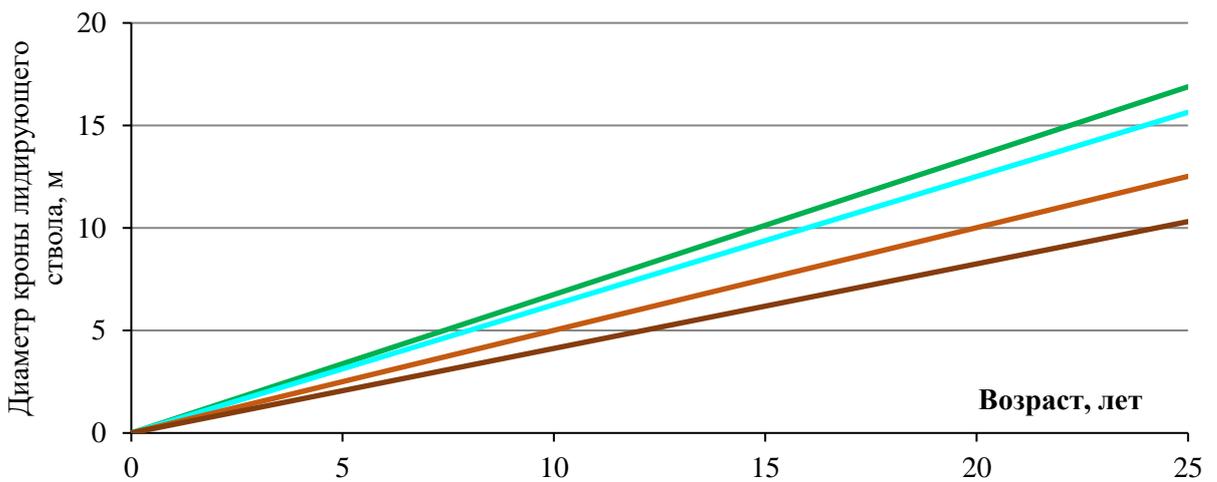
- диаметр ствола дерева на высоте 1,3 м у деревьев, подвергавшихся обрезке на «столб», составляет от 24 до 52 см, т. е. данный вид обрезки по официальной документации проходит как омолаживающая, при котором должны обрезаться старовозрастные деревья. Однако, как было установлено выше, тополь бальзамический достигает 25 см в диаметре в среднем возрасте 22-28 лет независимо от условий произрастания, т. е. «омолаживающей» обрезке подвергаются деревья в молодом генеративном (иногда даже в виргинильном) возрастном состоянии. Деревья в среднем достигают диаметра 50 см в зависимости от уровня антропогенной нагрузки: в удовлетворительных условиях при свободной форме роста в среднем



Рост лидирующих стволов по высоте после радикальной обрезки



Рост лидирующих стволов по диаметру после радикальной обрезки



Рост лидирующих стволов по диаметру кроны после радикальной обрезки

Тип условий произрастания: — удовлетворительный — конфликтный — критический  
 — напряженный

Рисунок 4.10 – Динамика биометрических показателей лидирующих стволов

тополя бальзамического в различных экологических условиях г. Красноярска

возрасте 40 лет (при высоте дерева 25 м), что соответствует средневозрастному генеративному состоянию, в критических условиях при рядовой посадке – к возрасту 60 лет (при высоте 15 м), переходя в старовозрастное генеративное состояние;

- после радикальной обрезки на «столб» в первый год пучками по всему стволу просыпается от 80 до 180 шт. почек; в первый год побеги по высоте достигают от 1,1 до 2,2 м, при этом нет выделения лидирующих побегов; за первую зиму около 50 % побегов обмерзают полностью или частично, которые удаляют во время проведения санитарной обрезки, как правило, в конце вегетационного периода. В дальнейшем количество побегов снижается (за счет обмерзания, обламывания целыми пучками, обрезания по стволу при санитарной обрезке, усыхания и др.) и через 20-25 лет остается от 11 до 4 ветвей;

- начиная со второго вегетационного периода начинают выделяться лидирующие побеги (до 11 шт. на дереве), к 20-25-летнему возрасту остается от 3 до 5 шт. лидирующих стволов, таким образом, формируется «букетная посадка» на высоте от 3,5 до 12 м; когда масса лидирующих стволов достигает критических значений под действием ветровых и снеговых нагрузок, происходит их облом;

- в 12-15 лет лидирующие стволы вступают в генеративное возрастное состояние, начинают плодоносить, вновь начинается проблема «тополиного пуха»;

- установлено, что рост лидирующих стволов по высоте, так же, как и основных, достоверно описывается уравнением Митчерлиха (2.2), по диаметру ствола – степенной функцией и диаметру кроны – линейной, критерии оценки уравнений подтверждают адекватность выбранных методов (таблица 4.10);

- анализ биометрических параметров показал, что прослеживается влияние антропогенной нагрузки на рост лидирующих стволов; сравнительный анализ роста по высоте показал, что, начиная с 3-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, что отвечает требованиям точности группировки рядов; к 25-летнему возрасту амплитуда по высоте между лидирующими стволами, произрастающими в удовлетворительных и критических условиях, составляет 6,5 м, что составляет до 50% от высоты стволов в критическом типе роста.

Сравнительный анализ роста деревьев, растущих в естественной форме роста и деревьев, подверженных радикальной обрезке на «столб» (с учетом средней высоты «столба» 4 м, так как в 90-е годы XX в. это была средняя высота обрезки), показал, что через 25 лет после обрезки растения в зависимости от условий произрастания (уровня техногенной нагрузки) потери составляют:

- по высоте в удовлетворительных условиях – 7 м (22,4%), конфликтных и критических – 11%, в напряженных – снижения по высоте не установлено (рисунок 4.11).

По диаметру кроны для деревьев в естественной форме роста и подверженных радикальной обрезке на «столб», произрастающих в массиве, в различных экологических условиях существенных различий не наблюдается: удовлетворительные условия 14,9 м в естественной форме роста, 15,2 м у деревьев, подверженных радикальной обрезке на «столб»; напряженные – 13,8 и 13,6; конфликтные – 11,3 и 12,0; критические 9,4 и 9,5 соответственно.

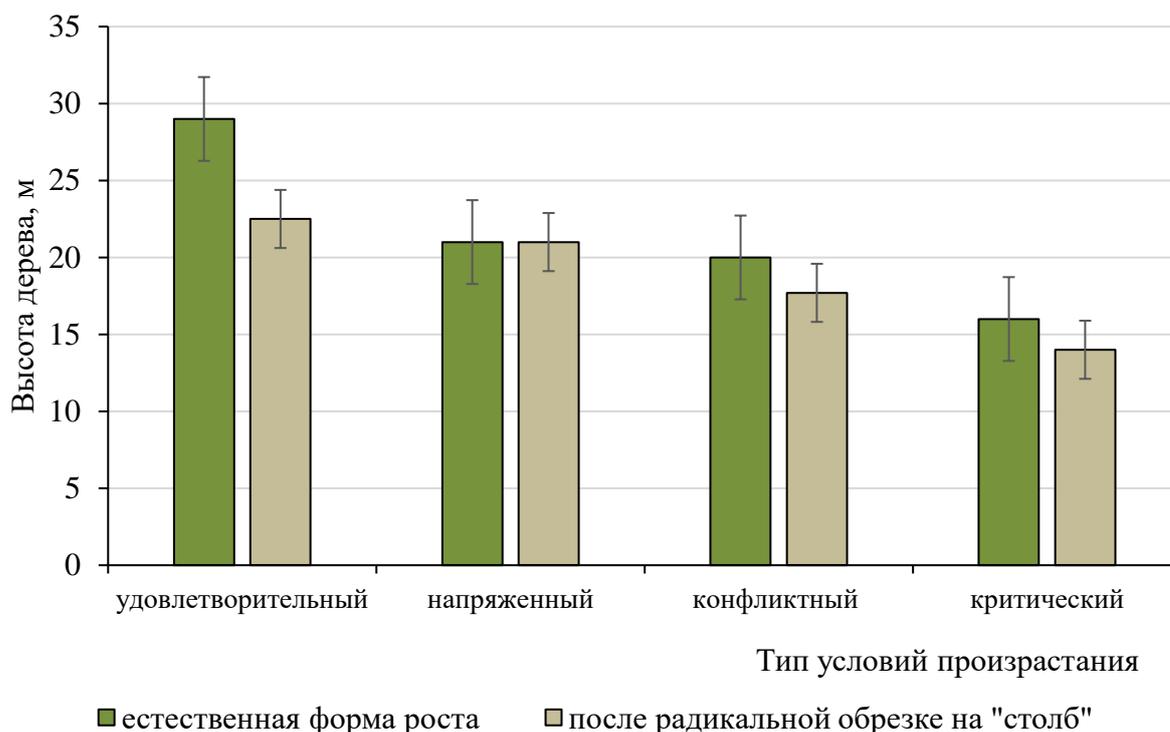


Рисунок 4.11 – Сравнительный анализ роста по высоте деревьев, растущих в естественной форме роста и деревьев, подверженных радикальной обрезке на «столб»

Для подтверждения полученных данных нами проведен графический анализ динамики проективного покрытия сквера «Автовокзал», представляющий массив из тополя бальзамического, произрастающего в естественной форме роста. В 2011 году проведена радикальная обрезка всех деревьев в сквере на «столб» (таблица 4.11, рисунок 4.12). В ходе исследований установлено, что через 7 лет развития деревьев тополя бальзамического проективное покрытие в сквере, с учетом появившихся строений, парковок, дорожно-тропиночной сети с твердым покрытием, практически восстановилось, диаметры крон достигают значений, соответствующих размерам крон до проведения радикальной обрезки, но при этом возникли проблемы: снижение прочности крепления ветвей к стволу – облом ветвей; «пушение»; низкая эстетичность растений за счет непропорциональности ствола и кроны; деревья стали опасными и аварийными.

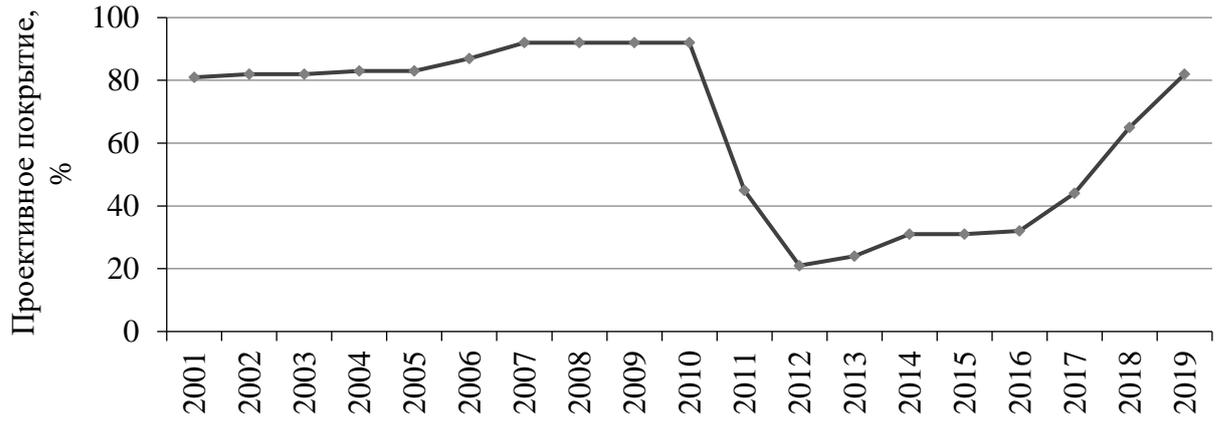
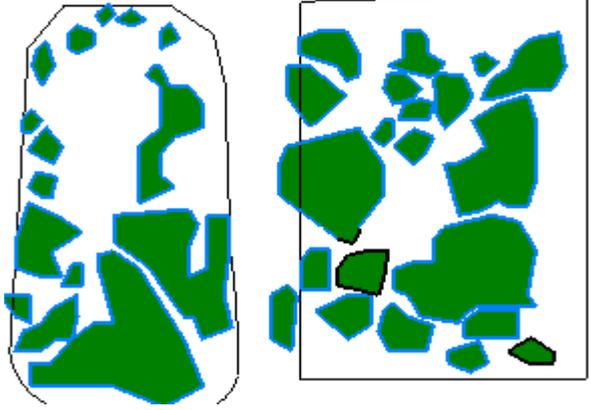
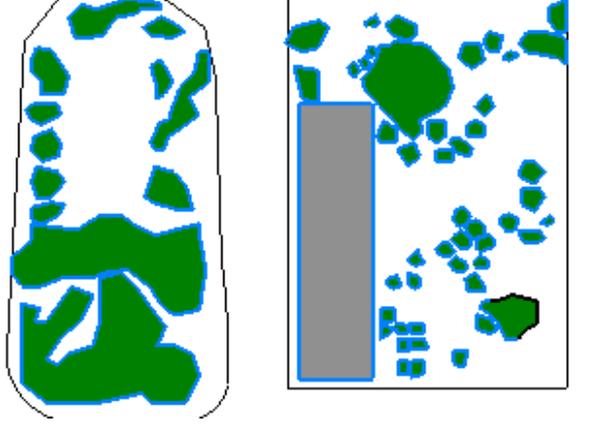
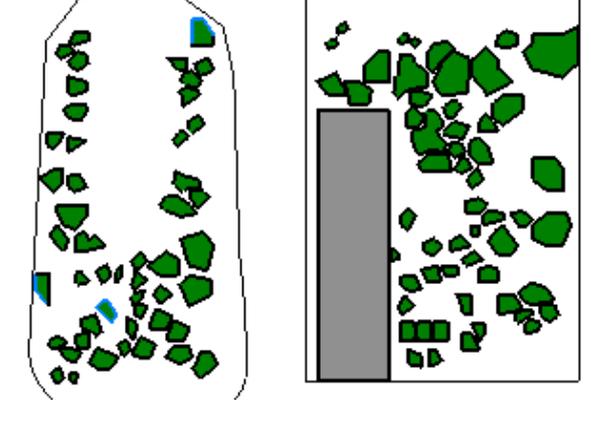


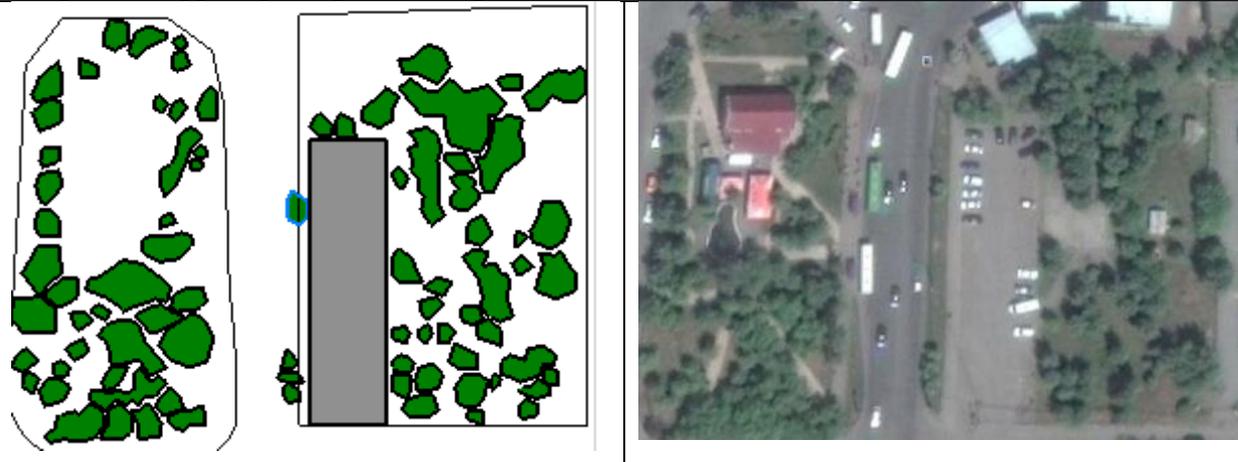
Рисунок 4.12 - Динамики проективного покрытия кронами деревьев в сквере «Автовокзал»

Таблица 4.11 – Графический анализ динамики проективного покрытия сквера «Автовокзал»

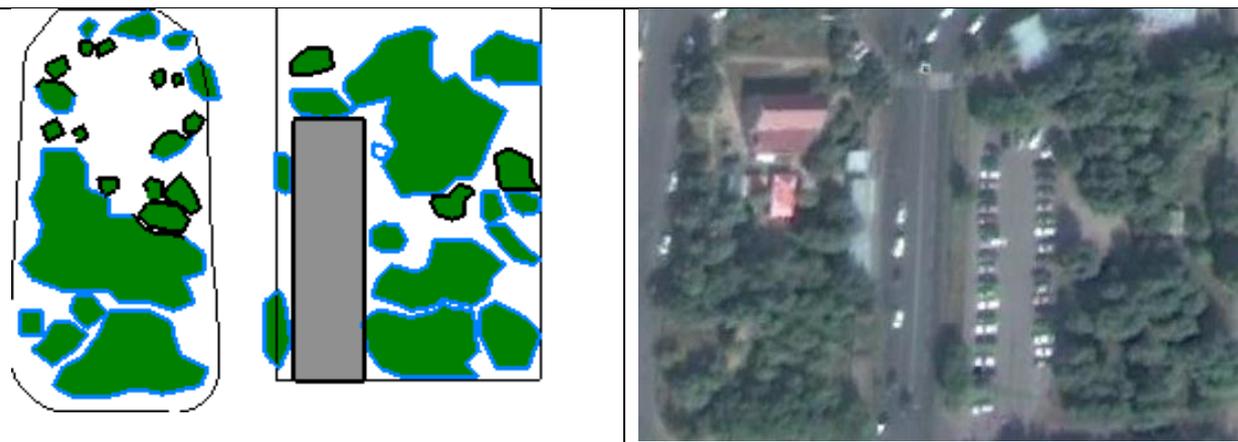
<p><b>2002 г.</b> Неблагоустроенный массив зеленых насаждений возле междугороднего автовокзала и «Красноярского авиационного технического колледжа гражданской авиации», состоящий на 95 % из тополя бальзамического и 5% клена ясенелистного. Проективное покрытие кронами деревьев территории составляет 81% (расчет только для правой части рисунка). Тополь бальзамический в средневозрастном генеративном состоянии.</p>	
<p><b>2007 г.</b> Состояние благоустройств массива – тоже, диаметры крон деревьев увеличиваются, проективное покрытие территории кронами деревьев составляет 92 % - максимальное для данного объекта.</p>	

	
<p><b>2011 г.</b> Начало благоустройства сквера, прокладываются дорожки с твердым покрытием (асфальт), удаляются деревья, проводится санитарная обрезка крон, устанавливаются павильоны, вокруг которых вытаптывается травянистая растительность, затеваются растения, уплотняется почва, площадь проективного покрытия территории кронами деревьев снижается до 45 %.</p>	
	
<p><b>2012 г.</b> Продолжение благоустройства сквера, создается автопарковка, которое занимает 21 % от всей территории сквера, что создает дополнительную загазованность, прокладываются дополнительные дорожки и площадка с твердым покрытием (брусчатка), удаляется еще часть деревьев, проводится «омолаживающая» обрезка крон (радикальная обрезка на «столб» высотой 5 м, устанавливаются павильоны, площадь проективного покрытия территории кронами деревьев минимальная - 21 %.</p>	
	

**2013 г.** После проведения омолаживающей обрезки 10% деревьев погибло, деревья удалены, проведена посадка кустарников (сирень венгерская) площадь проективного покрытия территории кронами деревьев минимальная - 24 %.



**2016 г.** Состояние растений стабилизируется, отпада нет, диаметры крон деревьев увеличиваются, площадь проективного покрытия территории кронами деревьев увеличивается - 32 %.



**2019 г.** Площадь озеленения сквера сократилась на 30 %, проективное покрытие, с учетом появившихся строений, парковок, дорожно-тропиночной сети с твердым покрытием, практически соответствует 2002 г. и составляет 82 % на оставшейся территории, диаметры кроны достигают значений 2002 г.

В 2019 г. проведено обследование состояния сквера «Автовокзал» и составлен экологический паспорт объекта озеленения, представленный в приложении Ж.

**Повторная радикальная обрезка лидирующих побегов на «столб».** Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования крон деревьев отодвигает решение проблемы качественного содержания тополей в городских условиях, к тому же она ускоряет процессы старения и усугубляет

состояние деревьев. «Ненадежное» крепление новых крупных лидирующих стволов приводит к слому ветвей или расщеплению кроны дерева, в результате дерево теряет значительный объем кроны, что провоцирует процесс развития грибковых заболеваний. При этом значительное количество тонких ветвей приводит к загущению кроны, сложности проведения ухода. Основными структурными дефектами, образовавшимися после обрезки на «столб», являются: «загущенная» крона с большим числом конкурирующих за свет побегов одного размера; отмершие участки ствола («пеньки»), которые являются источником и местом распространения гнилей; крона достигает размеров материнского растения, при этом эстетичность растений низкая, увеличивается опасность падения крупных стволов.

Решение данных проблем возможно либо за счет удаления растения (замена на молодое, более устойчивой к данным условиям произрастания), либо за счет длительной программы лечебных мероприятий с реконструктивной обрезкой кроны. При помощи формовочной обрезки, за счет удаления, уменьшения длины или изменения направления роста ветвей дерева можно добиться формирования кроны с лучшим расположением ветвей, значительно сократить сложный для дерева период восстановления кроны.

Однако, как показали результаты рекогносцировочного обследования, на практике у таких деревьев проводится дальнейшая радикальная обрезка на «столб» лидирующих стволов. На объектах озеленения города Красноярска наблюдается массовая повторная, трёхкратная и более радикальная обрезка лидирующих стволов на «столб» (рисунок 4.14).

Данные виды обрезки приводят к усугублению ситуации: так как потеря большей части фотосинтезирующего объема кроны приводит к сильному ослаблению дерева, что выражается в том, что 10–30% тополей усыхают в первый год после обрезки; поперечные срезы стволов неизбежно становятся источником распространения обширных очагов гнили; деревья ломаются ветром и падают, несмотря на понижение высоты; восстановление кроны

### Повторная радикальная обрезка лидирующих стволов на «столб»



7й год и старше

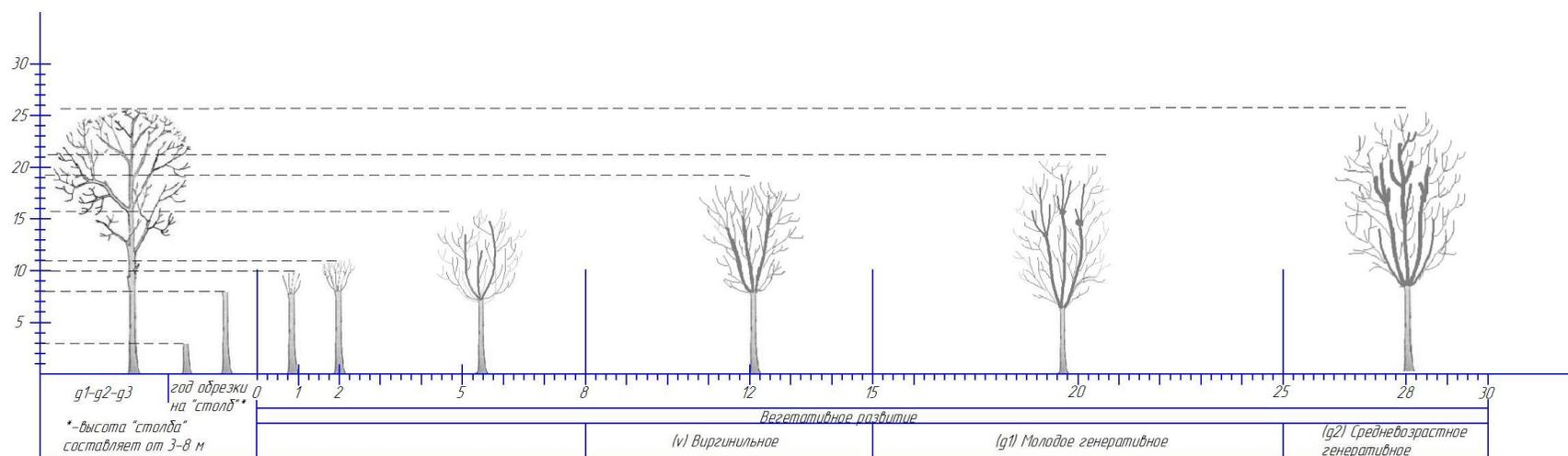


Рисунок 4.13 – Повторная радикальная обрезка новых лидирующих стволов на «столб»

### Трёхкратная (и более) радикальная обрезка новых лидирующих побегов на «столб»



15й год и старше

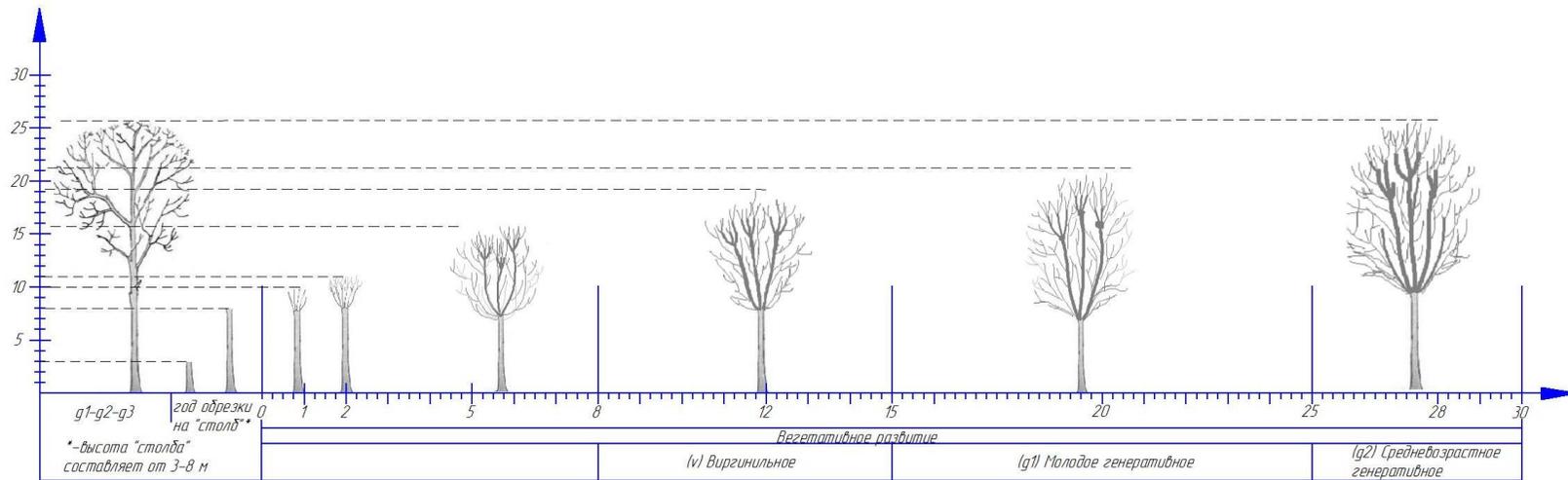


Рисунок 4.14 – Трёхкратная (и более) радикальная обрезка новых лидирующих побегов на «столб»

происходит за счет эпикормиальных побегов – тонких ветвей, развивающихся из спящих почек, дерево покрывается густой «щеткой» таких побегов, растущих вертикально вверх, в результате многие из таких ветвей со временем отламываются и падают, что еще сильнее увеличивает риски, связанные с деревом, и ухудшает его состояние; образуются многочисленные вершины из одной точки роста – «кластерное ветвление» – аварийно-опасные развилки со слабым креплением вершин, в результате их роста дерево быстро возвращается к исходной высоте. При этом в кроне возникают многочисленные дефекты, делающие дерево аварийно опасным, эстетически непривлекательным и восприимчивым к инфекционным болезням.

**Радикальная обрезка на «столб» с дальнейшим формированием кроны.** В 90-х годах началась массовая «омолаживающая» обрезка тополя бальзамического на первом этапе в основном на улицах и магистралях. При этом предполагалось ежегодная обрезка деревьев с целью создания и поддержания определенной эстетичной и безопасной формы кроны деревьев, предпочтительной для озеленения дорожно-пешеходной сети города. Основными критериями было создание безопасного пространства для транспорта и пешеходов: поднятие штамба – для удобного движения пешеходов по тротуарам; создание шарообразной формы – создание рядовых аллей для придания эстетичного вида на улицах и проспектах; снижение высоты деревьев для раскрытия фасадов архитектурных ансамблей и др. Последствия данного типа обрезки и сценарий роста деревьев тополя бальзамического после радикальной обрезки на «столб» с последующим формированием кроны представлены на рисунке 4.15.

Биометрические параметры тополя бальзамического после радикальной обрезки на «столб» без дальнейшего формирования кроны представлены в Приложении 3. Анализ биометрических параметров и влияние обрезки на биологическое и эстетическое состояние растений показал:

- диапазон диаметров стволов обрезанных деревьев составляет от 23 до 54 см, обрезанные растения находятся в молодом, средне- и старовозрастных генеративных состояниях;

- диапазон высоты «столба» дерева составляет от 2,5 до 5,5 м;

- так же, как и при обрезке деревьев на «столб», но без дальнейшего формирования кроны, на второй год происходит выделение лидирующих побегов, из которых развиваются скелетные ветви и, соответственно, они формируют скелетную часть кроны, количество которых составляет от 12 до 31 шт., на которых ежегодно нарастают годовые побеги в количестве от 125 до 155 шт.; прирост годовых побегов изменяется в зависимости от возраста дерева и условий произрастания – от 0,86 до 2,93 м;

- средний диаметр кроны деревьев формируют в пределах 4,0 – 6,0 м в зависимости от плотности посадки ряда, 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;

- деревья в процессе обрезки формируются в виде эллипсоида или шара, с оголенным стволом и выглядят как растения в штамбовой форме. В летнее время кроны обрезанных растений достаточно густые. В зимнее – их эстетичность значительно снижается за счет того, что: оголяется «обрубленный» ствол, часто со следами гнили; просматриваются толстые укороченные сучья, которые растут неравномерно; на стволах появляются новообразования неестественной для дерева формы, а при сильной ежегодной обрезке взрослого дерева с развитой корневой системой происходит постоянное увеличение данных наростов.

На улицах европейских городов используется прием обрезки поллардинг (глава 1) (некоторые его разновидности используются в исторических парках Шарлоттенбург, Сан-Суси, Германия; Во-ле-Виконт, Фонтенбло, Сен-Клу, Франция и др.), при котором растение уже в питомнике начинает формироваться с молодого возраста (виргинильного возрастного состояния), полученные утолщения после срезов ежегодных побегов

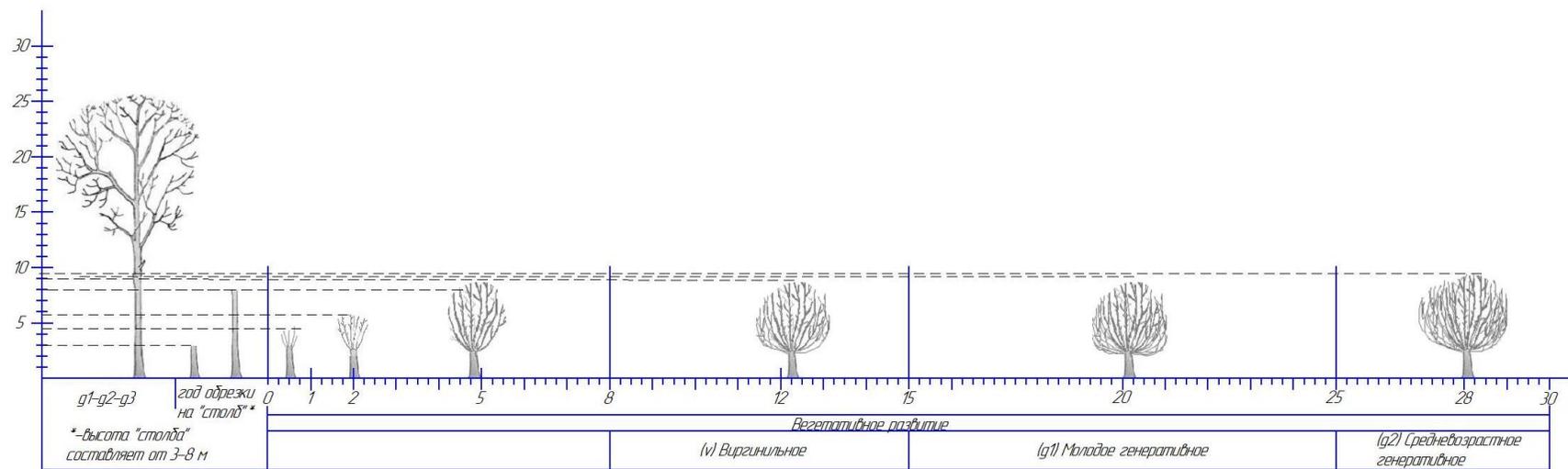


Рисунок 4.15 – Радикальная обрезка на «столб» с дальнейшим формированием кроны

приобретают буловидные утолщения, защищающие растения от образования гнилей, проникновения болезней и вредителей, а скелетные ветви фиксируются распорками для равномерного распределения в кроне. Таким образом, технологии обрезки могут либо придать растению эстетичность, либо значительно снизить ее;

- после обрезки растения приобретает геометрические очертания (шар, эллипсоид), эстетическое восприятие которого во многом зависит от структурных параметров объекта, которые можно оценить и на стадии проектирования объекта (или ухода за ним) задать значение параметров архитектоники растений с гармоничными пропорциями. Это можно проанализировать на основе закона золотого сечения: «отношение частей к целому равно отношению больших частей к малым, отношение целого к большим частям» (результат этих соотношений стремится к значению 1,618). [Васютинский, 1990; Николаевский, 2003; Хацкевич, 1987; Шестаков, 1973; Боров, 1988].

Архитектоника растений – это выражение закономерности пространственного расположения механической организации растения вместе со структурой и свойствами тканей и клеток для других функциональных целей, которые выполняются путем эффективного сопротивления механическим нагрузкам внешней среды [Словарь ботанических терминов, 1984].

Анализ архитектоники (проекция объемных фигур кроны и ствола на плоскости) деревьев тополя бальзамического после радикальной обрезки кроны на «столб» с дальнейшим ежегодным ее формированием (рисунок 4.16) показал: что геометрическая структура дерева состоит из штамба, скелетной части кроны и годичных побегов, параметры которых варьируют в значительных пределах; разброс значений составляет для: годичных побегов от 11 до 27% (0,9 - 2,9 м), диаметра скелетной части кроны – от 31 до 47% (3,1 – 4,25 м), наименьший разброс значений высоты штамба – 37 - 42% (2,5 - 5,3 м; так как он задается при обрезке и уже не зависит от условий произрастания).

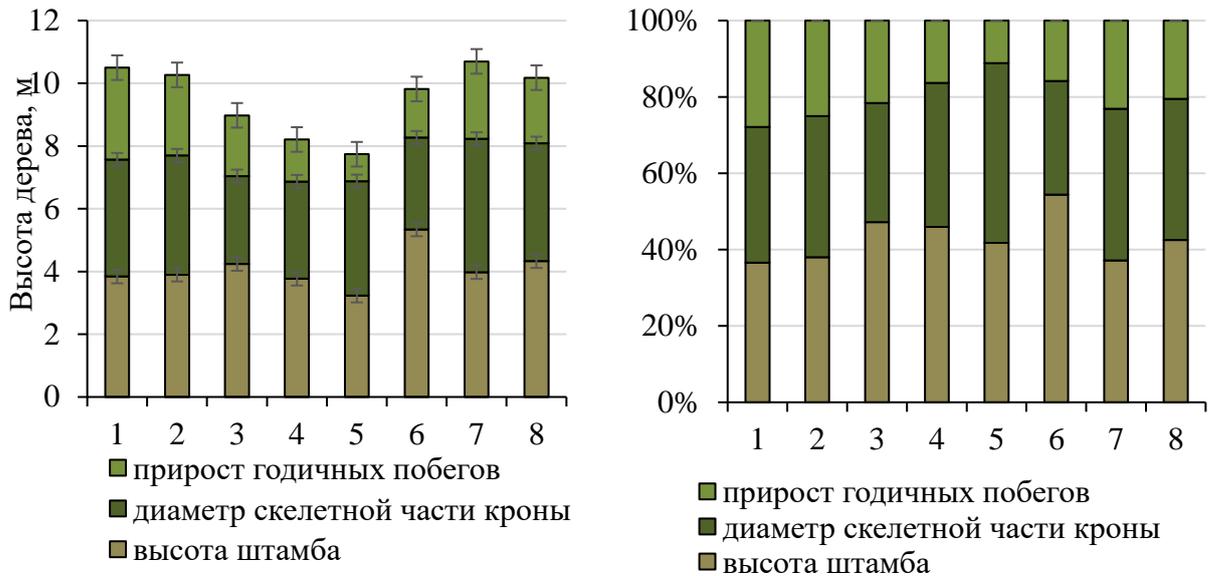


Рисунок 4.16 - Вертикальная структура тополя бальзамического на объектах озеленения г. Красноярска после радикальной обрезки на «столб» с дальнейшим формированием кроны

Деревья представляют целостную систему, их морфологическая структура развивается в пространстве в соответствии с условиями окружающей среды. Городская среда, помимо техногенных нагрузок, вносит и технологические коррективы в геометрическую структуру деревьев. Исследования пропорций вертикальной структуры тополя бальзамического (по закону «золотого сечения») позволяют судить об уровне гармоничности дерева как системы в целом. Обобщенные данные по насаждениям, в которых деревья тополя бальзамического подвергались радикальной обрезке на «столб» с дальнейшим формированием кроны, положены в основу анализа пропорций вертикальной структуры деревьев по закону «золотого сечения» (4.1), результаты анализа представлены в таблице 4.12.

$$A : B = B : C \rightarrow 1,618, \quad (4.1)$$

где  $A$  - высота дерева,

$B$  - сумма диаметра скелетной части кроны и длины прироста годичного побега,

$C$  - высота штамба.

Таблица 4.12 – Результаты анализа пропорций вертикальной структуры деревьев тополя бальзамического и их отклонений от золотых пропорций

Золотые пропорции	Номер насаждения							
	1	2	3	4	5	6	7	8
А : Б	1,58	1,61	1,89	1,85	1,72	2,19	1,59	1,74
% отклонения	2,6	0,4	17,1	14,3	6,0	35,5	1,6	7,5
Б : С	1,73	1,63	1,12	1,18	1,40	0,84	1,69	1,35
% отклонения	7,2	0,9	30,9	27,2	13,7	48,2	4,4	16,5

Древесные растения, пропорции которых в значительной степени отклоняются от «золотых», воспринимаются менее эстетично, ухудшают внешний вид окружающего пространства, воздействуют эмоционально угнетающе. Результаты анализа отклонений значений пропорций от эстетических критериев составляют: для дерева в целом – от 0,6 до 35 %, для отдельных структурных элементов (штамб и крона) – от 0,9 до 30,9 %. Полученные результаты подтверждают визуальные эмоциональные оценки жителей о неэстетичности зелёных насаждений в городе.

Установлено, что наиболее гармоничными из обследованных являются деревья в насаждениях, расположенных в центральной части города (обрезка проводится специалистами МП «Управление зеленого строительства»), менее эстетичными – насаждения в промышленной зоне города (возле автомойки, вероятно, обрезку ведут не профессионалы, сотрудники автомойки) (рисунок 4.17). Необходимо отметить, что при эстетической оценке, помимо геометрических размеров, важно учитывать и другие характеристики: соответствие растений видовой характеристике, цвет, густота, форма кроны, размер и расположение сучьев, состояние коры (цвет, наличие трещин, их глубина) и др. [Методика инвентаризации, 1997; Методических рекомендаций, 2003; Постановление Правительства, 2017; Приказа Госстроя, 1999; Постановления, 2021].



№2



№6

Рисунок 4.17 – Внешний облик обследованных насаждений

Таким образом, в основу оценки гармоничности деревьев, а также при выполнении работ по обрезке, при проектировании «стриженных» насаждений должны быть положены количественные (расчетные) значения структурных (геометрических) параметров, объективно характеризующих эстетичность объектов. На основании этого нами рассчитаны геометрические параметры скелетной части кроны и, соответственно, высоты деревьев с определенной высотой штамба и средними значениями прироста годичных побегов, установленными в ходе исследования, на основе правила «золотой пропорции» (таблица 4.13).

Полученные данные 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 следует удалить. Декоративная обрезка древесных растений в соответствии с «золотыми пропорциями» - один из способов улучшения декоративной визуальной эстетики городской среды.

Таблица 4.13 - Геометрические параметры деревьев, рассчитанных на основе правила «золотой пропорции»

Задаваемые структурные (геометрические) параметры габитуса дерева							
Высота штамба, м	<i>C</i>	1	2	3	4	5	6
Средний прирост годовичного побега, м	<i>S</i>	1,0	1,2	1,8	1,8	1,8	1,8
Расчётные структурные (геометрические) параметры габитуса дерева							
Высота кроны, м	<i>B</i>	1,62	3,24	4,9	6,48	8,1	9,72
Высота дерева, м	<i>A</i>	2,6	5,2	7,9	10,5	13,1	15,7
Диаметр скелетной части кроны, м	<i>X</i>	<b>0,62</b>	<b>2,04</b>	<b>3,1</b>	<b>4,68</b>	<b>6,3</b>	<b>7,92</b>
Проверочные критерии по правилу «золотого сечения»							
<i>A : B</i>		1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62
<i>B : C</i>		1,62	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62
<i>Примечание:</i> <i>B</i> - размер высоты кроны (м) рассчитывается по правилу «золотого сечения», состоит из значений длины прироста годовичных побегов и диаметра скелетной части кроны; <i>A</i> - высота дерева – рассчитывается как сумма высоты штамба <i>C</i> и высоты кроны <i>B</i> ; <i>X</i> - диаметр скелетной части кроны (на данный размер производится обрезка кроны) - рассчитывается как разность высота кроны <i>B</i> и длины прирост годовичного побега <i>S</i> – при расчете данного показателя возможна корректировка, связанная с длиной годовичного побега.							

**Омолаживающая обрезка на «пень» без дальнейшего формирования кроны.** Данный вид обрезки является официально закрепленным видом обрезки в нормативно-правовых документах – ГОСТ 89; Приказ Госстроя. «К омолаживающей обрезке относится и прием «посадки на пень», когда дерево спиливается до основания и остается лишь пень. Образовавшуюся поросль следует проредить и сформировать одно- или многоствольное растение» [Приказ, 1999]. При этом данный вид обрезки практически не используется в городском озеленении Красноярска. Нами проведено исследование восстановления деревьев тополя бальзамического после проведения спила на пень (немногочисленные растения по городу Красноярску) (рисунок 4.18).

Данные процедуры на городских объектах озеленения проводятся в основном не для омоложения растений, а скорее для удаления крупных деревьев. Оставшиеся пни чаще засыпают землей и рядом высаживают новые растения, либо выкорчёвывают или удаляют фрезой, раздробляющей пень на глубину 20–30 см от поверхности земли (значительно реже).

**Омолаживающая обрезка на «пень» без дальнейшего формирования кроны**

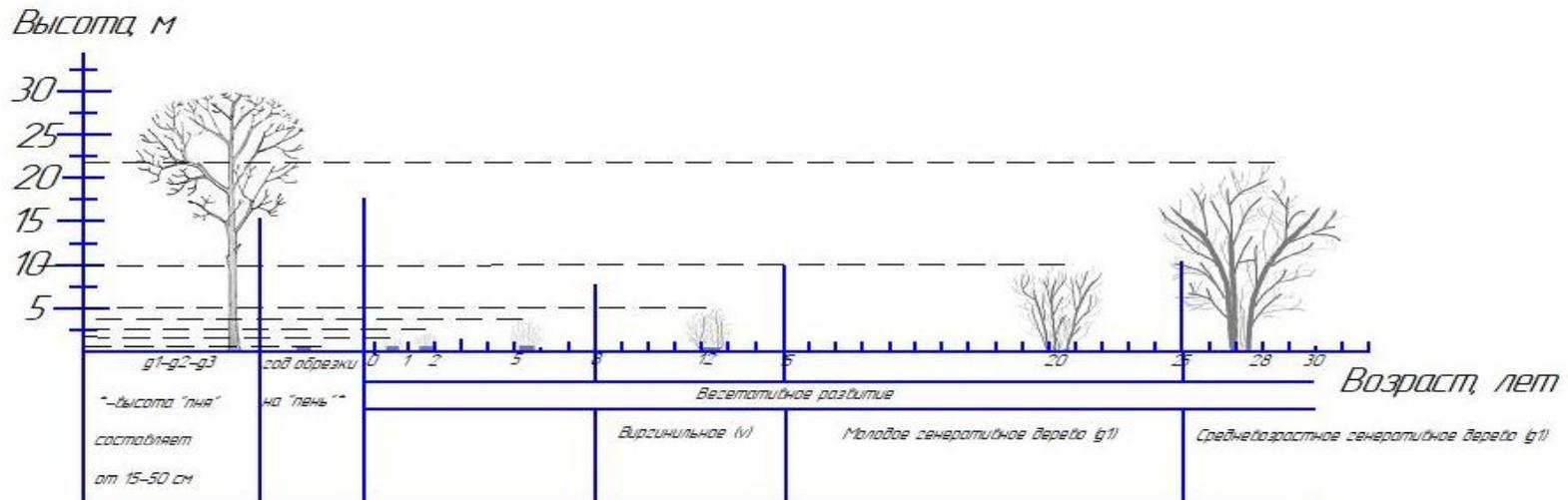


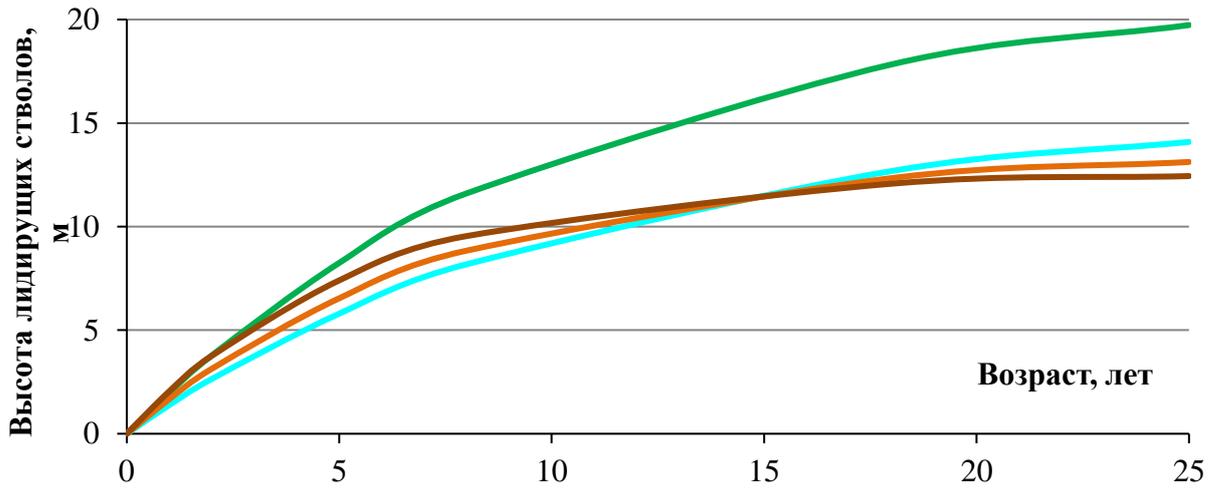
Рисунок 4.18 – Омолаживающая обрезка на «пень» без дальнейшего формирования кроны

Оставшиеся немногочисленные пни дают поросль и самопроизвольно развиваются – процесс аналогичен развитию растений при радикальной обрезке на «столб», важная разница в том, что восстановление растения происходит практически на уровне земли – на 5 – 20 см выше. Средние значения биометрических параметров тополя бальзамического после омолаживающей обрезки на «пень» без дальнейшего формирования кроны представлены в Приложении И, динамика биометрических показателей – на рисунке 4.19, коэффициенты и параметры уравнений – в таблице 4.14.

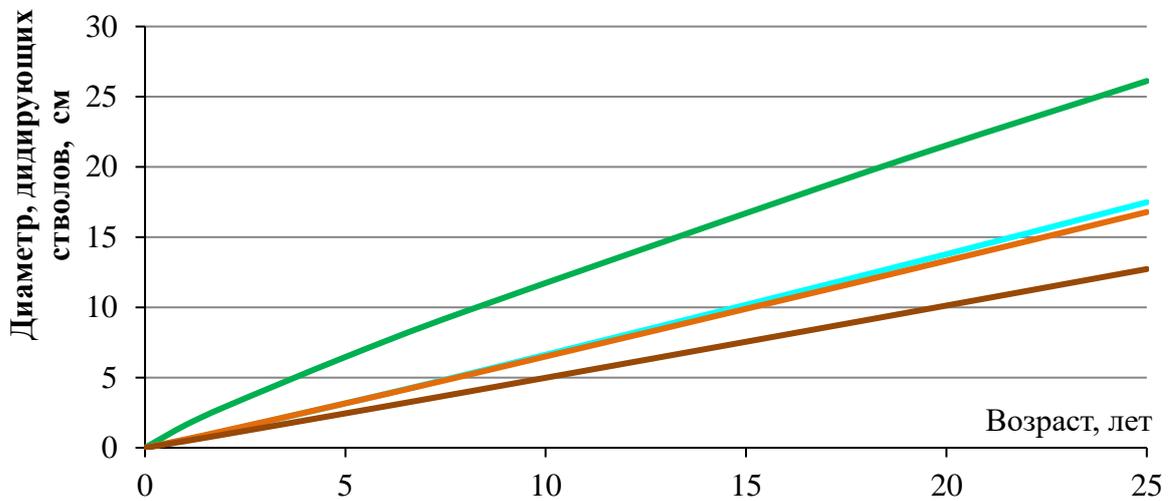
Таблица 4.14 - Коэффициенты уравнения и критерии оценки уравнений, описывающих рост лидирующих стволов после омолаживающей обрезки на «пень» тополя бальзамического

Тип условий произрастания	Коэффициенты уравнения			Критерии оценки	
	Рост по высоте				
	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$R^2$	$SE$
Удовлетворительный	21,728	12,620	1,205	0,996	0,80
Напряженный	15,630	11,741	1,088	0,990	1,95
Конфликтный	13,643	9,862	1,287	0,990	1,67
Критический	12,590	8,887	1,576	0,981	1,70
Рост по диаметру ствола					
	$b_1$	$b_2$		$R^2$	$SE$
Удовлетворительный	1,599	0,867		0,974	15,95
Напряженный	0,573	1,061		0,971	7,07
Конфликтный	0,595	1,037		0,941	15,31
Критический	0,471	1,023		0,987	1,41
Рост по диаметру кроны					
	$b_1$	$b_2$		$R^2$	$SE$
Удовлетворительный	1,434	0,730		0,976	2,60
Напряженный	0,822	0,867		0,972	1,99
Конфликтный	0,746	0,872		0,983	1,12
Критический	0,825	0,794		0,989	0,58

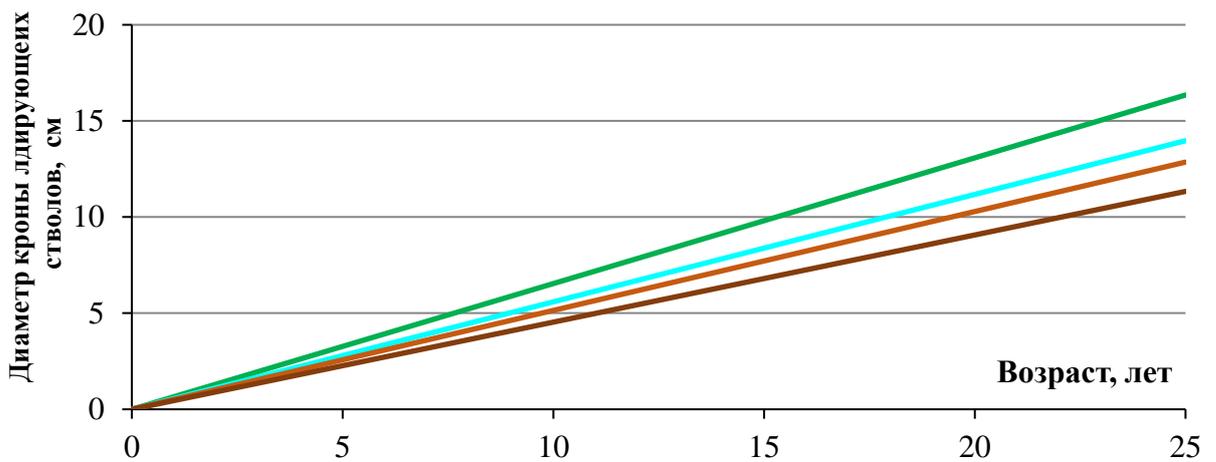
$R^2$  – коэффициент детерминации,  $SE$  – стандартная ошибка



Рост лидирующих стволов по высоте после омолаживающей обрезки на «пень»



Рост лидирующих стволов по диаметру после омолаживающей обрезке на «пень»



Рост лидирующих стволов по диаметру кроны после радикальной обрезки на «пень»

Тип условий произрастания: — удовлетворительный  
 — напряженный — конфликтный — критический

Рисунок 4.19 – Динамика биометрических показателей лидирующих стволов тополя бальзамического в различных экологических условиях г. Красноярск

В ходе анализа результатов исследования состояния деревьев тополя бальзамического после проведения омолаживающей обрезки на «пень» без дальнейшего формирования кроны на объектах озеленения г. Красноярска установлено:

- 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 – 3 шт.;

- установлено, что рост лидирующих стволов по высоте, так же, как и основных, достоверно описывается уравнением Митчерлиха (2.2), по диаметру ствола – степенной функцией и диаметру кроны – линейной, критерии оценки уравнений подтверждают адекватность выбранных методов (таблица 4.14);

- диаметр пней составляет от 5,3 до 48 см, что говорит об удалении растений от виргинильного до средневозрастного генеративного состояния, растения восстанавливают крону порослевыми побегами от корневой шейки или пня;

- 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, что отвечает требованиям точности группировки рядов; к 25-летнему возрасту амплитуда по высоте между лидирующими стволами, произрастающими в удовлетворительных и критических условиях, составляет 7,3 м, что сопоставимо с аналогичными с данными при радикальной обрезке на «столб»; по диаметру кроны нет дифференциации на отдельные ряды роста, разница между рядами роста составляет менее 7%.

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 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 замены получить обновленное растение на том же месте, при этом, в отличие от радикальной обрезки на «столб», растение менее травмоопасное, так как его высота значительно снижена, механические воздействия при обследовании показали, что лидирующие стволы достаточно устойчивы, уход за данными растениями упрощается – снижаются временные и экономические затраты за счет того, что нет необходимости использовать технику для высотных работ. При этом необходимо соблюдать определенные технологические операции: в первый год после обрезки к осени образуются мощные побеги, на следующий год до начала сокодвижения необходимо их удалить (также при необходимости удалить прикорневую поросль), оставив до 9 – 11 побегов, подобные процедуры необходимо совмещать с подкормками, далее формировать растение с заданным количеством стволов.

### **Выводы по главе**

1. Рост и развитие городских насаждений происходит по определенному плану, в котором особым фактором выступает 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».

2. Анализ состояния кроны деревьев тополя бальзамического на территории Красноярска, значительно или не принципиально 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.

3. Исследование особенностей роста деревьев тополя бальзамического, произрастающих в урбосреде, позволит в значительной степени прогнозировать динамику объемно-пространственной структуры отдельных деревьев, так и городских насаждений в целом. Полученные результаты позволили составить ряды хода роста тополя бальзамического, произрастающего в естественной форме роста, с учетом условий произрастания в урбосреде Красноярска.

4. При проведении исследований на территории г. Красноярска выявлены крупные экземпляры тополя бальзамического, произрастающие в естественной форме роста, старовозрастном генеративном возрастном состоянии. Инструментальная оценка состояния данного экземпляра 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. 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.

5. 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; в первый вегетационный период после

обрезки по «столбу» просыпается от 80 до 180 почек; через 9–12 лет лидирующие стволы вступают в генеративное возрастное состояние, начинают плодоносить, вновь возвращается проблема «тополиного пуха»; прослеживается влияние антропогенной нагрузки на рост лидирующих стволов.

6. 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.

7. Массовая радикальная обрезка на «столб» с дальнейшим формированием кроны бальзамического началась на улицах и магистралях с целью создания и поддержания эстетичной и безопасной формы кроны деревьев для транспорта и пешеходов, 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, их эстетичность значительно снижается из-за полной просматриваемости последствий обрезки на «столб». Таким образом, технологии обрезки определяют на эстетичность растений.

8. Исследования пропорций вертикальной структуры тополя бальзамического по правилу «золотого сечения» позволяют судить об уровне гармоничности дерева как системы в целом, полученные результаты подтверждают визуальные эмоциональные оценки жителей о неэстетичности

внешнего вида зелёных насаждений в городе. Геометрические параметры скелетной части кроны и высоты деревьев с учетом размеров штамба, установленные в ходе исследований, положены в основу расчёта структурных параметров архитектуры растений с гармоничными пропорциями, повышающие эстетичность растений, разработаны научно-обоснованные рекомендации по их использованию в городских насаждениях.

9. 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.

10. Габитус дерева (форма и размер) является важным критерием оценки состояния отдельных деревьев и насаждений в целом, поэтому при обосновании защитного и декоративного назначения насаждений, выборе пород деревьев при проектировании объектов озеленения и способов ухода за ними необходимо учитывать результаты исследований состояния крон в сформировавшихся городских насаждениях с различными пространственными условиями и антропогенными воздействиями.

## 5 ФОРМИРОВАНИЕ СРЕДОЗАЩИТНЫХ НАСАЖДЕНИЙ С УЧАСТИЕМ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО

### 5.1 Основные принципы формирования средозащитных насаждений

Объекты городского озеленения различного функционального назначения под воздействием техногенных нагрузок испытывают различную степень депрессии, что значительно снижает их потенциал оздоровления и оптимизации окружающей среды. В последнее время значительно возросло количество дискомфортных объектов озеленения, на которых такие факторы, как загазованность и запыленность воздушной среды, шум, ветровой режим, превышают нормативные значения санитарных норм, что противоречит их использованию по основному назначению как тихий отдых для взрослых и активный отдых детей, что подчеркивает актуальность разработки элементов средозащитного озеленения с целью повышения уровня качества урбосреды.

Рекогносцировочный анализ парков и скверов г. Красноярска показал, что практически все городские объекты озеленения общего пользования созданы на основе искусственных насаждений (кроме Центрального парка им. М. Горького), возраст которых составляет либо до 25 лет (молодые посадки нескольких последних лет) более разнообразного ассортимента (около 25%), либо от 50–70 лет – 75% от общего состава (посадки советского периода), в значительной степени из клена ясенелистного, тополя бальзамического, караганы древовидной, сирени венгерской. Бедность ассортимента, несоответствие пространственной структуры, необоснованность биологических сочетаний приводит к преждевременной деградации насаждений и потере ценности данных объектов с точки зрения рекреации и оздоровления окружающей среды [Авдеева, 2023].

Средозащитные и эстетические качества растений динамичны, что связано с возрастным и сезонным развитием растений. На основании этого, декоративные качества растений необходимо использовать с учетом

биологических особенностей растений и условиями городской среды. Важнейшими свойствами древесных растений, которые необходимо учитывать при проектировании объектов озеленения, являются потенциальные размеры, быстрота роста и долговечность.

Особенности ландшафтных композиций заключаются в том, что они находятся в постоянном развитии. На основании этого важно оценивать декоративный и средозащитный эффект ландшафтного объекта в разные периоды его развития. В качестве примера на рисунке 5.1 по литературным данным представлена объемно-пространственная динамика развития тополя бальзамического во временном аспекте [Ерохина, 1987]. Учитывая динамику роста деревьев, ландшафтная композиция должна быть «спроектирована» на основе сочетания деревьев и кустарников со схожими биологическими ритмами роста и эстетически согласованных по форме, структуре и цвету.

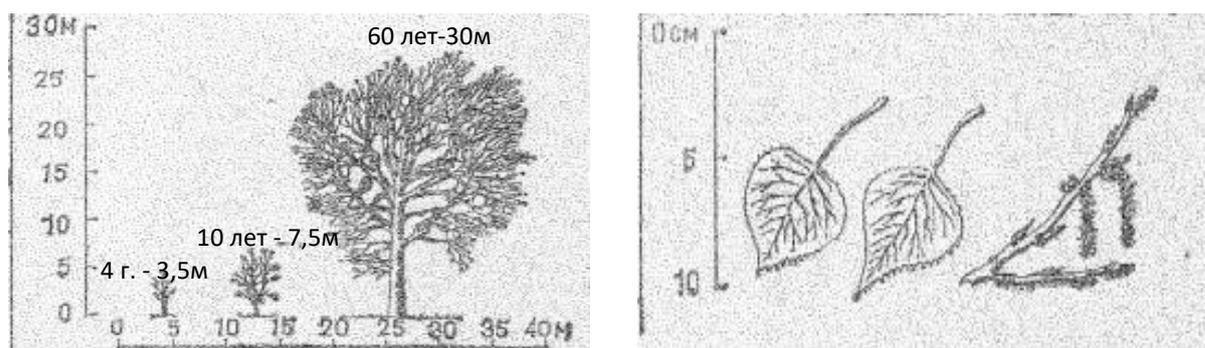


Рисунок 5.1 - Динамика роста и развития тополя бальзамического [Ерохина, 1987]

Средозащитное озеленение должно выступать как полноценный композиционный элемент системы городского озеленения, обладающий способностью эффективного регулирования экологических показателей урбанизированной среды, таких как ветро-, пыле-, газо-, шумозащита, а также повышение композиционно-эстетических качеств городских пространств [Волынкин, Черникова, 2017]. Исследования влияния элементов озеленения показали, что общих закономерностей в снижении факторов дискомфорта природной и антропогенной среды (ветер, шум, пыль, загазованность) не выявлено [Городков, 2013]. На основании этого предлагается принимать

решения о создании средозащитных элементов озеленения с эффективно работающей планировочной конструкцией в системе «источник дискомфорта – защищаемый объект», который определяется доминирующим фактором загрязнения среды [Городков, 2013]. Таким образом, для определенной зоны города необходимо выявить основной фактор дискомфорта и обосновать структурно-биометрические параметры конструкции средозащитного озеленения.

В таблице 5.1 представлены структурные параметры зеленых насаждений и биометрические характеристики древесных растений, влияющие на снижение фактора дискомфорта. Степень вклада каждого параметра на определенный фактор дискомфорта различна: от «++» - безусловного влияния до «-» - отсутствия влияния, с промежуточными значениями параметров «+» - показатель, снижающий дискомфортный фактор, и «±» - параметр, влияющий незначительно. Таким образом, в зависимости от доминантного фактора дискомфорта формирование средозащитного насаждения должно выполняться с максимальным учетом структурных параметров, биометрии, аллелопатии и других экологических свойств древесных растений [Городков, 2013].

Как установлено в ходе исследований (глава 3), для г. Красноярска основными факторами дискомфорта для жителей города и произрастания растений являются загазованность и запыленность городских пространств от промышленных предприятий и автотранспорта. При этом выбор рационального планировочного решения типа средозащитного озеленения должен опираться на структурные параметры зеленых насаждений и биометрические характеристики видов, вносящих основной вклад в оптимизацию среды, направленный на снижение фактора дискомфорта.

Таблица 5.1 - Структурные параметры зеленых насаждений и биометрические характеристики древесных растений, влияющие на снижение фактора дискомфорта [Городков, 2013]

Фактор дискомфорта	Защита подкоронового пространства	Ярусность полос	Фитонасыщенность кроны	Высота	Форма поперечного сечения	Наличие кустарникового яруса	
Загазованность	++	+	++	+	-	++	
Запыленность	+	±	++		-	+	
Фактор дискомфорта	Ширина полос	Фронтальная плотность фитомассы	Конфигурация фронтальной плоскости	Сомкнутость основных пород	Тип посадки		
					рядовая	шахматная	свободная
Загазованность	++	±	±	++	±	±	±
Запыленность	-	±	-	++	±	±	±
Фактор дискомфорта	Напочвенный растительный покров	Наличие подроста	Особенности морфологии листовой пластинки	Свойства древесной коры	Физико-механические характеристики почв		
Загазованность	±	±	-	-	+		
Запыленность	-	-	+	-	+		

Однако в условиях городской среды наблюдается комплекс дискомфортных факторов, соответственно, необходимо формировать зеленые насаждения, обладающие комплексным характером защитного действия. Принципиальная схема объемно-пространственных решений элементов комплексного природоохранного ландшафта представлена на рисунке 5.2. Объемно-пространственное решение (структура, конструкция и параметры) комплексного средозащитного элемента озеленения представляет собой ландшафтную композицию, образованную многоярусным размещением

древесных и травянистых видов, обеспечивающих сомкнутую плотную конструкцию насаждения.



Основные ярусы средозащитного озеленения:

I - первый ярус – *доминантный вид* - деревья первой величины – улучшение почвенно-климатических условий на объекте,

II - второй ярус - деревья первой и второй группы – улучшение почвенно-климатических условий на объекте,

III - третий ярус - многоствольные деревья, высокие кустарники – защита внутреннего пространства от перепадов температур, потери влаги, влияния сильных ветров (эффект опушки),

IV - четвертый ярус – средние кустарники – защита внутреннего пространства от перепадов температур, потери влаги, влияния сильных ветров (эффект опушки),

V - пятый ярус – низкие кустарники (кустарнички), папоротники, многолетние травянистые растения,

VI - шестой ярус - травянистые растения, почвопокровные – защита почвы от эрозии, чрезмерного испарения влаги, перегрева, переохлаждения

Рисунок 5.2 - Принципиальная схема объемно-пространственного решения элемента комплексного средозащитного озеленения

Важным элементом конструкции комплексного средозащитного элемента озеленения является «ядро», которое формируется основными (доминантными) древесными видами, обладающими определенными экологическими свойствами, такими как быстрый рост, крупные размеры, подверженность формовке, устойчивость к загрязнению воздуха, огромная масса их листьев поглощает из воздуха значительное количество токсичных компонентов, частично очищая его от вредных примесей, а также минимальные сроки введения в эксплуатацию, связанные с началом эффективной защитной «работы».

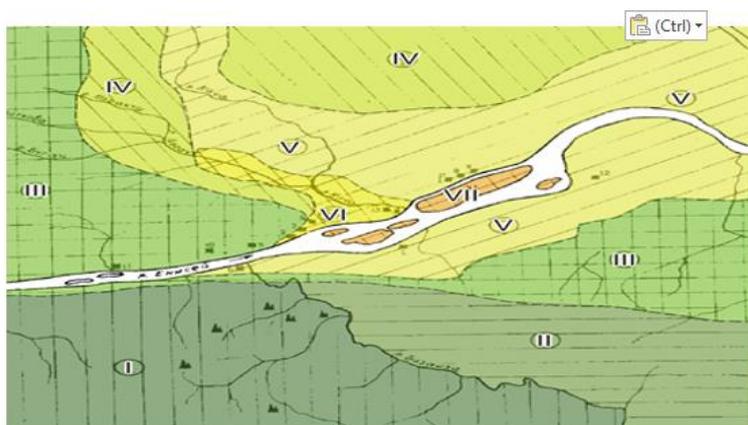
## **5.2 Формирование средозащитных элементов с участием тополя бальзамического**

Как отмечено в главе 2, тополь бальзамический – дерево первой величины – является незаменимой породой для создания насаждений специального назначения, т. е. важным элементом средозащитного озеленения, создаваемого в определённой функциональной зоне города, он должен занимать особое место в объёмно-пространственной структуре, а именно формировать «ядро» элемента средозащитного озеленения. При этом ландшафтные условия местности (районы или функциональные зоны города) предопределяют доминантный вид «ядра» элемента озеленения.

Город Красноярск и его окрестности разнообразны в ландшафном плане. Северо-западная часть расположена на предгорной равнине Красноярской лесостепи. Этот природный регион находится на стыке равнин Западной Сибири и предгорной равнины Восточного Саяна. По его восточной окраине протекает долина реки Енисей, где расположены девять террас, находящихся в разном состоянии сохранности [Кириллов, 1988; Авдеева, 2020]. Часть территории города расположена на Среднесибирском плоскогорье, южная часть города входит в природную зону Алтае-Саянских

гор и горных впадин, состоящую из плоских плато и хребтов [Средняя Сибирь, 1964].

Бассейн реки Енисей играет важную роль в формировании ландшафта Красноярска, представляет переходный ландшафтный пояс. Правый и левый берега долины не одинаковы по ширине. На правом берегу ширина изменяется от 1 км у ручья Лалетина до 6–8 км у слияния с р. Березовка. На левом берегу долина значительно шире – от 6 до 8 км в месте впадения в город реки Кача и к северу от города. В окрестностях Красноярска выделяется семь надпойменных речных террас. Разнообразие форм рельефа и геологических структур, наличие водоемов и растительности, то есть природно-генетические особенности территории, определяют различные типы природных ландшафтов (рисунок 5.3) [Кириллов, 1977; 1988].



Ландшафт горной темнохвойной тайги Куйсумских гор – I, ландшафт светлохвойной тайги Торгашинского хребта – II, ландшафт подтайги – III, ландшафт северной лесостепи – IV, ландшафт южной лесостепи – V, ландшафт степи – VI, ландшафт поймы реки – VII

Рисунок 5.3 – Схема ландшафтного районирования территории города Красноярска и его окружения (Кириллов, 1977)

В целом климатические особенности города Красноярска и его пригородов определяются его расположением в умеренном климатическом поясе с ярко выраженным континентальным характером [Климат, 1982]. Растительность региона формируется под влиянием структурных и климатических особенностей ландшафта и подразделяется на три зоны: таежные леса, подтаежные леса и лесостепные экосистемы. Для того, чтобы полностью использовать потенциал древесной растительности в городских насаждениях, необходимо учитывать, насколько климатические ресурсы

территории соответствуют требованиям растительности. Установленная связь между морфологическими характеристиками древесных растений и оценкой ресурсов окружающей среды будет способствовать внедрению наиболее приспособленных к местным условиям древесных пород для озеленения городов и выбору соответствующих методов по уходу за насаждениями [Пузаченко, 1981].

Средозащитные насаждения формируются «ядрами» – доминантными растениями, способными изменять пространство и влиять на рост рядом растущих растений, поэтому необходимо подбирать виды, которые могут развиваться в сложившемся микроклимате. Для города Красноярска по экологической и ландшафтной значимости, адаптации к условиям городской среды и степени устойчивости к вредителям и болезням растения с учетом доминантных растений разработаны следующие ландшафтные кластеры: сосновый, еловый, лиственничный, березовый, липовый, тополевый, ивовый [Авдеева, 2023], что позволяет создавать ландшафтные композиции в определенных городских условиях, с учетом уровня технической нагрузки. В таблице 5.2 представлено место тополевого кластера в ландшафтной структуре г. Красноярска (в соответствии с рисунком 5.3).

Таблица 5.2 - Место тополевого ландшафтного кластера в ландшафтной структуре г. Красноярска

Ландшафтный кластер	Ландшафтное районирование территории г. Красноярска и его зеленой зоны [Кириллов, 1977, 1988; Авдеева, 2022]						
	I темно- хвойная тайги	II светлохвойная тайга	III подтайга	IV южная лесостепь	V северная лесостепь	VI степь	VII пойма реки
Топольный	±	±	±	+	+	+	+

**Топольный кластер** формируют элементы средозащитного озеленения, в составе которых в качестве доминантных растений являются различные виды рода Тополь. Тополь бальзамический достаточно декоративное дерево, которое используется в зеленом строительстве для создания аллей, озеленения дорог и улиц, при этом рекомендуется использовать мужские экземпляры с

целью исключить образования «пуха» на городских территориях. За счет быстрого роста тополь обладает высокой продуктивностью [Коропачинский, 2014]. Тополь является незаменимой породой для создания насаждений специального назначения, так как имеет ряд положительных качеств, таких как быстрый рост, подверженность формовке, устойчивость к загрязнению воздуха. Фитомасса растений поглощает из атмосферы токсичные элементы, частично очищая от вредных примесей [Казанцева, 2009]. Создание насаждений чистых тополевых групп позволяет получить средозащитный и декоративный эффект за сравнительно короткий срок.

Городские насаждения должны создавать объемную и пространственную структуру в соответствии с потенциалом роста каждой породы деревьев в определенных условиях окружающей среды, что позволит создавать высокодекоративные насаждения с высокими защитными свойствами. Подбор сопутствующих видов должен проводиться в соответствии с принципами компоновки растений: экологический – основан на учете условий среды произрастания; типологический – учитывает возможность совместного произрастания различных видов растений; систематический – в одной композиции используют различные виды растений одного и того же рода; физиономический – сочетание внешних данных растений с учетом декоративных свойств растений, сезонной и возрастной динамики развития [Бабич, 2008; Дубовицкая, 2015].

Виды рода Тополь обладают следующими биологическими и экологическими свойствами: мезофиты (растения засушливых местообитаний), олиготрофы (малотребовательные к питательным веществам), гелиофиты (светолюбивые), класс морозостойкости – 1–3 [Коропачинский, 2014]. На основании анализа экологических свойств изучаемого вида подобраны содоминантные и сопутствующие виды растений для каждого из шести ярусов комплексного средозащитного озеленения в соответствии с принципиальной схемой его объемно-пространственной структуры, представленной на рисунке 5.2. В результате подобраны виды

растений, которые соответствуют всем типам условий произрастания в городской среде Красноярска: от удовлетворительного до критического.

Основной видовой состав тополевого кластера для создания ландшафтных средозащитных композиций на объектах озеленения г. Красноярска:

**Первый ярус – доминантный вид** – деревья первой величины – улучшение почвенно-климатических условий на объекте, притенение для других растений:

1. Тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.)
2. Тополь белый (*Populus alba* L.)
3. Тополь лавролистный (*Populus laurifolia* Ledeb.)
4. Ива белая, ф. шаровидна (*Salix alba* L.)

**Второй ярус – содоминантный вид** – деревья первой и второй группы – улучшение почвенно-климатических условий на объекте, притенение для других растений:

5. Вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.)
6. Черемуха обыкновенная (*Prunus padus* L.,)
7. Черемуха виргинская (*Prunus cordata* L.)
8. Ива белая, ф. шаровидна (*Salix alba* L.)
9. Ива козья (*Salix caprea* L.)

**Третий ярус** – многоствольные деревья, высокие кустарники – защита внутреннего пространства от перепадов температур, потери влаги, влияния сильных ветров (эффект опушки):

10. Клён татарский (*Acer tataricum* L.)
11. Клён приречный, гиннала (*Acer tataricum sudsp.*)
12. Боярышник кроваво-красный, сибирский (*Crataegus sanguinea* L.)
13. Бузина сибирская (*Sambucus racemosa* L.)
14. Сирень венгерская (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb.)

**Четвертый ярус** – средние кустарники – защита внутреннего пространства от перепадов температур, потери влаги, влияния сильных ветров (эффект опушки):

15. Арония Мичурина (*Aronia mitschurinii*)
16. Дёрен белый (*Cornus alba*)
17. Жимолость татарская (*Lonicera tatarica* L.)
18. Ирга колосистая (*Amelanchier spicata* K.)
19. Карагана древовидная (*Caragana arborescens*)
20. Кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus* Schldt.)
21. Лапчатка кустарниковая (*Potentilla fruticosa*)
22. Лох серебристый (*Elaeagnus commutata* Bernh. ex Rydb.)
23. Миндаль низкий (*Prunus tenella* Batsch)
24. Смородина золотистая (*Ribes aureum* Pursh)
25. Спирея березолистная (*Spiraea betulifolia*)

Светолюбивые:

26. Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*)
27. Тимьян обыкновенный (*Thymus vulgaris*)
28. Тимьян ползучий (*Thymus serpyllum*)
29. Люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus*)
30. Живучка ползучая (*Ajuga reptans*)
31. Вероника ползучая (*Veronica repens*)
32. Теневыносливые:
33. Будра плющелистная (*Glechoma hederacea*)
34. Герань кроваво-красная (*Geranium sanguineum*)
35. Сныть обыкновенная «Variegatum» (*Aegopodium podagraria*)

**Шестой ярус** – травянистые растения, почвопокровные – защита почвы от эрозии, чрезмерного испарения влаги, перегрева, переохлаждения

Почвопокровные:

36. Клевер белый (*Trifolium repens* L.)

37. Клевер белый (*Trifolium repens* L.) Сорт «Pipolino»

Злаки:

38. Вейник остроцветковый (*Calamagrostis × acutiflora*)

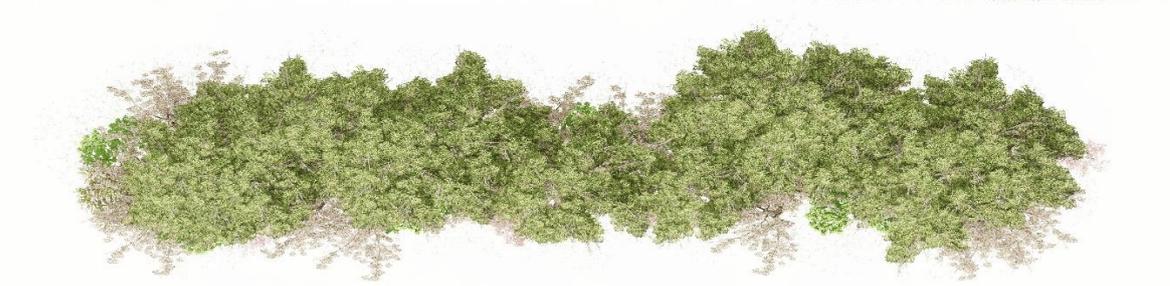
39. Колосняк песчаный (*Elymus arenarius*)

40. Овсяница сизая/голубая (*Festuca glauca = F. ovina var. glauca*)

Важным этапом создания объемно-пространственной структуры насаждений является определение параметров шага посадки в рядах и расстояний в междурядьях (или в пейзажно-средозащитных группах, куртинах) доминантных и сопутствующих видов, которые необходимо устанавливать в зависимости от возможности развития растений с учетом влияния на них техногенных факторов урбанизированной среды (рисунок 5.4).

Результативность выполнения ландшафтом своей защитной функции зависит от того, насколько пространственная структура растительности совместима с уровнем антропогенной нагрузки. В соответствии с положением о том, что в групповых посадках (ряды, группы, аллеи, массивы, рощи) расстояние между растениями должно составлять  $(0,75 - 0,8) * \max D_{\text{свободно растущего дерева}}$ ; а сфера эстетического и биологического влияния солитера определяется окружностью с радиусом, равным высоте, достигаемой деревом данного вида в период его полного развития, определены рекомендуемые расстояния в группах и радиусы сфер эстетического и биологического развития солитера, а также плотность посадок (шт./га), соответствующие условиям произрастания (таблица 5.4) [Якубов, 2005; Авдеева, 2008].

Установить данные параметры для города Красноярска позволяет анализ динамики роста деревьев тополя бальзамического по диаметру кроны, произрастающих в условиях городской среды с различным уровнем техногенных нагрузок (рисунок 5.5).



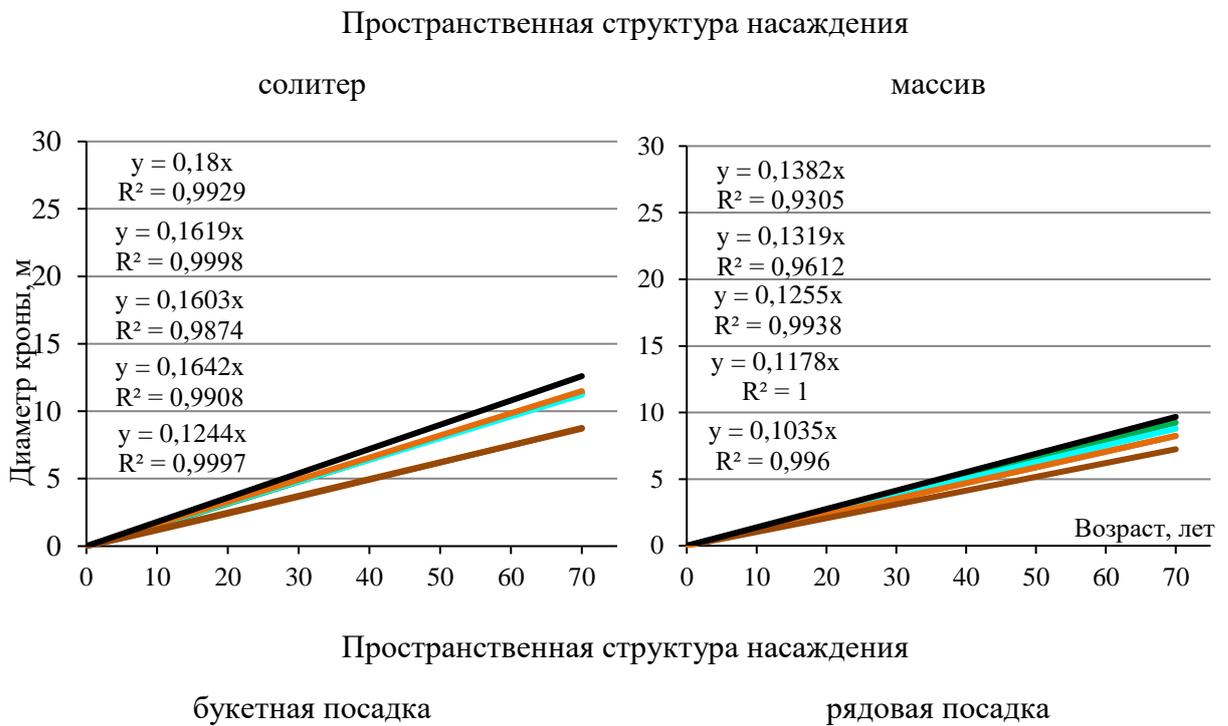
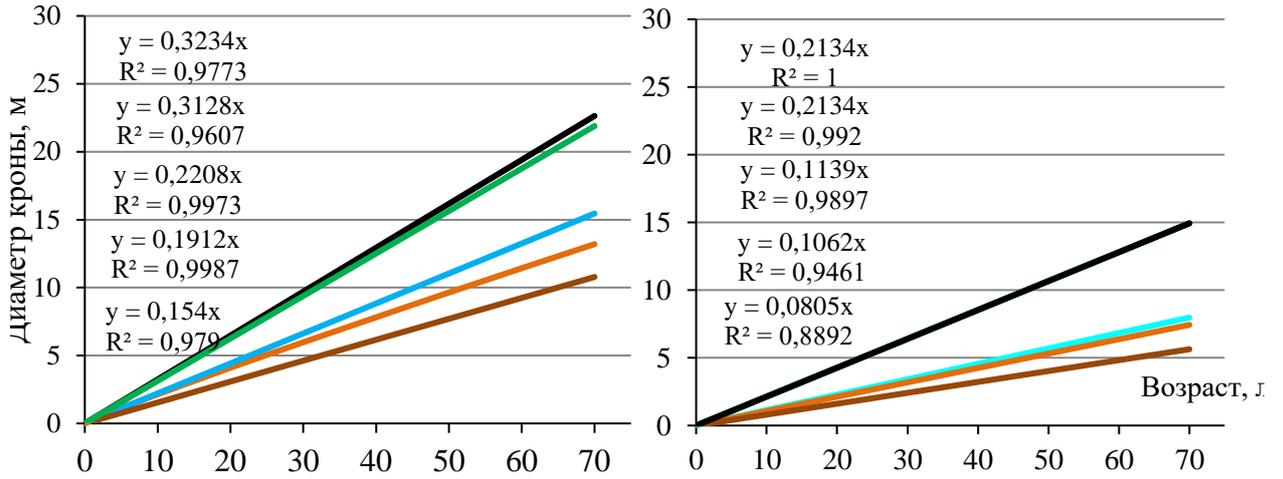
линейные структуры (средозащитные полосы)



чистые ландшафтно-средозащитные группы

защитная куртина

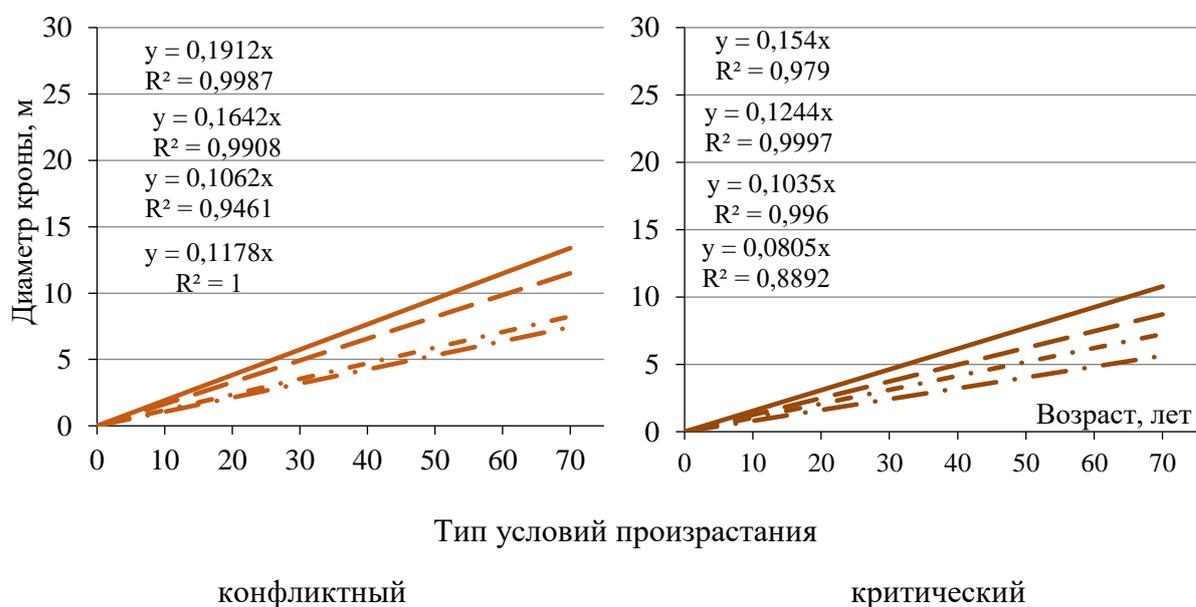
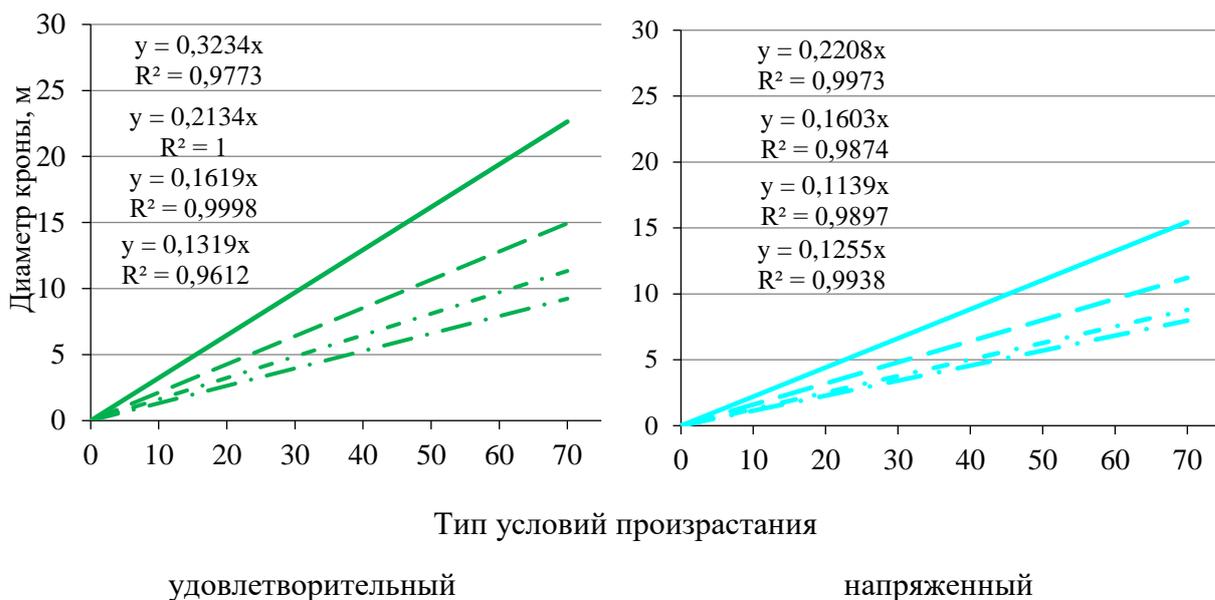
Рисунок 5.4 – Элементы средозащитного озеленения тополевого кластера



Тип условий произрастания: — контроль — удовлетворительный  
 — напряженный — конфликтный — критический

Рисунок 5.5 – Рост тополя бальзамического по диаметру кроны, произрастающего в естественной форме в различных пространственных условиях и разным уровнем антропогенных нагрузок

Коэффициенты уравнения и критерии их оценки, описывающих рост деревьев тополя бальзамического по диаметру кроны в естественной форме роста, представлены на графиках (рисунок 5.6).



Пространственная структура насаждения: — солитер — — массив — · — букетная посадка — · — рядовая посадка

Рисунок 5.6 – Рост деревьев тополя бальзамического по диаметру кроны, произрастающих в естественной форме в различных пространственных условиях и разным уровнем антропогенных нагрузок

Сравнительный анализ полученных данных показал, что:

- наибольшее значение диаметра кроны  $24,1 \pm 3,18$  м прослеживается у свободнорастущих деревьев в естественной форме роста в удовлетворительных (и контроль) условиях, что в 1,5 раза больше, чем данный

показатель в массивах и букетных посадках и в 2,1 – чем в рядовых посадках. При этом надо отметить, что расстояния между деревьями в рядах на исследуемых объектах составляет от 2,0 до 4,5 м, в массивах – от 4,5 до 6,5 м, букетные посадки располагаются обособленно от других насаждений. Таким образом, для эстетического и биологического развития пространственные условия для данного вида имеют важное значение;

- техногенные нагрузки также влияют на размеры растений: снижение диаметра кроны у свободно растущих экземпляров составляет в критических условиях произрастания на 52,2% (на 12,6 м), в конфликтных – 45,2% (10,9 м), в напряженных – 34,4% (8,3 м), при этом в удовлетворительных и контрольных условиях нет существенной разницы между диаметрами кроны исследуемых деревьев; аналогичные результаты прослеживаются в массивах и букетных посадках (рисунок 5.5).

На основании результатов исследования зависимости диаметра кроны от возраста, проведенных для насаждений, произрастающих в естественной форме роста, в различных типах условий произрастания, сгруппированных в соответствии с классификацией (рисунок 5.2, 5.5, 5.6), разработаны рекомендации, определяющие расстояния между растениями тополя бальзамического в различных типах посадки и условиях произрастания (таблица 5.3).

Таблица 5.3 - Рекомендуемые средние расстояния в насаждениях тополя бальзамического для формирования объёмно-пространственной структуры адекватной условиям среды

Биометрические параметры дерева и структурные параметры насаждения	Тип условий произрастания			
	I	II	III	IV
Тип пространственной структуры насаждения: солитер				
Средняя высота дерева в возрасте 70 лет, м	28,90±1,81	21,80±2,66	20,50±2,28	18,00±1,81
Средний диаметр кроны, м	24,27±2,14	15,80±1,61	13,20±1,94	11,52±1,67
Площадь, необходимая для развития дерева как солитера, дерево располагается в центре, м <sup>2</sup>	2622,60±3,24	1492,30±1,77	1319,60±1,45	1017,40±1,85
Тип пространственной структуры насаждения: группы, массивы				
Средний диаметр кроны по данным типам насаждений, м	14,93±0,31	7,68±0,74	6,88±0,66	5,08±1,23
Расстояние между деревьями, м	11,95	6,14	5,50	4,06
Площадь проекции кроны при шахматном расположении растений, м <sup>2</sup>	142,9±0,81	37,7±0,76	30,3±0,62	16,50±0,41
Плотность посадки, шт./га	70	265	330	605
Тип пространственной структуры насаждения: ряды, аллеи				
Средний диаметр кроны по данным типам насаждений, м	10,15±0,62	8,53±0,95	8,24±1,45	7,07±1,62
Расстояние между деревьями, м	8,12	6,82	6,59	5,66
Площадь проекции кроны при шахматном расположении растений, м <sup>2</sup>	65,90±0,92	46,60±1,41	43,5±1,65	32,00±0,92
Плотность посадки, шт./га	152	215	230	313
Тип условий произрастания: I – удовлетворительный; II – напряжённый; III – конфликтный; IV – критический.				

### Выводы по главе

1. Рекогносцировочный анализ парков и скверов г. Красноярска показал, что объекты городского озеленения созданы на основе искусственных насаждений (за исключением Центрального парка им. М. Горького), основными видами в них до сих пор остаются: тополь бальзамический, клен ясенелистный, карагана древовидная и сирень венгерская. При этом данные виды произрастают при всех уровнях техногенных нагрузок, они адаптируются к сложившимся условиям, в том числе и за счет изменения

биометрических параметров, разница по диаметру кроны при естественной форме роста составляет до 54%.

2. Результаты исследования динамики развития крон тополя бальзамического позволили определить: площади проекции крон и, соответственно, плотность посадки (шт./га), расстояние между деревьями (м) для различных условий произрастания и типов пространственной структуры насаждения: ряды, аллеи, группы, массивы, рощи, что позволит создавать насаждения с рациональной объёмно-пространственной структурой, адекватной условиям среды.

3. В главе рассмотрены принципы формирования средозащитных насаждений. Установлено, что биологические и экологические свойства тополя бальзамического позволяют рекомендовать данный вид в качестве «ядра» – доминантного вида – в объёмно-пространственной структуре комплексного средозащитного элемента озеленения. На основании анализа экологических свойств тополя бальзамического подобраны содоминантные и сопутствующие виды растений для каждого из шести ярусов элемента 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**

Рядом научных исследований подтверждено, что древесные растения могут выступать объектами мониторинга городской среды. Таксационные параметры, такие как высота, диаметры ствола и кроны дерева, и морфологические – размеры и показатели асимметричности листовых пластинок – отражают уровни экологического риска урбосреды [Кулагин, 2014; Нефедова, 2003, 31; Авдеева, 2008–2023; Товстолес, 1915; Россинина, 2011; Артемьев, 2003; Вараксин, 2009; Якубов, 2005; Авдеева, Черникова, 2014, 2016; Кухар, Авдеева, Черникова, 2023; Кухар, 2023].

Данное исследование направлено на анализ биометрических показателей роста и развития тополя бальзамического – основного вида в озеленении г. Красноярска, возможности их использования в виде признаков-маркеров, а данного вида – как индикатора состояния городской среды, а также при создании средозащитных насаждений с использованием данного вида.

Асимметрия биологического объекта является одним из важнейших показателей жизненного состояния и позволяет оценить стабильность индивидуального развития особи при изменении состояния среды обитания (физико-химического загрязнения воздушной, почвенной, водной среды в экотопе, спонтанных изменений микроклимата, мутагенных воздействий и др.). Под биологической симметрией понимают расположение аналогичных частей особи относительно анатомически обусловленной оси. В ходе длительного процесса эволюции видов в данном экотопе сформировались различные типы естественной растительной симметрии [Урманцев, 1974; Петухов, 1981]. Например, у деревьев, растущих на открытых участках под сильными ветрами, симметрия полога меняется с радиальной на

двустороннюю, а плоскость ориентируется в направлении господствующего ветра [Ботаника с основами экологии, 1979; Kuhar, 2023].

Одна из наиболее широко изучаемых гипотез о природе симметрии у организмов заключается в том, что нарушение симметрии связано с действием биофизических механизмов, регулирующих направление и интенсивность ростовых процессов в онтогенезе в ответ на условия среды внутри и вне особей и популяций [Урманцев, 1974]. Морфологически наиболее важной формой асимметрии является флуктуирующая, которая определяет отклонение случайной величины от среднего значения в обе стороны. Наличие флуктуаций свидетельствует о влиянии случайных факторов. Даже незначительное изменение асимметрии приводит к отсроченным последствиям [Palmer, 1996; Kuhar, 2023].

В биомониторинге природных и антропогенных популяций растений, обитающих билатеральной симметрией, в качестве показателя используется коэффициент флуктуирующей асимметрии (ФА) [Kozolov et al., 1996; Zvereva et al., 1997 a; 1997 b; Шестакова и др., 2000; Кухар, 2023].

Изучением флуктуирующей асимметрии листовых пластинок различных древесных и кустарниковых видов занимались В.М. Захаров [Захаров, 1997], Е.Л. Константинов [Константинов, 2001], Л.М. Кавеленова [Кавеленова, 2002], Т.А. Нефедова [Нефедова, 2003], П.Г. Приймак [Приймак, 2005], И.В. Мокров [Мокров, 2005], В.Ю. Солдатова [Солдатова, 2008], Г.Р. Хузина [Хузина, 2010], А.Б. Трубянов [Трубянов, 2010], И.Б. Амосова [Амосова, 2010], Е.Ю. Колмогорова [Колмогорова, 2012], Л.С. Ермолова [Ермолова, 2012], Е.В. Авдеева [Авдеева, 2013]. Ими установлено влияние естественных и антропогенных факторов на увеличение показателей флуктуирующей асимметрии.

Среди современных отечественных исследований городской среды, основанных на индикационных признаках растений, следует выделить результаты научных работ по г. Красноярску [Скрипальщикова и др., 2012; Авдеева, 2008, 2013; Кухар, 2023], г. Москва [Чернышенко, 2012], г. Омску

[Денисова, 2014], г. Улан-Удэ [Лыкшитова, Ловцова, 2014], г. Петрозаводску [Иоффе, 2014], г. Тольятти [Беляева, 2015], Нижегородской области [Бессчетнов, Бессчетнова, 2019], г. Волгограду [Глинянова и др., 2019], г. Воронежу [Якушевой, 2011; Разинковой, Перелыгиной, 2016; Клевцовой, Добровой, 2019; Клевцовой, Михеева, 2020 и др.]. Международные исследования представлены в следующих работах: в США [Nowak et al., 2006], Казахстане [Кентбаева, 2018], Венгрии [Hrotkó et al., 2021], Индии [Chaturvedi et al., 2012; Meravi et al., 2021], Великобритании [Corada et al., 2021], Китае [Chen et al., 2016], Республике Корея [Kim et al., 2023].

Значительный интерес к данной проблеме говорит о том, что изучение биологической асимметрии является важным направлением экологических исследований древесных растений, произрастающих в городских посадках, в том числе при разработке программы экологического мониторинга урбосреды.

На основании этого нами проведены биоиндикационные исследования состояния ассимиляционного аппарата тополя бальзамического с целью выявить его потенциал как вида-индикатора для оценки качества городской среды, а также влияния способа обрезки на стабильность развития данного вида в условиях города.

Величина изменения показателя билатеральной симметрии ассимиляционного аппарата тополя бальзамического оценивалась как реакция растения на воздействия условий урбосреды – антропогенные нагрузки и технологии ухода. Оценка проводилась на улицах г. Красноярска с различным уровнем техногенной нагрузки, с учетом различных видов обрезки.

В таблице представлены объекты озеленения, на которых проведен сбор образцов, показатели асимметричности листовых пластин по площади половинок листа для различных сценариев роста тополя бальзамического: естественная форма роста; после радикальной обрезки на «столб»; после формовочной обрезки, каждое среднее значение представлено выборкой из 1000 листовых пластин (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Значения показателей асимметричности листовой пластины по площади половинок листа

Тип условий произрастания	Объекты озеленения	Сценарий роста тополя бальзамического на объектах озеленения г. Красноярска. Средние значения по выборке		
		в естественной форме	после радикальной обрезки на "столб"	после формовочной обрезки
		Показатель асимметричности листовой пластины по площади половинок листа		
К	п. Творогово	2,14±0,25	-	-
I	Академгородок/ Студгородок	2,57±0,48	2,63±0,32	2,54±0,21
I	ул. Е. Стасовой	2,47±0,29	2,70±0,34	2,56±0,37
I	ул. ак.Киренского	2,60±0,56	2,72±0,42	2,90±0,29
II	ул. Марковского	2,86±0,48	2,50±0,22	2,71±0,21
II	ул. Кирова	3,02±0,28	2,43±0,34	2,60±0,38
II	Дворец Пионеров	2,94±0,38	2,69±0,61	2,58±0,22
III	ул. Матросова	3,27±0,76	3,56±0,53	2,63±0,41
III	ул. Свердловская	3,29±0,64	3,62±0,72	2,64±0,25
III	пр. Metallургов	3,24±0,23	3,80±0,91	2,73±0,42
IV	ул. Копылова	4,15±0,92	4,22±1,06	2,86±0,28
IV	ул. Партизана Железняка	4,18±0,57	4,31±0,67	2,68±0,31
IV	ул. Калинина	4,21±1,02	4,29±0,94	2,80±0,29
Тип условий произрастания: К – контроль, I – удовлетворительный, II – напряженный, III – конфликтный, IV- критический				

На основании полученных данных проведен дисперсионный анализ влияния условий произрастания и сценария роста (типа обрезки) на состояние ассимиляционного аппарата деревьев тополя бальзамического.

Результаты дисперсионного анализа представлены в Приложении К и таблице 6.2 [Лакин, 1973]. За нулевую гипотезу принято положение об отсутствии влияния типа условий произрастания на показатель асимметричности листовых пластин тополя бальзамического (при условии, что значение критерия Фишера меньше или равно табличного значения) при различных сценариях роста.

Таблица 6.2 - Результаты дисперсионного анализа влияния условий произрастания и типа обрезки на асимметричность листовой пластины тополя бальзамического на объектах озеленения Г. Красноярска

Показатель асимметричности листовой пластины	Тип условий произрастания	Сценарий роста	Значение критерия Фишера		Оценка достоверности	
			расчетное	табличное		
				P=0,05		P=0,01
	K, I, II, III, IV	естественная форма роста	539,91	4,1	7,6	+
	I, II, III, IV	после радикальной обрезки на "столб"	207,54	4,1	7,6	+
	I, II		3,01	7,7	21,2	-
	III, IV		63,28	7,7	21,2	+
	I, II, III, IV	после формовочной обрезки	0,88	4,1	7,6	-

Тип условий произрастания: K – контроль, I – удовлетворительный, II – напряженный, III – конфликтный, IV – критический  
«+» - влияние условий произрастания на показатель асимметричности – **достоверно**  
«-» - влияние условий произрастания на показатель асимметричности – **недостоверно**

Анализ достоверности различий показателей асимметричности по площади половинок листьев для деревьев тополя бальзамического показал, что ассимиляционный аппарат тополя бальзамического по-разному реагирует на изменения условий произрастания, а также на технологии обрезки растений (таблица 6.2, рисунок 6.1):

- 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 деревья тополь бальзамический в естественной форме роста уменьшаются в количестве и на центральных улицах города практически отсутствуют, что снижает возможность использования данного вида в мониторинге урбосреды). Полученные данные согласуются с результатами других авторов о том, что показатель асимметричности по площади половинок листьев является более чувствительным маркером, чем биометрические показатели – высота дерева, диаметр ствола и др. [Кухар, 2023].

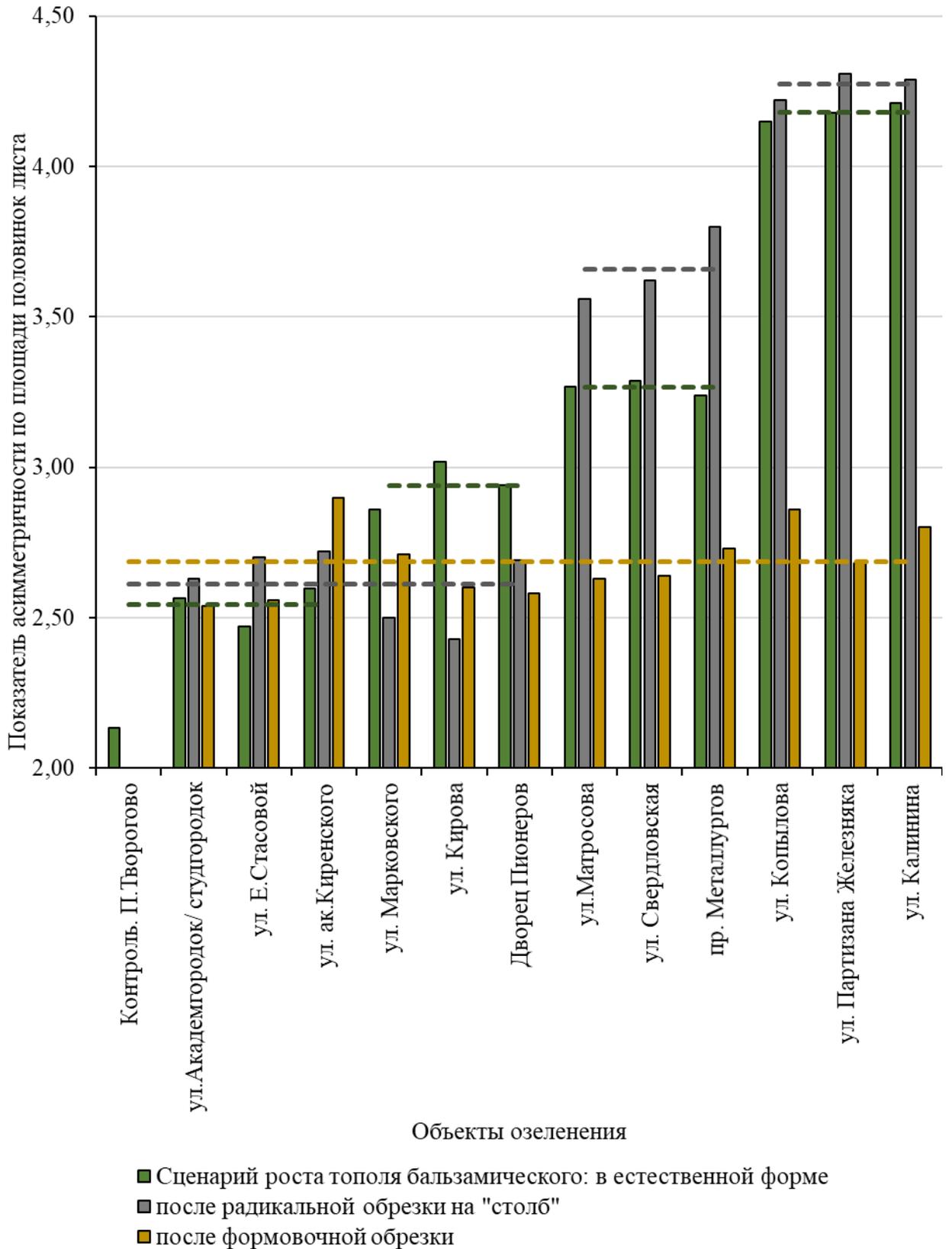


Рисунок 6.1 - Влияние факторов урбосреды на изменение морфометрических параметров листовых пластинок тополя бальзамического  
 - после проведения формовочной обрезки (иногда ежегодной)  
 формируются листовые пластины, до трех раз превышающие по площади

листья у деревьев, произрастающих в естественной форме роста. При этом результаты дисперсионного анализа показали, что по всей выборке независимо от условий произрастания нет достоверных статистических различий по величине показателя асимметричности листовых пластин, а средние значения по каждому объекту озеленения сопоставимы со значениями показателей асимметричности листовых пластин у деревьев, произрастающих в естественной форме роста в напряженных условиях, вероятно, периодическая обрезка снижает риск накопления загрязняющих веществ в древесине ветвей, что положительно влияет на стабильность развития листовых пластин;

- 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 (рисунок), с возрастанием техногенных воздействий снижается стабильность развития растений данного вида.

### **Выводы по главе**

1. 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.

2. 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).

3. 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.

4. 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

Одним из факторов, 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 дальнейшего 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**

Результаты исследований положены в основу практических рекомендаций для объектов озеленения промышленных центров Сибири.

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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об особо охраняемых природных территориях : Федеральный закон Российской Федерации от 18 марта 2023 года № 77-ФЗ : (с изменениями на 23 марта 2024 года) : Принят Государственной Думой 15 февраля 1995 года. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9010833?section=text> (дата обращения : 18.08.2024).

2. Об утверждении Методических рекомендаций по разработке правил землепользования и застройки территорий муниципальных образований, не входящих в состав земель населенных пунктов : Приказ Минстроя России от 9 марта 2010 года № 25. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/444938976> (дата обращения : 18.08.2024).

3. Методические рекомендаций по оценке жизнеспособности деревьев и правилам их отбора и назначения к вырубке и пересадке : Постановление Правительством Москвы от 30.09.2003 №822-ПП. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: [https://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/norma/252808/](https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/252808/) (дата обращения : 18.08.2024).

4. Об утверждении Правил создания, содержания и охраны зеленого фонда города Красноярск : Постановление Администрация города Красноярск от 16 апреля 2021 года № 273 : (с изменениями на 1 февраля 2023 года). – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/574704179> (дата обращения : 18.08.2024).

5. ГОСТ 24909-81. Саженьцы деревьев декоративных лиственных пород. Технические условия = Seedlings of ornamental deciduous trees.

6. Specifications : Государственный стандарт союза ССР : дата введения в действие 1983-01-01 / Разработан и внесен Министерством жилищно-коммунального хозяйства РСФСР. – Текст : электронный // Электронный фонд правовой и научно-технической информации : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200025553>. (дата обращения : 18.08.2024)

7. ГОСТ 28329-89. Озеленение городов. Общие термины и определения = Urban planting. Terms and definitions : Государственный стандарт союза ССР : дата введения 1991-01-01 / Разработан и внесен Министерством жилищно-коммунального хозяйства РСФСР. – Текст : электронный // Электронный фонд правовой и научно-технической информации : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023332>(дата обращения : 18.08.2024).

8. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений = Urban development. Urban and rural planning and development : (Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*) : дата введения 2017-07-01 / разработан ФГБУ ЦНИИП Минстроя России при участии Москомархитектуры. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения : 16.08.2024).

9. РД 52.24.495-2017. Водородный показатель вод : Методика измерений потенциометрическим методом : Руководящий документ : дата введения 2018-10-01 / Разработан Федеральным государственным бюджетным учреждением Гидрохимический институт. – Текст : электронный // Электронный фонд правовой и научно-технической информации : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/550609472>(дата обращения : 18.08.2024).

10. МДС 13-5.2000. Правила по созданию, охране и содержанию зеленых насаждений в городах Российской Федерации : Утверждено Председателем Госстроя России приказ № 153 от 15.12.1999. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200041607> (дата обращения : 18.08.2024).

11. Патент № 2534380 С1Российская Федерация, МПК G01C 15/06 (2006.01). Масштабное устройство для измерения биометрических параметров древесных растений : № 2013129184/28 : заявл. 25.06.2013 : опубл. 27.11.2014 / Авдеева Е. В., Извеков А. А. ; заявитель СибГТУ. – 6 с. : ил.

12. Патент № 2534381 С1Российская Федерация, МПК G01C 15/06 (2006.01) Способ измерения биометрических параметров древесных растений : № 2013129185/28 : заявл. 25.06.2013 : опубл. 27.11.2014 / Авдеева Е. В., Извеков А. А. ; заявитель СибГТУ. – 7 с. : ил.

13. 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.

14. 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.

15. Авдеева, Е. В. Ландшафтно-средозащитное озеленение городских территорий : учебное пособие по направлениям подготовки 35.03.10 «Ландшафтная архитектура», профили подготовки «Технологии и оборудование зеленого строительства», «Ландшафтное строительство», 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», профили подготовки «Технологии и оборудование городского хозяйства», «Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства», очной и заочной форм обучения / Е. В. Авдеева ; М-во науки

и высш. образования РФ, Сиб. гос. ун-т науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева. – Красноярск : СибГУ, 2023. – 82 с.

16. Авдеева, Е. В. Ландшафтоведение. Глобальные и региональные аспекты : учебное пособие по направлениям подготовки 35.03.10 «Ландшафтная архитектура», профили «Технологии и оборудование зеленого строительства», «Ландшафтное строительство», 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», профили «Технологии и оборудование городского хозяйства», «Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства», очной и заочной форм обучения / Е. В. Авдеева ; М-во науки и высш. образования РФ, Сиб. гос. ун-т науки и технологий им. акад. М. Ф. Решетнева. – Красноярск : СибГУ, 2023. – 81 с.

17. 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.

18. 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.

19. Авдеева, Е. В. Оценка точности безбазисного метода определения биометрических параметров древесных растений / Е. В. Авдеева, А. А. Извеков // Хвойные бореальной зоны. – 2018. – Т. 36, № 2. – С. 123-132.

20. Авдеева, Е. В. Рост и индикаторная роль древесных растений в урбанизированной среде : монография / Е. В. Авдеева ; Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО Сибирский гос. технологический ун-т. – Красноярск : СибГТУ, 2007. – 392 с.

21. 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.-практ. конф. с междунар. участием. – Часть 1. – Саратов : СГТУ, 2011. – С. 177-180.

22. 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.

23. 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.

24. 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, 2019. – 204 с.

25. 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.

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

27. Авдеева, Е. В. Особенности формирования урбанизированной среды крупных промышленных центров (на примере г. Красноярска) / Е. В.

Авдеева // Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство: современные тенденции. – Воронеж : ВГЛТА, 2011. – С. 25-29.

28. 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.

29. Акимова, О. А. Снег как индикатор загрязнения окружающей среды / О. А. Акимова // Вестник магистратуры. – 2021. – № 4-1(115). – С. 11-15.

30. Алексеев, В. Р. Снежный покров как индикатор кумулятивного загрязнения земель / В. Р. Алексеев // Лёд и снег. – 2013. – Т. 53, № 1. – С. 127-140.

31. Анилова, Л. В. Эколого геохимические особенности снежного покрова парков Г. Оренбурга / Л. В. Анилова, О. В. Примак // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 12(131). – С. 168-169.

32. Антипов, В. Г. Изменчивость окисляемости клеточного сока, как один из показателей газоустойчивости растений / В. Г. Антипов, И. И. Чекалинская // Растительность и промышленные загрязнения. – Свердловск, 1966. – вып. 5. – С.29-35.

33. Анучин, Н. П. Лесная таксация : учебник для вузов / Н. П. Анучин ; Министерство природных ресурсов РФ ; Федеральное агентство лесного хозяйства. – 6-е изд. – Москва : ВНИИЛМ, 2004. – 552 с.

34. Артемьев, О. С. Оценка влияния автотранспорта на радиальный прирост тополя бальзамического в уличных посадках города Красноярска / О. С. Артемьев, А. А. Асентьева // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2009. – Т.1. – С. 61-64.

35. Бабич, Н. А. Интродуценты в зеленом строительстве северных городов : монография / Н. А. Бабич, О. С. Залывская, Г. И. Травникова. – Архангельск : Архангельский государственный технический университет, 2008. – 143 с.
36. Бабурин, А. А. Оценка экологической значимости зеленых насаждений / А. А. Бабурин, Г. Ю. Морозова // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2009. – № 3(14). – С. 63-70.
37. Бакулин, В. Т. Использование тополя в озеленении промышленных городов Сибири: краткий анализ проблемы / В. Т. Бакулин // Сибирский экологический журнал. – 2005. – Т. 12, № 4. – С. 563-571.
38. Безруких, В. А. Обоснование видового состава древесных растений с учетом дендроклиматического районирования территории Сибирского города и его пригородной зоны (на примере города Красноярска) / В. А. Безруких, Е. В. Авдеева, Е. А. Селенина // Хвойные бореальной зоны. – 2020. – Т. 38, № 5-6. – С. 225-236.
39. Беляева, Ю. В. Распределение показателей количества пыли на листовых пластинках *Betula pendula* Roth., произрастающей в г. Тольятти / Ю. В. Беляева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17, № 4-5. – С. 989-993.
40. Бессонова, Е. А. Диагностика жизнеспособности тополя бальзамического по температуре ксилемы ствола / Е. А. Бессонова, О. Н. Тюкавина // Форум молодых ученых. – 2018. – № 7(23). – С. 142-144.
41. Бессчетнов, П. В. Тополь белый (*Populus alba* L.) в объектах озеленения Нижегородской области: корреляция и регрессия параметров листового аппарата / П. В. Бессчетнов, Н. Н. Бессчетнова // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2(22). – С. 25-31.
42. Боров, Ю. Б. Эстетика : учебник для вузов / Ю. Б. Боров. – Москва : Политиздат, 1988. – 496 с.

43. Борзенкова, Т. Г. Культивируемые тополя (*Populus*, *Salicaceae*) Хабаровска / Т. Г. Борзенкова, М. В. Костина, Ю. А. Насимович // Социально-экологические технологии. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 9-21.
44. Булыгин, Н. Е. Дендрология : учебник для вузов / Н. Е. Булыгин, В. Т. Ярмишко. – 2-е изд., стер. – Москва : МГУЛ, 2001. – 528 с.
45. Василенко, В. Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова / В. Н. Василенко, И. М. Назаров. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1985. – 312 с.
46. Васфилов, С. П. Динамика некоторых физиологических показателей листа березы повислой в условиях воздушного загрязнения / С. П. Васфилов // Динамика лесных фитоценозов и экология насекомых вредителей в условиях антропогенного воздействия : сб. науч. тр. / Академия Наук СССР, Уральское отделение ; Ответственный редактор Махнев А. К. – Свердловск : Уральское отделение Академии наук СССР, 1991. – С. 58-70.
47. Васютинский, Н. А. Золотая пропорция / Н. А. Васютинский. – Москва : Молодая гвардия, 1990. – 238 с.
48. Волынкин, Д. В. История озеленения г. Красноярска. Праздник древонасаждений / Д. В. Волынкин, К. В. Черникова, Е. В. Авдеева, А. И. Панов // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства : сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск : СибГУ, 2017. – С. 41-44.
49. Воробьева, М. В. Альтернатива тополю бальзамическому (*Populus balsamifera* L.) в озеленении г. Екатеринбурга / М. В. Воробьева, С. В. Залесов, Я. А. Крекова [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 11-1(101). – С. 92-98.
50. Гарус, И. А. Оценка состояния тополя бальзамического (*Populus Balsamifera* L.) в зеленых насаждениях Братска / И. А. Гарус, Е. М. Рунова, Ю. В. Орлова // Природообустройство. – 2023. – № 4. – С. 103-109.
51. Гиниятуллин, Р. Х. Средоочищающие функции тополя бальзамического и березы повислой в условиях промышленного загрязнения

/ Р. Х. Гиниятуллин // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2010. – № 5. – С. 10-14.

52. Глинянова, И. Ю. Фитомониторинг как метод оценки загрязнения атмосферного воздуха городской среды мелкодисперсной пылью / И. Ю. Глинянова, В. Н. Азаров, В. Т. Фомичев // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2019. – № 1(25). – С. 42-53.

53. Городков, А. В. Архитектура, проектирование и организация культурных ландшафтов : учебное пособие / А. В. Городков. – Санкт-Петербург : Проспект науки, 2013. – 416 с.

54. Денисова, Е. С. Аккумуляция некоторыми сельскохозяйственными растениями техногенной пыли сажевых заводов / Е. С. Денисова // Омский научный вестник. – 2014. – № 2(134). – С. 196-199.

55. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений : Деревья и кустарники / под общей редакцией О. В. Смирновой. – Москва : Прометей, 1989. – 102 с.

56. Дубенок, Н. Н. Рост и продуктивность древостоев сосны и лиственницы в условиях городской среды / Н. Н. Дубенок, В. В. Кузьмичев, А. В. Лебедев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2018. – № 1(37). – С. 54-71.

57. Дубовицкая, О. Ю. Декоративнолиственные и хвойные деревья и кустарники для озеленения населенных мест / О. Ю. Дубовицкая, Е. В. Золотарева // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – Т. 29. – № 23 (194). – С. 38-43.

58. Дудка, И. А. Словарь ботанических терминов / И. А. Дудка, С. П. Вассер, И. Н. Голубинский [и др.] ; под общ. ред. И. А. Дудки. – Киев : Наукова думка, 1984. – 307 с.

59. Евдокимова, Г. А. Сравнительная оценка атмосферных выпадений в районе воздействия аэротехногенных выбросов Кандалакшского алюминиевого завода / Г. А. Евдокимова, Н. П. Мозгова, С. А. Салдаев // Инженерная экология. – 2013. – № 1. – С. 46-53.

60. Жидкова, Н. Ю. Биологические особенности тополя бальзамического в условиях г. Архангельска / Н. Ю. Жидкова, П. А. Феклистов // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. – 2001. – Вып. 7. – С.8-10.

61. Жидкова, Н. Ю. Санитарное состояние тополя бальзамического в г. Архангельске / Н. Ю. Жидкова // Леса Евразии в третьем тысячелетии : материалы Междунар. конф. – Москва : МГУЛ, 2001. – С. 46–47.

62. Загреев, В. В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев / В. В. Загреев. – Москва : Лесная промышленность, 1978. – 240 с.

63. Иванников, С. С. Тополь / С. С. Иванников. – Москва : Лесная промышленность, 1980. – 85 с.

64. Иоффе, А. О. Определение уровня запыленности на территории г. Петрозаводска / А. О. Иоффе // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6-4. – С. 753-759.

65. Использование инструментального метода анализа при оценке состояния деревьев в городской среде / А. И. Довганюк, А. А. Лентина, Р. С. Решетов, А. В. Аникина // Научно-агрономический журнал. – 2023. – № 1(120). – С. 65-72.

66. История арбористики. – Текст : электронный // Доктор Лес : сайт. – URL: <http://doctorles.ru/k-voprosu-ob-istorii/>.

67. Кавеленова, Л. М. К специфике содержания зольных веществ в листьях древесных растений в городской среде в условиях лесостепи (на примере Самары) / Л. М. Кавеленова, А. Г. Здетовский, А. Я. Огневенко // Химия растительного сырья. – 2001. – № 3. – С. 85-90.

68. Казанцева, М. Н. Экологические последствия радикальной обрезки крон тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в городских насаждениях Тюмени / М. Н. Казанцева, А. А. Соловьева // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2009. – № 9. – С. 128-135.

69. Калманова, В. Б. Техногенное загрязнение атмосферного воздуха г. Биробиджана и контроль его качества / В. Б. Калманова // Региональные проблемы. – 2018. – Т. 21, № 4. – С. 52-57.

70. Калманова, В. Б. Экологическое состояние снежного покрова как показатель качества урбанизированной среды (на примере г. Биробиджана) / В. Б. Калманова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2. – С. 9.

71. Кашулина, Г. М. Комплексный ландшафтный мониторинг окружающей среды локальной зоны комбината «Североникель» / Г. М. Кашулина, Н. В. Салтан // Фундаментальные достижения в почвоведении, экологии, сельском хозяйстве на пути к инновациям : тезисы докладов I Всесоюзной конференции. – Москва : МАКС Пресс, 2008. – С. 206-207.

72. Кашулина, Г. М. Химический состав растений в экстремальных условиях локальной зоны комбината «Североникель» / Г. М. Кашулина, Н. В. Салтан. – Апатиты, КНЦ РАН, 2008. – 239 с.

73. Кентбаева, Б. А. Пылеулавливающая способность листовых пластинок боярышника / Б. А. Кентбаева // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2018. – № 3(363). – С. 20-27.

74. Кивисте А. К. Функции роста леса : учебно-справочное пособие / А. К. Кивисте. – Тарту : Эстонская сельскохозяйственная академия. – 1988. – 171 с.

75. Кириллов, М. В. Особенности природы окрестностей г. Красноярска / М. В. Кириллов. – Красноярск : Кн. Изд-во, 1977. – 160 с.

76. Кириллов, М. В. Природа Красноярска и его окрестностей / М. В. Кириллов. – Красноярск : Кн. Изд-во, 1988. – 149 с.

77. Клевцова, М. А. Биоиндикационная оценка пылеулавливающей способности листовых пластинок тополя итальянского в условиях техногенного загрязнения городской среды / М. А. Клевцова, Е. А. Доброва // Оценка и геоинформационное картографирование медико-экологической ситуации на территории города Воронежа. – Воронеж : Цифровая полиграфия. – 2019. – С.147-160.

78. Клевцова, М. А. Биоиндикационная оценка техногенного загрязнения урбанизированной среды по реакциям тополя итальянского (*Populusitalica* (DuRoi) Moench) / М. А. Клевцова, А. А. Михеев // Региональные геосистемы. – 2023. – Т. 47, № 3. – С. 472-488.

79. Клевцова, М. А. Создание тематической геоинформационной системы «Городская биота»: этапы, методики, критерии оценки / М. А. Клевцова // Региональная экологическая диагностика состояния воздушной среды промышленных городов. – Воронеж : Цифровая полиграфия. – 2020. – С.148-161.

80. Клевцова, М. А. Экодиагностика урбанизированной среды по морфометрическим показателям листовых пластинок *Betula pendula* Roth / М. А. Клевцова, А. А. Михеев // Региональные геосистемы. – 2020. – Т. 44, № 4. – С. 432-445.

81. Климат Красноярска / Н. С. Богданова [и др.] ; под ред.: Ц. А. Швер, А. С. Герасимовой ; Краснояр. гидрометеорол. обсерватория. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1982. – 231 с.

82. Козин, В. В. Физико-географические факторы пространственно-временной изменчивости снежного покрова нефтегазопромыслового региона: монография / В. В. Козин, Э. А. Кузнецова. – Нижневартовск : Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2015. – 151 с.

83. Колесников, А. И. Декоративная дендрология / А. И. Колесников. – Москва : Лесная промышленность, 1974. – 703 с.

84. Колтунов, Е. В. Влияние стволовой гнили на фенольные соединения в листьях тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в условиях урбанизации / Е. В. Колтунов // Химия растительного сырья. – 2021. – № 2. – С. 155-161.

85. Корниенко, В. О. Новый методический подход к оценке механической устойчивости зелёных насаждений в городской среде / В. О. Корниенко, С. А. Приходько // Самарский научный вестник. – 2018. – Т. 7, № 2(23). – С. 72-77.

86. Коропачинский, И. Ю. Древесные растения для озеленения Красноярска / И. Ю. Коропачинский, Р. И. Лоскутов. – Новосибирск : Гео, 2014. – 320 с.

87. Котова, Е. И. Оценка влияния факторов на состав снежного покрова в Российской Арктике / Е. И. Котова // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 10. – С. 158-163.

88. Кузьмичев, В. В. Закономерности динамики древостоев: принципы и модели / В. В. Кузьмичев. – Новосибирск : Наука, 2013. – 208 с.

89. Кузьмичев, В. В. Закономерности роста древостоев / В. В. Кузьмичев. – Новосибирск : Наука, 1977. – 160 с.

90. Кулагин, А. Ю. Тополя в Предуралье: дендро экологическая характеристика и использование / А. Ю. Кулагин, И. Р. Кагарманов, Л. Н. Блонская. – Уфа : Шлем, 2000. – 124 с.

91. Кулагин, А. А. Эколого-физиологические особенности тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в условиях загрязнения окружающей среды металлами : специальность 03.02.00 «Общая биология» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Кулагин Андрей Алексеевич. – Уфа, 2002. – 20 с.

92. Кулагин, Ю.З Древесные растения и промышленная среда / Ю.З. Кулагин. – Москва : Наука, 1974. – 126 с.

93. Кухар, И. В. Особенности роста березы повислой (*Betula pendula* Roth.) и липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в условиях урбанизированной среды (на примере скверов г. Красноярск) : специальность 04.01.06 «Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Кухар Игорь Васильевич. – Красноярск, 2023. – 27 с.

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

95. Лакин, Г. Ф. Биометрия : учебное пособие / Г. Ф. Лакин. – Москва : Высшая школа, 1973. – 343 с.

96. Лукина, Н. В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения / Н. В. Лукина, В. В. Никонов ; под редакцией С. В. Зонна. – Часть 1. – Апатиты : Кольский научный центр РАН, 1996. – 213 с.

97. Лукина, Н. В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения / Н. В. Лукина, В. В. Никонов ; под редакцией С. В. Зонна. – Часть 2. – Апатиты : Кольский научный центр РАН, 1996. – 192 с.

98. Лыкшитова, Л. С. Морфологическая адаптация деревьев и кустарников к загрязнению атмосферного воздуха г. Улан-Удэ / Л. С. Лыкшитова, Н. М. Ловцова // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. – 2014. – № 4-1. – С. 51-54.

99. Макарова, Н. М. Повышение средозащитной роли зеленых насаждений в городской черте / Н. М. Макарова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2013. – № 1(09). – С. 23-31.

100. Малоховец, П. М. Краткое руководство по озеленению северных городов и поселков : учебное пособие / П. М. Малаховец, В. А. Тисова ; М-во образования Рос. Федерации, Арханг. гос. техн. ун-т. – Архангельск : АГТУ, 2002. – 108 с.

101. Матвеева, Р. Н. Интродукция древесных растений в дендрарии СибГТУ / Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2001. – № 5-6. – С. 23-27.

102. Медведева, Е. Ю. Видовое разнообразие и актуальность внедрения представителей рода тополь (*Populus L.*) для целей озеленения Урала // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы VII Всерос. науч.-технич. конф. – Ч. 2. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2011. – С. 92-95.

103. Методика инвентаризации городских зеленых насаждений. – Москва, 1997. – Текст : электронный // База нормативной документации : сайт. – URL: <https://base.garant.ru/70981622/>.

104. Мозгова, Н. П. Сравнительная оценка атмосферных выпадений в районе воздействия азротехногенных выбросов Кандалакшского алюминиевого завода / Н. П. Мозгова, Г. А. Евдокимова, С. А. Салдаев // Инженерная экология. – 2013. – № 1. – С. 46-53.

105. Мухачева, А. Н. Оценка состояния урбодендроценозов Г. Братска методами неразрушающего контроля древесины / А. Н. Мухачева, Е. М. Рунова, И. А. Гарус // Успехи современного естествознания. – 2020. – № 12. – С. 23-30.

106. Николаев, В. А. Ландшафтоведение : Эстетика и дизайн : учебное пособие / В. А. Николаев. – Москва : Аспект Пресс, 2003. – 239 с.

107. Николаевский, В. С. Биологические основы газоустойчивости растений / В. С. Николаевский // Газоустойчивость растений. – Пермь, 1975. – вып. 3. – С. 5-26.

108. Николаевский, В. С. Биологические основы газоустойчивости растений / В. С. Николаевский. – Новосибирск : Наука, 1979. – 213 с.

109. Николаевский, В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации : монография / В. С. Николаевский. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2002. – 220 с.

110. Николаевский, В. С. Эколого-физиологические основы газоустойчивости растений / В. С. Николаевский. – Москва : МЛТИ, 1989. – 65 с.

111. Обрезка древесных растений : методические рекомендации. – Томск, 2021. – 33 с. – Текст : электронный // Центр развития городской среды Томской области : сайт. – URL : [https://sredatomsk.ru/wp-content/uploads/2021/04/33\\_obrezka\\_itog.pdf](https://sredatomsk.ru/wp-content/uploads/2021/04/33_obrezka_itog.pdf).

112. Озеленение населенных мест : справочник / В. И. Ерохина, Г. П. Жеребцова, Т. И. Вольфтруб [и др.] ; под ред. В. И. Ерохиной. – Москва : Стройиздат, 1987. – 480 с.

113. Опекунова, М. Г. Воздействие природных и антропогенных факторов на элементный состав растений Башкирского Зауралья / М. Г. Опекунова, В. В. Сомов, Ю. С. Сокульская [и др.] // Биосфера. – 2015. – Т. 7, № 2. – С. 181-198.

114. Павлов, И. Н. Глобальные изменения среды обитания древесных растений : монография / И. Н. Павлов ; науч. ред. Р. Н. Матвеева. – Красноярск : СибГТУ, 2003. – 169 с.

115. Павлов, И. Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения / И. Н. Павлов. – Улан-Удэ : БНЦ СО РАН, 2006. – 426 с.

116. Плешиков, Ф. И. Разработка концепции развития зеленого строительства в Красноярске / Ф. И. Плешиков, М. Д. Евдокименко, Р. И. Лоскутов // Проблемы экологии и развития городов. – Том 1. – Красноярск : СибГТУ, 2001. – С. 25-32.

117. Прокачева, В. Г. Снежный покров в сфере влияния города / В. Г. Прокачева, В. Ф. Усачев. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1989. – 176 с.

118. Пузаченко, Ю. Г. Структура растительности лесной зоны СССР : Системный анализ : монография / Ю. Г. Пузаченко, В. С. Скулкин. – Москва : Наука, 1981. – 275 с.

119. Пыркова, А. Г. Система Российского законодательства об особо охраняемых природных территориях и природных объектах / А. Г. Пыркова // Актуальные проблемы экономики и права. – 2010. – № 2. – С. 131-137.

120. Разинкова, А. К. Видовое разнообразие и патологическое состояние уличных придорожных посадок г. Воронежа / А. К. Разинкова, Е. Н. Перелыгина // Лесотехнический журнал. – 2016. – Т. 6, № 2(22). – С. 36-46.

121. Рейтинг самых загрязненных крупных городов в режиме реального времени. – Текст : электронный // IQAir – экологическая компания : сайт. – URL: <https://www.iqair.com/ru/world-air-quality-ranking>.

122. Россинина, А. А. Динамика радиального прироста тополя бальзамического в урбанизированной среде / А. А. Россинина, О. С. Артемьев, С. Л. Шевелев // Вестник КрасГАУ. – 2008. – № 3. – С. 174-177.

123. Рунова, Е. М. *Populus balsamifera* в озеленении Братска / Е. М. Рунова, Л. В. Аношкина // Системы. Методы. Технологии. – 2014. – № 4(24). – С. 141-143.

124. Рунова, Е. М. Воздействие антропогенных факторов на древесно-кустарниковую растительность г. Братска / Е. М. Рунова, Л. В. Аношкина // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 9(36). – С. 87-91.

125. Рунова, Е. М. Инструментальная оценка состояния городских посадок тополя бальзамического / Е. М. Рунова, Л. В. Аношкина // Лесотехнический журнал. – 2017. – Т. 7, № 3(27). – С. 136-142.

126. Рунова, Е. М. Формирование газоустойчивого ассортимента древесных растений в условиях повышенной техногенной нагрузки / Е. М. Рунова, Л. В. Аношкина // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 6(45). – С. 76-81.

127. Рябинин, В. М. Лес и промышленные газы / В. М. Рябинин. – Москва : Лесная промышленность, 1965. – 93 с.

128. Сабашников, В. В. Влияние каменноугольного дыма на окружающую растительность / В. В. Сабашников // Болезни растений. – 1991. – № 3-4. – С. 42-82.

129. Саэт, Ю. Е. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин. – Москва : Недра, 1990. – 333 с.

130. Салтан, Н. В. Химический состав снега на урбанизированных территориях в условиях Крайнего Севера / Н. В. Салтан, Е. П. Шлапак, В. К. Жиров [и др.] // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. – 2015. – Т. 18, № 2. – С. 328-334.

131. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015663142 Российская Федерация. Биометрия урбофитоценозов. Построение бонитеровочных таблиц биометрических параметров древесных растений урбанизированных территорий на основе анализа возрастных состояний и интегральной оценки состояния фитосреды : № 2015619370 : заявл. 08.10.2015 : опубл. 11.12.2015 / Е. В. Авдеева, В. Ф. Надемянов, К. В. Черникова, С. В. Громыко ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный технологический университет».

132. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015663142 Российская Федерация. Биометрия урбофитоценозов. Построение таблиц биометрических параметров древесных растений урбанизированных территорий на основе анализа возрастных состояний и интегральной оценки состояния фитосреды : № 2015663142 : дата введения

11.12.2015 / Е. В. Авдеева, В. Ф. Надемянов, К. В. Черникова, С. В. Громыко. – Красноярск : СибГТУ, 2016. – 35 с.

133. Семакина, А. В. К аэрогенному загрязнению снежного покрова города Ижевска / А. В. Семакина, И. В. Сырых, Г. Р. Платунова // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2018. – Т. 28, № 3. – С. 257-268.

134. Ситникова, А. С. Об изучении физиологических показателей древесных и кустарниковых пород в связи с газо-дымоустойчивостью / А. С. Ситникова // Растительность и промышленные загрязнения. – Свердловск, 1966. – вып.5. – С. 39-44.

135. Скрипальщикова, Л. Н. Аккумуляция техногенной пыли березняками разнотравными в зоне воздействия известняковых карьеров г. Красноярска / Л. Н. Скрипальщикова, В. В. Стасова, А. И. Татаринцев, М. А. Пляшечник // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 10(73). – С. 96-100.

136. Соколова, Г. Г. Биоиндикация загрязнения воздушно среды г. Барнаула / Г. Г. Соколова // Флора и растительность антропогенно нарушенных территорий. – 2010. – № 6. – С.158-161.

137. Соловьева, А. А. Влияние радикальной обрезки крон на состояние и продуктивность тополя бальзамического в г. Тюмени / А. А. Соловьева, М. Н. Казанцева // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2007. – № 17. – С. 238-241.

138. Средняя Сибирь : монография / Акад. наук СССР, Ин-т географии ; ред.: И. П. Герасимов [и др.]. – Москва : Наука, 1964. – 479 с.

139. Сродных, Т. Б. Перспективные виды тополей для озеленения городов Урала / Т. Б. Сродных, Е. Ю. Медведева // Инновации в ландшафтной архитектуре : материалы VIII науч.-практ. конф. – Нижний Новгород : НГАСУ, 2012. – С. 57-59.

140. Теодоронский, В. С. Объекты ландшафтной архитектуры : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся

по специальности 250203 «Садово-парковое и ландшафтное строительство» / В. С. Теодоронский, И. О. Боговая. – Москва : Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 2008. – 210 с.

141. Тюкавина, О. Н. Биологические основы устойчивости тополя бальзамического к ксилотрофным базидиомицетам / О. Н. Тюкавина, С. А. Покрышкин // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 6 (129). – С. 116-121.

142. Тюкавина, О. Н. Биологические особенности тополя в условиях г. Архангельска : монография / О. Н. Тюкавина, А. П. Тюкавина ; Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. – Архангельск : САФУ, 2018. – 158 с.

143. Тюкавина, О. Н. Устойчивость тополей к кронированию в условиях города Архангельска / О. Н. Тюкавина // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 3(138). – С. 229-233.

144. Усова, Е. А. Фенотипическая изменчивость деревьев ореха маньчжурского (*Juglans mandshurica*) в дендрарии СибГУ имени академика М.Ф. Решетнева / Е. А. Усова // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 4(139). – С. 224-227.

145. Федорова, А. И. Причины суховершинности и усыхания пирамидальных тополей в г. Воронеже / А. И. Федорова, Е. В. Шунелько, М. А. Михеева // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2010. – № 2. – С. 106-114.

146. Федорова, О. А. Влияние экологических факторов на радиальный прирост тополя бальзамического в г. Томске / О. А. Федорова, Д. А. Савчук // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 3(78). – С. 84-90.

147. Хацкевич, Д. Х. Природа как эстетическая ценность : учебное пособие / Д. Х. Хацкевич. – Москва : Высшая школа, 1987. – 120 с.

148. Ценопопуляция растений : основные понятия и структура / О. В. Смирнова, Л. Б. Заугольнова, И. М. Ермакова [и др.]. – Москва : Наука, 1976. – 217 с.

149. Центр Обслуживания Деревьев : сайт. – URL: [www.udal.ru](http://www.udal.ru). – Текст : электронный.

150. 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.

151. Черникова, К. В. Процесс развития тополя бальзамического (*Populus Balsamifera L.*) 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 : сб. материалов XXI Междунар. науч.-практ. форума. – Москва : Перо, 2019. – С. 108-110.

152. Черникова, К. В. Сценарии роста тополя бальзамического в условиях городской среды = Scenarios of growth of balsam poplar in the conditions of urban environment / К. В. Черникова, Е. В. Авдеева // 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.

153. Чернышенко, О. В. Пылефильтрующая способность древесных растений / О. В. Чернышенко // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2012. – № 3. – С. 7-10.

154. Чистякова, А. А. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений / А. А. Чистякова, Л. Б. Заугольнова, И. В. Полтинкина [и др.] . – Москва : Прометей, 1989. – 102 с.

155. Чумаков, Л. С. Экологическая оценка поражения насаждений тополя тополевой минирующей молью (*lithocolletis populifoliella tr.*) в городе

Минске / Л. С. Чумаков, О. В. Лозинская // Экологический вестник. – 2015. – № 1. – С. 94-101.

156. Шаров, А. А. Санитарно - гигиеническая роль лесных насаждений на отвалах Курской магнитной аномалии / А. А. Шаров, Т. А. Малинина, А. Н. Дюков // От творческого поиска к профессиональному становлению : материалы 16-й межвузовской студ. конф. – Бузулук : Бузулукский гуманитарно-технологический институт (филиал) Оренбургского государственного университета, 2014. – С. 124-127.

157. Шестаков, В. П. Гармония как эстетическая категория : учение о гармонии в истории эстетической мысли / В. П. Шестаков. – Москва : Наука, 1973. – С. 138.

158. Шилова, И. И. Содержание химических элементов техногенного загрязнения в растениях на территории крупного индустриального города на Урале / И. И. Шилова // Динамика лесных фитоценозов и экология насекомых вредителей в условиях антропогенного воздействия : сб. науч. тр. – Свердловск, 1991. – С. 31-50.

159. Якушев, А. Б. Значение зеленых насаждений в очищении воздушного бассейна г. Воронежа / А. Б. Якушев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 21(116). – С. 12-18.

160. Яровицкая, В. В. Сравнительная оценка состояния тополя бальзамического, произрастающего в различных условиях города Красноярска / В. В. Яровицкая // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск : СибГУ, 2019. – С. 95-97.

161. ANSI A300 Tree Care Standards. Part 1. Pruning - Стандарты ухода за деревьями А300 Американского национального института стандартов (ANSI) Стандартные методы и рекомендации по написанию спецификаций

для арбористов, городских лесников, садоводов, ландшафтных архитекторов и подрядчиков.

162. A Systematic Review of the Leaf Traits Considered to Contribute to Removal of Airborne Particulate Matter Pollution in Urban Areas / K. Corada, H. Woodward, H. Alaraj, C. M. Collins, A. Nazelle // *Environmental Pollution*. – 2021. – Vol. 269. – P. 116104.

163. Accelerated settling velocity of airborne particulate matter on hairy plant leaves / J. Kim, J. Kim, Y. Kim [et al.] // *Journal of Environmental Management*. – 2023. – Vol. 332. – P. 117313.

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

165. Davey Tree – corporation : сайт. – URL: [www-davey-com.translate.goog/about/history](http://www-davey-com.translate.goog/about/history). – Текст : электронный.

166. Davey, J. The tree doctor; a book on tree culture, illustrated profusely with photo / J. Davey // Saalfield Pub. Co. – 2021. – Vol.1904. – 87 p.

167. Deposition of sulfate and heavy metals on the Kola Peninsula / D. Jaffe, B. Cerundolo, J. Rickers [et al.] // *The Science of the Total Environment*. – 1995. – Vol. 160-161. – P. 127-134.

168. Effect of dust load on the leaf attributes of the tree species growing along the roadside / R. K. Chaturvedi, S. Prasad, S. Rana [et al.] // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2013. – Vol. 185, № 1. – P. 383-391.

169. European Tree worker. Hahdbook. Patzer Verlag. Berlin. – Hanover, 2017. – 192 p.

170. Experimental Examination of Effectiveness of Vegetation as Bio-Filter of Particulate Matters in the Urban Environment / L. Chen, C. Liu, R. Zou, M. Yang, Z. Zhang // *Environmental Pollution*. – 2016. – Vol. 208 (A). – P. 198-208.

171. Foliar dust and heavy metal deposit on leaves of urban trees in Budapest (Hungary) / K. Hrotkó, M. Gyeviki, D. M. Sütöriné [et al.] // Environmental Geochemistry and Health. – 2021. – Vol. 43, № 5. – P. 1927-1940.

172. Meravi, N. Seasonal Variation of Dust Deposition on Plant Leaves and Its Impact on Various Photochemical Yields of Plants / N. Meravi, P. K. Singh, S. K. Prajapati // Environmental Challenges. – 2021. – Vol.4. – P.100166.

173. Nowak, D. J. Air Pollution Removal by Urban Trees and Shrubs in the United States / D. J. Nowak, D. E. Crane, J. C. Stevens // Urban Forestry & Urban Greening. – 2006. – Vol. 1 (3–4). – P.115–123.

## Приложение А

### «Адреса» исследуемых объектов озеленения

Таблица А.1 - Условия произрастания - контроль (удовлетворительные)

№	Адрес	Количество деревьев, шт.	Сценарии роста	Тип посадки
1	Красное кольцо	10	Естественная форма	Солитер
2	с. Дрокино	11	Естественная форма	Солитер Букетная
3	с. Творогово	15	Естественная форма	Солитер
4	Автодорога в аэропорт Емельяново	7	Естественная форма	Солитер
5	Емельяново. ул. Промышленная, 3	15	Радикальная обрезка на «пень»	Солитер Букетная

Таблица А.2 - Условия произрастания - удовлетворительные

№	Адрес	Количество деревьев, шт.	Сценарии роста	Тип посадки
1	Академгородок	59	Естественная форма	Солитер Букетная Рядовая
2	ул. Караульная	16	Естественная форма	Солитер
3	ул. Академика Киренского, 5	22	Естественная форма	Букетная Рядовая
4	пр. Свободный	9	Естественная форма	Солитер
5	ул. Софьи Ковалевской, 2	14	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
6	ул. Елены Стасовой	32	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
7	ул. Чернышевского, 74	46	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
8	Парк Юннатов	30	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
9	ул. Складская, 24	11	Естественная форма	Массив
10	ул. Прибойная, 29	8	Естественная форма	Массив

Таблица А.3 - Условия произрастания - напряженные

№	Адрес	Количество деревьев, шт.	Сценарии роста	Тип посадки
1	ул. 60 лет Октября, 106	16	Естественная форма	Солитер
2	ул. Николая Донского, 9	11	Естественная форма	Солитер
3	Дворец Пионеров	23	Естественная форма	Массив Букетная
4	МП «УЗС»	31	Естественная форма	Солитер Букетная
5	ул. Матросова, 18	18	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
6	ул. Можайского, 7	9	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
7	ул. Ленина, 80	5	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
8	ул. Марковского, 47	7	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
9	пер. Медицинский. Гимназия №14	12	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
10	проспект Красноярский Рабочий, 189	16	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
11	ул. Семафорная, 181	5	Радикальная обрезка на «пень»	Солитер
12	ул. Курчатова, 8	20	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Массив

Таблица А.4 - Условия произрастания - конфликтные

№	Адрес	Количество деревьев, шт.	Сценарии роста	Тип посадки
1	Остров Отдыха	52	Естественная форма	Солитер, букетная Рядовая5
2	ТРЦ «Июнь»	39	Естественная форма	Солитер, букетная
3	ул. Софьи Ковалевской, 2	16	Естественная форма	Солитер
4	ул. Матросова, 26	18	Естественная форма	Солитер
5	ул. Копылова	8	Естественная форма	Солитер
6	ул. Быковского. Школа №85	24	Естественная форма роста	Массив
7	ул. Марковского, 58	7	Обрезка на «столб» с дальнейшим формированием кроны	Солитер
8	ул. Баумана Троя Парк	62	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер

Окончание таблицы А.4				
9	пр. Свободный, 77г	28	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер, массив
10	ул. Свердловская «Кафе Замок»	22	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
11	ул. Свердловская, 15	5	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
12	ул. Пушкина	6	Радикальная обрезка на «пень»	Солитер
13	пр. Красноярский Рабочий, 150	11	Радикальная обрезка на «пень»	Солитер Массив
14	ул. Ак. Киренского. Политех	4	Радикальная обрезка на «пень»	Массив
15	ул. Ярыгинская набережная, 25	3	Радикальная обрезка на «пень»	Солитер Рядовая
16	ул. 60 лет Октября, 106	5	Радикальная обрезка на «пень»	Солитер
17	ул. Октябрьская, 10а	3	Радикальная обрезка на «пень»	Солитер
18	Ост. Центральный рынок Советского района	4	Радикальная обрезка на «пень»	Солитер
19	ул. Матросова	2	Радикальная обрезка на «пень»	Солитер
20	ул. Курчатова, 50	35	Естественная форма роста	Солитер Массив Букетная
21	МП «УЗС»	11	Радикальная обрезка на столб без дальнейшего формирования	Солитер
22	ул. Брянская, 52	19	Естественная форма	Букетная
23	ул. Судостроительная, 91	13	Естественная форма роста	Массив
24	пр. Красноярский рабочий, 119	11	Естественная форма роста	Солитер
25	ул. Metallургов	5	Естественная форма роста	Солитер Рядовая
26	ул. Калинина, 88А	18	Радикальная обрезка на столб без дальнейшего формирования	Массив
27	пр. Красноярский Рабочий, 27	15	Радикальная обрезка на столб без дальнейшего формирования	Массив
28	ул. Судостроительная, 91	10	Естественная форма роста	Массив
29	ул. Семафорная	12	Естественная форма роста	Массив

Таблица А.5 - Условия произрастания - критические

№	Адрес	Количество деревьев, шт.	Сценарии роста	Тип посадки
1	пр. Красноярский Рабочий, 30А/6	19	Естественная форма	Солитер
2	ул. 26 Бакинских Комиссаров, 3	25	Естественная форма	Букетная Массив Букетная
3	ул. Партизана Железняка, 23	11	Естественная форма	Солитер
4	ул. 60 лет октября, 59а	18	Естественная форма	Солитер
5	ул. Свердловская, 15а	12	Обрезка на «столб» с дальнейшим формированием кроны	Солитер
6	ул. Калинина, 63/3	25	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер Массив
7	ул. Пограничников, 42. КРАМЗ	23	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
8	ул. Фестивальная, 4	15	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
9	Сквер ТЭЦ-1	6	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
10	ул. Матросова, 30у	16	Радикальная обрезка на «столб» без дальнейшего формирования кроны	Солитер
11	ул. Копылова, 101	5	Трехкратная обрезка кроны	Солитер
12	ул. 26 Бакинских Комиссаров, 7	11	Естественная форма	Массив

## Приложение Б

### Интегральная оценка состояния фитосреды на локальном уровне

Таблица Б.1 – Интегральная оценка состояния фитосреды на локальном уровне

Раздел экологии	Экологические факторы, влияющие на изменение фитосреды	Экологическая нагрузка фактора,	
<b>Ландшафтная экология</b> , сферой исследования которой являются локальные, региональные, зональные, глобальные, экосистемы, различные по структуре, функциональному назначению и динамике развития	<b>Климатические</b>		
	не соответствие экологических ниш древесных растений параметрам ландшафтной зоны, в которой расположен объект озеленения	на 25%	3
		на 50%	5
		на 75%	7
		на 100%	10
	<b>Микроклиматические</b>		
	<b>Ветровые условия</b> - сочетание господствующего (для Красноярска - юго-западного) направления ветра и ориентации улиц		
		ЮЗ-СВ, З - В	1
		С - Ю	2
		СЗ - ЮВ	3
	<b>Пространственная ориентация улиц</b> - изменение температурных условий (перегрев насаждений):		
		З - В, ЮЗ - СВ	3
		ЮВ - СЗ	1
	<b>Орографические</b>		
	сочетание сложности рельефа с экспозицией склонов: крутизна склона 30% + южные экспозиции		4
Размещение насаждений ниже по рельефу относительно промпредприятий и автодорог		4	
<b>Урбоэкология</b> - область экологических знаний, изучающий процесс урбанизации и его влияние на окружающую среду	<b>Техногенные</b>		
	Фоновое состояние окружающей среды города		
		I- удовлетворительное	15
		II - напряженное	35
		III - конфликтное	45
	IV - критическое	60	

<b>Автотранспортные</b>	
Валовой выброс вредных веществ от автотранспорта пропорционален плотности транспортного потока, авт./сут.	
0 - 3000	15
3000 - 15000	35
15000 - 45000	45
45000 и более	60
<b>Усиление нагрузки от автотранспортного пресса:</b>	
на светофорах, пешеходных переходах	2
на <b>остановках</b> общественного транспорта	2
в <b>не продуваемых "карманах"</b>	2
на магистралях с <b>грузовым</b> движением	2
на участках с низким качеством дорожного полотна	2
в местах образования "пробок"	2
размещение насаждений на расстоянии <b>до 25 м</b> от проезжей части	2
размещение насаждений на <b>разделительной</b> полосе автомагистрали	3
<b>химическое</b> удаление снега с дорожного покрытия и <b>складирование</b> его под деревьями	3
<b>Градостроительные</b>	
Элементы <b>покрытия земли</b> вблизи растительности	
асфальт	2
брусчатка	1
<b>Размещение насаждений на расстоянии</b>	
от зданий и сооружений до 5 м	2
от края тротуара до 2 м	1
от опор освещения до 4 м	2
от подземных сетей до 2 м	2
<b>Снижение освещенности</b> от зданий и сооружений	
на 30%	1
на 70%	2
на 100%	3
Плотность посадок	
загущенные (расстояния между растениями до 2 м)	3
разряженные (расстояния между растениями свыше 8 м)	2
Наличие дополнительного искусственного вечернего освещения 1 м от насаждения	3

<b>Рекреационные:</b>		
Размещение элементов благоустройства (киоски, павильоны) ближе 5 м от растений	4	
Выгаптываемость травяного покрова	2	
Прямое воздействие населения на растения: поломка, срывание соцветий и плодов	2	
Наличие непредусмотренной тропиной сети	2	
Превышение максимальной плотности посещений в перерасчете на 1 га (городские леса - 5 чел./га; лесопарки - 10 чел./га; парки - 100 чел./га; сады - 200 чел./га; скверы, бульвары - 300 чел./га)	до 10%	2
	от 10 до 30%	3
	более 30%	5
Санитарное состояние территории (замусоренность территории, нарушенность территории, агрессивность и безопасность)	до 10%	1
	от 10 до 50%	3
	более 50%	5

Таблица Б2

Плотность негативных факторов

Факторы экологического состояния городской среды	Плотность факторов, баллы			
	Статус градорастительных условий			
Ландшафтные	0 – 20			
Техногенные (фоновое состояние среды)	0 – 15	16 – 25	26 – 35	36 – 60
Автотранспортные: - плотность транспортного потока;	0 – 15	16 – 25	26 – 35	36 – 60
- усиление нагрузки от автотранспортного воздействия	0 – 20			
Градостроительные	0 – 21			
Рекреационные	0 – 20			
Итого	0 – 50	51 – 100	101 – 150	151 – 201
Состояния фитосреды	удовлетворительное	напряженное	конфликтное	критическое
Тип условий произрастания	I	II	III	IV

## Приложение В

### Результаты интегральной оценки состояния фитосреды на локальном уровне

Таблица В.1.1 – Результаты интегральной оценки состояния фитосреды на локальном уровне.

Тип условий произрастания – удовлетворительный (контроль)

Раздел экологии	Факторы экологического состояния городской среды	"Красное кольцо"	пгт Дрокино	пгт Творогово	Автодорога в аэропорт Емельяново	ул. Промышленная, 3
Ландшафтная	Ландшафтные	0	0	2	1	2
Урбоэкология	Техногенные (фоновое состояние среды)	15	15	15	15	15
	Автотранспортные	15	15	15	15	15
	Градостроительные	4	2	4	4	4
	Рекреационные	1	1	1	1	1
ИТОГО		35	33	35	34	37
Оценка местопроизрастания растений	Тип условий произрастания	Ik - удовлетворительный	Ik - удовлетворительный	Ik - удовлетворительный	Ik - удовлетворительный	Ik - удовлетворительный













## Приложение Г

### Средние значения биометрических параметров деревьев тополя бальзамического, произрастающих в различных условиях фитосреды города Красноярска и типах пространственной структуры насаждений

Таблица Г.1 – Естественная форма роста, тип пространственной структуры - солитер

	Контроль	Удовлетворительное	Напряженное	Конфликтное	Критическое
Адрес	Красное кольцо	Академгородок	ул. 60 лет Октября, 106	Остров Отдыха	ул. Матросова, 30у
Саженец	h=2,1 м	h=2,1 м	h=2,1 м	h=2,1 м	h=2,1 м
	d <sub>ств.</sub> =2,58 см	d <sub>ств.</sub> =2,5 см	d <sub>ств.</sub> =2,5 см	d <sub>ств.</sub> =2,5 см	d <sub>ств.</sub> =2,5 см
	d <sub>кр.</sub> =0,6 м	d <sub>кр.</sub> =0,6 м	d <sub>кр.</sub> =0,6 м	d <sub>кр.</sub> =0,6 м	d <sub>кр.</sub> =0,6 м
Адрес	С. Дрокино	Академгородок	ул. Николая Донского, 9	ТРЦ «Июнь»	ул. Свердловская
v	h=9,1 м	h=8,6 м	h=7,1 м	h=6,4 м	h=4,8 м
	d <sub>ств.</sub> =8,9 см	d <sub>ств.</sub> =8,2 см	d <sub>ств.</sub> =8,1 см	d <sub>ств.</sub> =7 см	d <sub>ств.</sub> =7,1 см
	d <sub>кр.</sub> =2,2 м	d <sub>кр.</sub> =2,7 м	d <sub>кр.</sub> =2,4 м	d <sub>кр.</sub> =2,2 м	d <sub>кр.</sub> =1 м
Адрес	с. Творогово	ул. Караульная	ул. Елены Стасовой	ул. Софьи Ковалевской, 2	ул. 26 Бакинских Комиссаров
g1	h=16,3 м	h=15,4 м	h=13,3 м	h=11,8 м	h=9,8 м
	d <sub>ств.</sub> =30,2 см	d <sub>ств.</sub> =26,1 см	d <sub>ств.</sub> =22,9 см	d <sub>ств.</sub> =18,1 см	d <sub>ств.</sub> =15,2 см
	d <sub>кр.</sub> =6,5 м	d <sub>кр.</sub> =6,5 м	d <sub>кр.</sub> =4,6 м	d <sub>кр.</sub> =4,3 м	d <sub>кр.</sub> =2,8 м
Адрес	Автодорога в аэропорт Емельяново*	ул. Академика Киренского, 5	ул. Елены Стасовой	ул. Матросова, 26	ул. 26 Бакинских Комиссаров, 48
				Ул. Копылова	
g2	h=25,3 м	h=22,9 м	h=17,2 м	h=16,2 м	h=13,5 м
	d <sub>ств.</sub> =68,4 см	d <sub>ств.</sub> =56 см	d <sub>ств.</sub> =50 см	d <sub>ств.</sub> =50,4 см	d <sub>ств.</sub> =44 см
	d <sub>кр.</sub> =12,3 м	d <sub>кр.</sub> =12,4 м	d <sub>кр.</sub> =11 м	d <sub>кр.</sub> =11 м	d <sub>кр.</sub> =7,2 м
Адрес	-	Академгородок	«УЗС»	ул. Быковского, Школа №85	ул. 26 Бакинских Комиссаров, 3
g3		h=28,8 м	h=22,9 м	h=21,4 м	h=17,5 м
		d <sub>ств.</sub> =90,1 см	d <sub>ств.</sub> =65,4 см	d <sub>ств.</sub> =64,1 см	d <sub>ств.</sub> =53,5 см
		d <sub>кр.</sub> =24,9 м	d <sub>кр.</sub> =12,6 м	d <sub>кр.</sub> =12,5 м	d <sub>кр.</sub> =11,6 м
Адрес	-	-	-	ТРЦ «Июнь»	ул. 26 Бакинских Комиссаров
s сенильное				h=21,8 м	h=18,1 м
				d <sub>ств.</sub> =64,4 см	d <sub>ств.</sub> =54,8 см
				d <sub>кр.</sub> =9,6 м	d <sub>кр.</sub> =10,9 м

Таблица Г.2 – Естественная форма роста, тип пространственной структуры - массив

	Контроль	I	II	III	IV
		Удовлетворительное	Напряженное	Конфликтное	Критическое
Саженец	h=2,1 м	h=2,1 м	h=2,1 м	h=2,1 м	h=2,1 м
	d <sub>ств.</sub> =2,5 см	d <sub>ств.</sub> =2,5 см	d <sub>ств.</sub> =2,5 см	d <sub>ств.</sub> =2,5 см	d <sub>ств.</sub> =2,5 см
	d <sub>кр.</sub> =0,6 м	d <sub>кр.</sub> =0,6 м	d <sub>кр.</sub> =0,6 м	d <sub>кр.</sub> =0,6 м	d <sub>кр.</sub> =0,6 м
	V <sub>кр.</sub> =0,5 м <sup>3</sup>	V <sub>кр.</sub> =0,5 м <sup>3</sup>	V <sub>кр.</sub> =0,5 м <sup>3</sup>	V <sub>кр.</sub> =0,5 м <sup>3</sup>	V <sub>кр.</sub> =0,5 м <sup>3</sup>
Адрес	-	-	Дворец пионеров	-	-
v			h=5,5 м		
			d <sub>ств.</sub> =6,6 см		
			d <sub>кр.</sub> =1,2 м		
			V <sub>кр.</sub> =16,6 м <sup>3</sup>		
Адрес	Красное кольцо	ул. Складская, 24		ул. Судостроительная, 91	ул. 26 Бакинских Комиссаров, 7
g1	h=15,1 м	h=16, м	h=0,0 м	h=15,3 м	h=12,8 м
	d <sub>ств.</sub> =26 см	d <sub>ств.</sub> =24,0 см	d <sub>ств.</sub> =24,0 см	d <sub>ств.</sub> =26,1 см	d <sub>ств.</sub> =25,5 см
	d <sub>кр.</sub> =4,5 м	d <sub>кр.</sub> =5,3 м	d <sub>кр.</sub> =4,1 м	d <sub>кр.</sub> = 3,5 м	d <sub>кр.</sub> = 3,2 м
	V <sub>кр.</sub> =171,9 м <sup>3</sup>	V <sub>кр.</sub> =98,6 м <sup>3</sup>	V <sub>кр.</sub> =83,5 м <sup>3</sup>	V <sub>кр.</sub> =79,2 м <sup>3</sup>	V <sub>кр.</sub> =55,7 м <sup>3</sup>
Адрес	Красное кольцо (К-4)	ул. Академика Киренского. Политех (1-4)	ул. Калинина 98/1 (2-4)	ул. Семафорная	ул. 26 Бакинских Комиссаров, 3 (4-4)
g2	h=24,6 м	h=27,6 м	h=18,8 м	h=18,8 м	h=13,8 м
	d <sub>ств.</sub> =41,0 см	d <sub>ств.</sub> =40,1 см	d <sub>ств.</sub> =40,1 см	d <sub>ств.</sub> =32,1 см	d <sub>ств.</sub> =41 см
	d <sub>кр.</sub> =10,4 м	d <sub>кр.</sub> =10,9 м	d <sub>кр.</sub> =6,4 м	d <sub>кр.</sub> =6,0 м	d <sub>кр.</sub> =4,1 м
	V <sub>кр.</sub> =886,1 м <sup>3</sup>	V <sub>кр.</sub> =1006,2 м <sup>3</sup>	V <sub>кр.</sub> =238,0 м <sup>3</sup>	V <sub>кр.</sub> =204,0 м <sup>3</sup>	V <sub>кр.</sub> =81,0 м <sup>3</sup>
Адрес	-	ул. Прибойная, 29	ул. Чернышевского, 74 парк	ул. Красноярский рабочий, 119 (3-5)	ул. 26 Бакинских Комиссаров,
g3		h=28,6 м	h=19,9 м	h=19,3 м	h=15,1 м
		d <sub>ств.</sub> =54,1 см	d <sub>ств.</sub> =48,3 см	d <sub>ств.</sub> =45,8 см	d <sub>ств.</sub> =32,0 см
		d <sub>кр.</sub> =14,8 м	d <sub>кр.</sub> =7,3 м	d <sub>кр.</sub> =6,5 м	d <sub>кр.</sub> =5,0 м
		V <sub>кр.</sub> =2170,7 м <sup>3</sup>	V <sub>кр.</sub> =362,6 м <sup>3</sup>	V <sub>кр.</sub> =252,4 м <sup>3</sup>	V <sub>кр.</sub> =147,9 м <sup>3</sup>

Таблица Г.3 – Естественная форма роста, тип пространственной структуры – букетная посадка

	Контроль	I	II	III	IV
		Удовлетворительное	Напряженное	Конфликтное	Критическое
Саженец	$h_{\text{ср.}} = 2,1 \text{ м}$	$h_{\text{ср.}} = 2,1 \text{ м}$	$h_{\text{ср.}} = 2,1 \text{ м}$	$h_{\text{ср.}} = 2,1 \text{ м}$	$h_{\text{ср.}} = 2,1 \text{ м}$
	$d_{\text{ст-ср.}} = 2,5 \text{ см}$	$d_{\text{ст-ср.}} = 2,5 \text{ см}$	$d_{\text{ст-ср.}} = 2,5 \text{ см}$	$d_{\text{ст-ср.}} = 2,5 \text{ см}$	$d_{\text{ст-ср.}} = 2,5 \text{ см}$
	$d_{\text{кр-ср.}} = 0,6 \text{ м}$	$d_{\text{кр-ср.}} = 0,6 \text{ м}$	$d_{\text{кр-ср.}} = 0,6 \text{ м}$	$d_{\text{кр-ср.}} = 0,6 \text{ м}$	$d_{\text{кр-ср.}} = 0,6 \text{ м}$
	$v_{\text{кр.}} = 0,5 \text{ м}^3$	$v_{\text{кр.}} = 0,5 \text{ м}^3$	$v_{\text{кр.}} = 0,5 \text{ м}^3$	$v_{\text{кр.}} = 0,5 \text{ м}^3$	$v_{\text{кр.}} = 0,5 \text{ м}^3$
Адрес	ул. Промышленная, 11, с. Дрокино	-	ул. Конституции СССР, 1. Дворец пионеров	Остров Отдыха	ул. 26 Бакинских Комиссаров
g1	$h_{\text{ср.}} = 14,9 \text{ м}$		$h_{\text{ср.}} = 12,9 \text{ м}$	$h_{\text{ср.}} = 10,7 \text{ м}$	$h_{\text{ср.}} = 11,5 \text{ м}$
	$d_{\text{ст-ср.}} = 30 \text{ см}$		$d_{\text{ст-ср.}} = 26,2 \text{ см}$	$d_{\text{ст-ср.}} = 15,5 \text{ см}$	$d_{\text{ст-ср.}} = 16,5 \text{ см}$
	$d_{\text{кр-ср.}} = 3,8 \text{ м}$		$d_{\text{кр-ср.}} = 2,8 \text{ м}$	$d_{\text{кр-ср.}} = 3,2 \text{ м}$	$d_{\text{кр1}} = 2,3 \text{ м}$
	$v_{\text{кр.}} = 85,0 \text{ м}^3$		$v_{\text{кр.}} = 34 \text{ м}^3$	$v_{\text{кр.}} = 33,0 \text{ м}^3$	$v_{\text{кр.}} = 24,2 \text{ м}^3$
Адрес	с. Дрокино	-	ул. Подъёмная, 8	ул. Курчатова 50	ул. 26 Бакинских Комиссаров, 7
g2	$h_{\text{ср.}} = 22,4 \text{ м}$		$h_{\text{ср.}} = 22,4 \text{ м}$	$h_{\text{ср.}} = 18,5 \text{ м}$	$h_{\text{ср.}} = 17,4 \text{ м}$
	$d_{\text{ст-ср.}} = 52,4 \text{ см}$		$d_{\text{ст-ср.}} = 45,9 \text{ см}$	$d_{\text{ст-ср.}} = 35 \text{ см}$	$d_{\text{ст-ср.}} = 32 \text{ см}$
	$d_{\text{кр-ср.}} = 8,8 \text{ м}$		$d_{\text{кр-ср.}} = 8,2 \text{ м}$	$d_{\text{кр-ср.}} = 8,2 \text{ м}$	$d_{\text{кр-ср.}} = 7,2 \text{ м}$
	$v_{\text{кр.}} = 623,2 \text{ м}^3$		$v_{\text{кр.}} = 333,4 \text{ м}^3$	$v_{\text{кр.}} = 330,0 \text{ м}^3$	$v_{\text{кр.}} = 320,0 \text{ м}^3$
Адрес	-	Академгородок. Институт экологии	ул. Академика Киренского, 5	ул. Партизана Железняк, 23 ТРЦ Июнь	ул. 26 Бакинских Комиссаров
g3		$h_{\text{ср.}} = 24,5 \text{ м}$	$h_{\text{ср.}} = 24,2 \text{ м}$	$h_{\text{ср.}} = 19,1 \text{ м}$	$h_{\text{ср.}} = 18,5 \text{ м}$
		$d_{\text{ст-ср.}} = 68,0 \text{ см}$	$d_{\text{ст-ср.}} = 65,0 \text{ см}$	$d_{\text{ст-ср.}} = 62,0 \text{ см}$	$d_{\text{ст-ср.}} = 35,1 \text{ см}$
		$d_{\text{кр-ср.}} = 11,4 \text{ м}$	$d_{\text{кр-ср.}} = 11,6 \text{ м}$	$d_{\text{кр-ср.}} = 11,9 \text{ м}$	$d_{\text{кр-ср.}} = 8,3 \text{ м}$
		$v_{\text{кр.}} = 1100,31 \text{ м}^3$	$v_{\text{кр.}} = 975,1 \text{ м}^3$	$v_{\text{кр.}} = 854,1 \text{ м}^3$	$v_{\text{кр.}} = 414,4 \text{ м}^3$

Таблица Г.4 – Естественная форма роста, тип пространственной структуры – рядовая посадка

	Контроль	I	II	III	IV
		Удовлетворительное	Напряженное	Конфликтное	Критическое
Саженец	h=2,1 м	h=2,1 м	h=2,1 м	h=2,1 м	h=2,1 м
	d <sub>ств.</sub> =2,5 см	d <sub>ств.</sub> =2,5 см	d <sub>ств.</sub> =2,5 см	d <sub>ств.</sub> =2,5 см	d <sub>ств.</sub> =2,5 см
	d <sub>кр.</sub> =0,6 м	d <sub>кр.</sub> =0,6 м	d <sub>кр.</sub> =0,6 м	d <sub>кр.</sub> =0,6 м	d <sub>кр.</sub> =0,6 м
	v <sub>кр.</sub> =0,5 м <sup>3</sup>	v <sub>кр.</sub> =0,5 м <sup>3</sup>	v <sub>кр.</sub> =0,5 м <sup>3</sup>	v <sub>кр.</sub> =0,5 м <sup>3</sup>	v <sub>кр.</sub> =0,5 м <sup>3</sup>
Адрес	-	-	Ярыгинская набережная, 25	-	-
g1			h=14,2 м		
			d <sub>ств.</sub> =21,0 см		
			d <sub>кр.</sub> =3,9 м		
			v <sub>кр.</sub> =170 м <sup>3</sup>		
Адрес	-	Академгородок. Институт экологии	ул. ак. Киренского, 5	ул. Металлургов	-
g2		h=25,4 м	h=17,9 м	h=17,4 м	
		d <sub>ств.</sub> =40,4 см	d <sub>ств.</sub> =39 см	d <sub>ств.</sub> =28,5 см	
		d <sub>кр.</sub> =6,0 м	d <sub>кр.</sub> =5,8 м	d <sub>кр.</sub> =5,8 м	
		v <sub>кр.</sub> =859 м <sup>3</sup>	v <sub>кр.</sub> =278,4 м <sup>3</sup>	v <sub>кр.</sub> =260 м <sup>3</sup>	
Адрес	-	Академгородок. Институт экологии	Академгородок. ост. Школа глухонемых	Остров Отдыха	-
g3		h=27,4 м	h=22,1 м	h=20,4 м	
		d <sub>ств.</sub> =65,4 см	d <sub>ств.</sub> =50,9 см	d <sub>ств.</sub> =45 см	
		d <sub>кр.</sub> =10,2 м	d <sub>кр.</sub> =8,8 м	d <sub>кр.</sub> =8,3 м	
		v <sub>кр.</sub> =2400 м <sup>3</sup>	v <sub>кр.</sub> =562,7 м <sup>3</sup>	v <sub>кр.</sub> =548,6 м <sup>3</sup>	

Обозначения в таблицах:

h – высота дерева, d<sub>ств.</sub> – диаметр ствола, d<sub>кр.</sub> – диаметр кроны, v<sub>кр.</sub> – объем кроны;

средние арифметические значения биометрических параметров для типа пространственной структуры – букетная посадка:

h<sub>ср.</sub> – высота деревьев, d<sub>ств.-ср.</sub> – диаметр деревьев, d<sub>кр.-ср.</sub> – диаметр кроны деревьев, v<sub>кр.</sub> – объем кроны

## Приложение Д

### Условные обозначения экологических свойств растений

Таблица Д.1 - Условные обозначения экологических свойств растений

Экологические свойства растений		
Свет	Светолюбивые	
	Теневыносливые	
	Полутеневыносливые	
Тепло	Зона 1 - весьма морозостойкие	
	Зона 2 – морозостойкие	
	Зона 3 – умеренной морозостойкие	
	Зона 4 - неморозостойкие	
Влага	Требовательные к влаге - гигрофиты	
	Средней требовательности к влаге – мезофиты	
	Малотребовательные к влаге – ксерофиты	
Воздух	Циркуляция (ветер): Ветроустойчивые	
	Газовый состав: Дымостойкие	
	Газостойкие	
	Негазостойкие	
Эдафические факторы (почва)	Требовательные	
	Средней требовательности	
	Нетребовательные	
Актуальная кислотность	Нейтральная	
	Кислая	
	Щелочная	
Корневая система	Сильно разветвленная, пластичная, проникающая вглубь почвогрунта	

Окончание таблицы Д.1

	Сильно разветвленная, с глубоко идущим стержневым корнем		
	Мощная, с глубоко идущими боковыми корнями, выходящая за пределы проекции кроны. Стержневой корень отсутствует		
	Поверхностная, с неглубоким стержневым		
Рекомендации для озеленения различных категорий насаждений			
	Образует пневую поросль		
Общего пользования	Ограниченного пользования	Специального назначения	Улицы и магистрали
			

## Приложение Е

### Биометрические параметры тополя бальзамического после радикальной обрезки на «столб» без дальнейшего формирования кроны

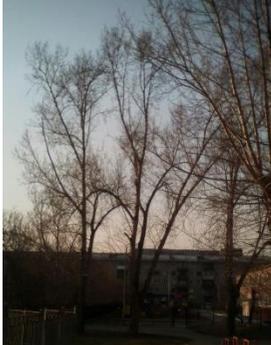
Таблица Е.1 - Биометрические параметры тополя бальзамического после радикальной обрезки на «столб» без дальнейшего формирования кроны

Условия произрастания: I - удовлетворительные		II - напряженные		III - конфликтные		IV - критические	
Адрес	ул. Софьи Ковалевской, 2	Адрес	ул. Матросова, 18	Адрес	ул. Баумана «Троя Парк»	Адрес	ул. Калинина 63/3
1 год							
	$h_{ст.} = 4,1 \text{ м}$ $d_{ст.} = 40,1 \text{ см}$ $h_{лп.} = 2,1 \text{ м}$ $h_{шп.} = \text{нет}$ $d_{лп.} = 1,8 \text{ см}$ $d_{кр.} = 2,2 \text{ м}$ $v_{кр.} = 5,3 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 38 \text{ см}$ $KП_{общ.} = 178 \text{ шт}$ $KП_{л.} = 0$	$h_{ст.} = 12,9 \text{ м}$ $d_{ст.} = 38 \text{ см}$ $h_{лп.} = 2,0 \text{ м}$ $h_{шп.} = \text{нет}$ $d_{лп.} = 1,6 \text{ см}$ $d_{кр.} = 1,9 \text{ м}$ $v_{кр.} = 3,7 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 39 \text{ см}$ $KП_{общ.} = 64$ $KП_{л.} = 0$	$h_{ст.} = 3,1 \text{ м}$ $d_{ст.} = 49,6 \text{ см}$ $h_{лп.} = 1,9 \text{ м}$ $h_{шп.} = \text{нет}$ $d_{лп.} = 1,5 \text{ см}$ $d_{кр.} = 1,6 \text{ м}$ $v_{кр.} = 2,5 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 51 \text{ см}$ $KП_{общ.} = 75$ $KП_{л.} = 0$	$h_{ст.} = 11,1 \text{ м}$ $d_{ст.} = 51,2 \text{ см}$ $h_{лп.} = 1,1 \text{ м}$ $h_{шп.} = \text{нет}$ $d_{лп.} = 1,3 \text{ см}$ $d_{кр.} = 1,4 \text{ м}$ $v_{кр.} = 1,1 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 24,7 \text{ см}$ $KП_{общ.} = 41$ $KП = 0$			
Адрес	ул. Елены Стасовой	Адрес	ул. Можайского, 7	Адрес	ул. Баумана «Троя Парк»	Адрес	ул. Свердловская ост. ДОК

2 год				
	<p> <math>h_{ст.} = 3 \text{ м}</math>  <math>d_{ст.} = 41,7 \text{ см}</math>  <math>h_{лп.} = 3,8 \text{ м}</math>  <math>h_{шп.} = 0,6 \text{ м}</math>  <math>d_{лп.} = 3,9 \text{ см}</math>  <math>d_{кр.} = 3,7 \text{ м}</math>  <math>v_{кр.} = 27,2 \text{ м}^3</math>  <math>d_{кп.} = 34,2 \text{ см}</math>  <math>КП_{общ.} = 67 \text{ шт}</math>  <math>КП_{л.} = 6 \text{ шт}</math> </p>	<p> <math>h_{ст.} = 4,1 \text{ м}</math>  <math>d_{ст.} = 44,9 \text{ см}</math>  <math>h_{лп.} = 3,2 \text{ м}</math>  <math>h_{шп.} = 0,7 \text{ м}</math>  <math>d_{лп.} = 3,8 \text{ см}</math>  <math>d_{кр.} = 3,5 \text{ м}</math>  <math>v_{кр.} = 20,5 \text{ м}^3</math>  <math>d_{кп.} = 28,4 \text{ см}</math>  <math>КП_{общ.} = 108 \text{ шт}</math>  <math>КП_{л.} = 14 \text{ шт}</math> </p>	<p> <math>h_{ст.} = 4,4 \text{ м}</math>  <math>d_{ст.} = 24,6 \text{ см}</math>  <math>h_{лп.} = 2,9 \text{ м}</math>  <math>h_{шп.} = 0,3 \text{ м}</math>  <math>d_{лп.} = 2,5 \text{ см}</math>  <math>d_{кр.} = 2,1 \text{ м}</math>  <math>v_{кр.} = 6,6 \text{ м}^3</math>  <math>d_{кп.} = 21,4 \text{ см}</math>  <math>КП_{общ.} = 116 \text{ шт}</math>  <math>КП_{л.} = 3 \text{ шт}</math> </p>	<p> <math>h_{ст.} = 4,2 \text{ м}</math>  <math>d_{ст.} = 31,2 \text{ см}</math>  <math>h_{лп.} = 1,7 \text{ м}</math>  <math>h_{шп.} = 0,0</math>  <math>d_{лп.} = 1,5 \text{ см}</math>  <math>d_{кр.} = 2,0 \text{ м}</math>  <math>v_{кр.} = 3,5 \text{ м}^3</math>  <math>d_{кп.} = 32 \text{ см}</math>  <math>КП_{общ.} = 74 \text{ шт}</math>  <math>КП_{л.} = 6 \text{ шт}</math> </p>
Адрес	ул. Чернышевского, 74	ул. Марковского, 47	пр. Свободный	ул. Свердловская, 101
3-7 лет				

	$h_{ст.} = 3,6 \text{ м}$ $d_{ст.} = 32,8 \text{ см}$ $h_{лп.} = 5,1 \text{ м}$ $h_{шп.} = 0,5 \text{ м}$ $d_{лп.} = 5,7 \text{ см}$ $d_{кр.} = 5,7 \text{ м}$ $v_{кр.} = 86,7 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 24,2 \text{ см}$ $KП_{общ.} = 25 \text{ шт}$ $KП_{л.} = 5 \text{ шт}$	$h_{ст.} = 9,6 \text{ м}$ $d_{ст.} = 59,5 \text{ см}$ $h_{лп.} = 4,9 \text{ м}$ $h_{шп.} = 0,3 \text{ м}$ $d_{лп.} = 5,4 \text{ см}$ $d_{кр.} = 5,2 \text{ м}$ $v_{кр.} = 69,3 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 66 \text{ см}$ $KП_{общ.} = 98 \text{ шт}$ $KП_{л.} = 17 \text{ шт}$	$h_{ст.} = 4,3 \text{ м}$ $d_{ст.} = 34 \text{ см}$ $h_{лп.} = 3,7 \text{ м}$ $h_{шп.} = 0,3 \text{ м}$ $d_{лп.} = 4,0 \text{ см}$ $d_{кр.} = 3,2 \text{ м}$ $v_{кр.} = 19,8 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 36,4 \text{ см}$ $KП_{общ.} = 78 \text{ шт}$ $KП_{л.} = 12 \text{ шт}$	$h_{ст.} = 3 \text{ м}$ $d_{ст.} = 49,2 \text{ см}$ $h_{лп.} = 2,6 \text{ м}$ $h_{шп.} = 0,9 \text{ м}$ $d_{лп.} = 2,6 \text{ см}$ $d_{кр.} = 2,7 \text{ м}$ $v_{кр.} = 9,9 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 40,4 \text{ см}$ $KП_{общ.} = 14 \text{ шт}$ $KП_{л.} = 4 \text{ шт}$
Адрес	Парк Юннатов	ул. Марковского 55	ул. Свердловская «Кафе Замок»	ул. Фестивальная, 4
V-1				
	$h_{ст.} = 3,8 \text{ м}$ $d_{ст.} = 58,2 \text{ см}$ $h_{лп.} = 7,9 \text{ м}$ $h_{шп.} = 2,3 \text{ м}$ $d_{лп.} = 8,3 \text{ см}$ $d_{кр.} = 6,9 \text{ м}$ $v_{кр.} = 196,9 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 64,2 \text{ см}$ $KП_{общ.} = 53 \text{ шт}$ $KП_{л.} = 8 \text{ шт}$	$h_{ст.} = 5,0 \text{ м}$ $d_{ст.} = 52,5 \text{ см}$ $h_{лп.} = 7,7 \text{ м}$ $h_{шп.} = 3,2 \text{ м}$ $d_{лп.} = 8,2 \text{ см}$ $d_{кр.} = 6,1 \text{ м}$ $v_{кр.} = 150,0 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 87 \text{ см}$ $KП_{общ.} = 62 \text{ шт}$ $KП_{л.} = 11 \text{ шт}$	$h_{ст.} = 3,4 \text{ м}$ $d_{ст.} = 30,9 \text{ см}$ $h_{лп.} = 6,9 \text{ м}$ $h_{шп.} = 1,8 \text{ м}$ $d_{лп.} = 7,7 \text{ см}$ $d_{кр.} = 5,5 \text{ м}$ $v_{кр.} = 109,2 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 32 \text{ см}$ $KП_{общ.} = 34 \text{ шт}$ $KП_{л.} = 5 \text{ шт}$	$h_{ст.} = 4,3 \text{ м}$ $d_{ст.} = 50 \text{ см}$ $h_{лп.} = 6,1 \text{ м}$ $h_{шп.} = 1,4 \text{ м}$ $d_{лп.} = 6,4 \text{ см}$ $d_{кр.} = 3,9 \text{ м}$ $v_{кр.} = 48,5 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 61 \text{ см}$ $KП_{общ.} = 64 \text{ шт}$ $KП_{л.} = 15 \text{ шт}$

Адрес	ул. Академика Киренского, 70	пер. Медицинский. Гимназия №14	ул. 26 Бакинских Комиссаров, 3	Сквер ТЭЦ-1
V-2				
	$h_{ст.} = 4 \text{ м}$ $d_{ст.} = 48,7 \text{ см}$ $h_{лп.} = 10,4 \text{ м}$ $h_{шп.} = 1,9 \text{ м}$ $d_{лп.} = 15,4 \text{ см}$ $d_{кр.} = 10,0 \text{ м}$ $V_{кр.} = 544,5 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 38,1 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 24 шт КП <sub>л.</sub> = 7 шт	$h_{ст.} = 5,2 \text{ м}$ $d_{ст.} = 45,5 \text{ см}$ $h_{лп.} = 9,7 \text{ м}$ $h_{шп.} = 1,6 \text{ м}$ $d_{лп.} = 15,0 \text{ см}$ $d_{кр.} = 9,0 \text{ м}$ $V_{кр.} = 411,3 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 37,9 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 22 шт КП <sub>л.</sub> = 6 шт	$h_{ст.} = 3,9 \text{ м}$ $d_{ст.} = 57,6 \text{ см}$ $h_{лп.} = 7,6 \text{ м}$ $h_{шп.} = 2 \text{ м}$ $d_{лп.} = 14,6 \text{ см}$ $d_{кр.} = 8,0 \text{ м}$ $V_{кр.} = 254,6 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 63,7 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 22 шт КП <sub>л.</sub> = 5 шт	$h_{ст.} = 3,8 \text{ м}$ $d_{ст.} = 45,2 \text{ см}$ $h_{лп.} = 7,1 \text{ м}$ $h_{шп.} = 3,4 \text{ м}$ $d_{лп.} = 11,9 \text{ см}$ $d_{кр.} = 6,0 \text{ м}$ $V_{кр.} = 133,8 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 56,4 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 11 шт КП <sub>л.</sub> = 3 шт
Адрес	Ул. Академика Киренского, 9	Красноярский Рабочий, 189	Ул. Свердловская, 2В «Аллигатор»	Ул. Пограничников, 42. КРАМЗ
g1				

	$h_{ст.} = 3,8 \text{ м}$ $d_{ст.} = 50,9 \text{ см}$ $h_{лп.} = 16,1 \text{ м}$ $h_{шп.} = 3,9 \text{ м}$ $d_{лп.} = 19,4 \text{ см}$ $d_{кр.} = 12,4 \text{ м}$ $V_{кр.} = 1296,1 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 69 \text{ см}$ $КП_{общ.} = 18 \text{ шт}$ $КП_{л.} = 7 \text{ шт}$	$h_{ст.} = 3,7 \text{ м}$ $d_{ст.} = 56,6 \text{ см}$ $h_{лп.} = 15,2 \text{ м}$ $h_{шп.} = 3,7 \text{ м}$ $d_{лп.} = 18,6 \text{ см}$ $d_{кр.} = 12,1 \text{ м}$ $V_{кр.} = 1165,2 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 66 \text{ см}$ $КП_{общ.} = 25 \text{ шт}$ $КП_{л.} = 6 \text{ шт}$	$h_{ст.} = 1,9 \text{ м}$ $d_{ст.} = 42 \text{ см}$ $h_{лп.} = 11,4 \text{ м}$ $h_{шп.} = 2,1 \text{ м}$ $d_{лп.} = 15,1 \text{ см}$ $d_{кр.} = 9,8 \text{ м}$ $V_{кр.} = 573,2 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 59 \text{ см}$ $КП_{общ.} = 18 \text{ шт}$ $КП_{л.} = 11 \text{ шт}$	$h_{ст.} = 4,5 \text{ м}$ $d_{ст.} = 41,4 \text{ см}$ $h_{лп.} = 9,5 \text{ м}$ $h_{шп.} = 2,9 \text{ м}$ $d_{лп.} = 12,4 \text{ см}$ $d_{кр.} = 7,2 \text{ м}$ $V_{кр.} = 257,8 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 37,6 \text{ см}$ $КП_{общ.} = 14 \text{ шт}$ $КП_{л.} = 9 \text{ шт}$
Адрес	Ул. Софьи Ковалевской	Пер. Медицинский, 29	Ул. Свердловская, 15	Ул. Матросова, 30у
g2				
	$h_{ст.} = 4,1 \text{ м}$ $d_{ст.} = 81 \text{ см}$ $h_{лп.} = 18,4 \text{ м}$ $h_{шп.} = 5 \text{ м}$ $d_{лп.} = 26,1 \text{ см}$ $d_{кр.} = 14,9 \text{ м}$ $V_{кр.} = 2138,8 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 86 \text{ см}$ $КП_{общ.} = 11 \text{ шт}$ $КП_{л.} = 3 \text{ шт}$	$h_{ст.} = 3,1 \text{ м}$ $d_{ст.} = 72,2 \text{ см}$ $h_{лп.} = 17,6 \text{ м}$ $h_{шп.} = 5,2 \text{ м}$ $d_{лп.} = 24,8 \text{ см}$ $d_{кр.} = 13,6 \text{ м}$ $V_{кр.} = 1704,4 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 94,5$ $КП_{общ.} = 4 \text{ шт}$ $КП_{л.} = 3 \text{ шт}$	$h_{ст.} = 3,3 \text{ м}$ $d_{ст.} = 59,2 \text{ см}$ $h_{лп.} = 13,7 \text{ м}$ $h_{шп.} = 2 \text{ м}$ $d_{лп.} = 17,7 \text{ см}$ $d_{кр.} = 10,4 \text{ м}$ $V_{кр.} = 775,8 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 60,3 \text{ см}$ $КП_{общ.} = 11 \text{ шт}$ $КП_{л.} = 5 \text{ шт}$	$h_{ст.} = 3,4 \text{ м}$ $d_{ст.} = 45,8 \text{ см}$ $h_{лп.} = 12,1 \text{ м}$ $h_{шп.} = 2,5 \text{ м}$ $d_{лп.} = 16,8 \text{ см}$ $d_{кр.} = 9,7 \text{ м}$ $V_{кр.} = 596,1 \text{ м}^3$ $d_{кп.} = 33,8 \text{ см}$ $КП_{общ.} = 7 \text{ шт}$ $КП_{л.} = 5 \text{ шт}$

Примечание:

$h_{ст.}$  – высота «столба», м  
 $d_{ст.}$  – диаметр «столба», см

$h_{лп}$  - высота лидирующего побега, м

$h_{шп}$  - высота штамба лидирующего побега, м

$d_{лп}$  - диаметр лидирующего побега, см

$d_{кр}$  - общий диаметр кроны, м

$v_{кр}$  - объём кроны, м<sup>3</sup>

$d_{кп}$  - диаметр крепления побегов, см

$KП_{общ.}$  - количество побегов общее, шт

$KП_{л}$  - количество лидирующих побегов, шт

## Приложение Ж

### Экологический паспорт объекта озеленения

#### 1. Общие характеристики объекта

**сквер «Автовокзал» г. Красноярск, Советский район, ул. Аэровокзальная, 2**

Категория объекта по функциональному назначению: общего пользования

Даты обследования объекта – май 2002 г., май 2019 г.

Общая площадь - 0,3 га. Уровень техногенной нагрузки напряженный



#### 2. Баланс территории объекта

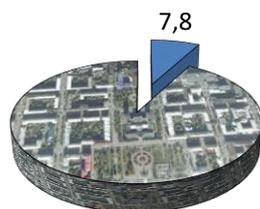
Периметр объекта: 460 м

Площадь объекта: 1,06 га

Пространственная форма объекта снижает экологическую устойчивость зеленых насаждений

2.2 Функционально-планировочные зоны, м<sup>2</sup>(%):

- зона главного входа - 750 (7,8%)
- зона тихого отдыха - 9850 (92,2%)



92,2

■ Зона главного входа    ■ Зона тихого отдыха



■ Зеленные насаждения  
 ■ Дорожно-тропиночная сеть  
 ■ Здания, сооружения, маф

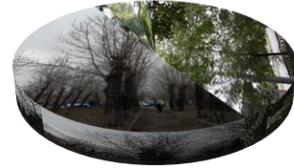
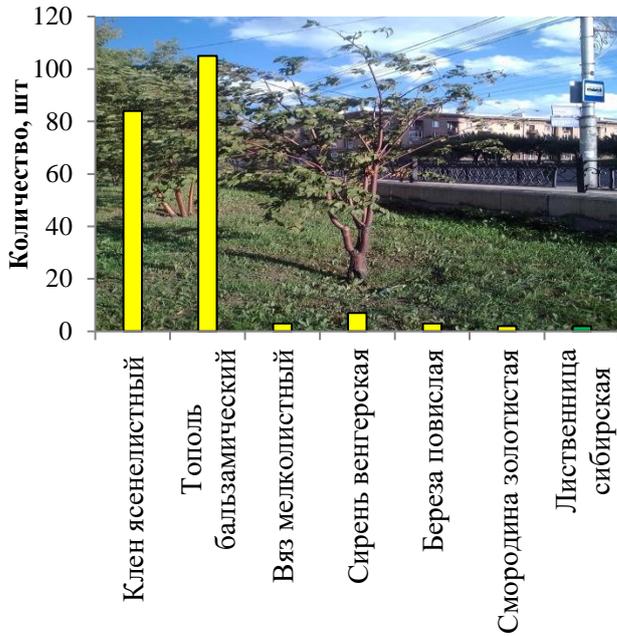
#### 3. Растительность.

Количество:

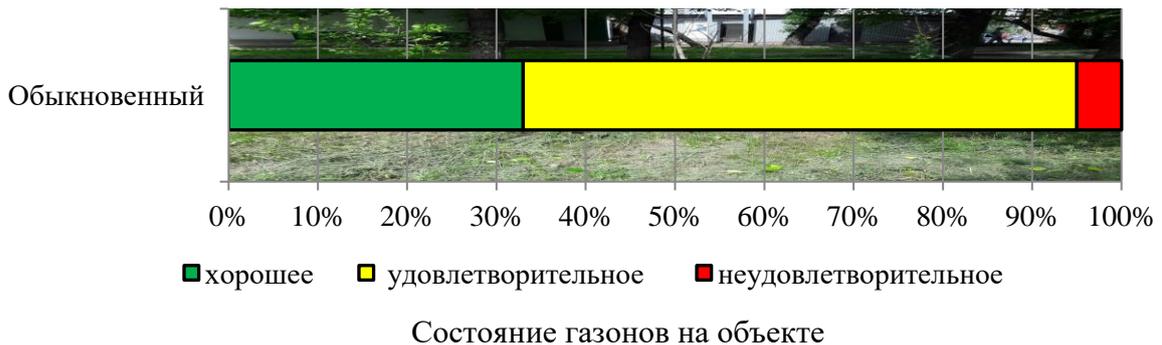
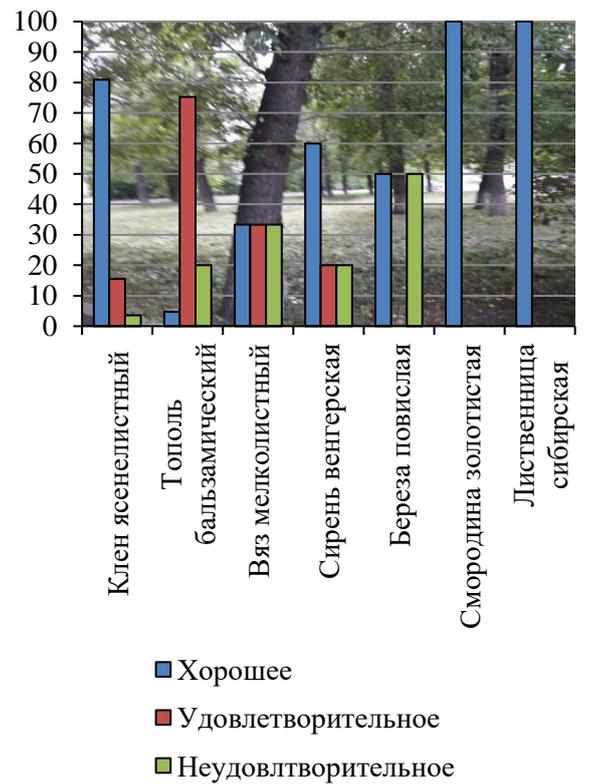
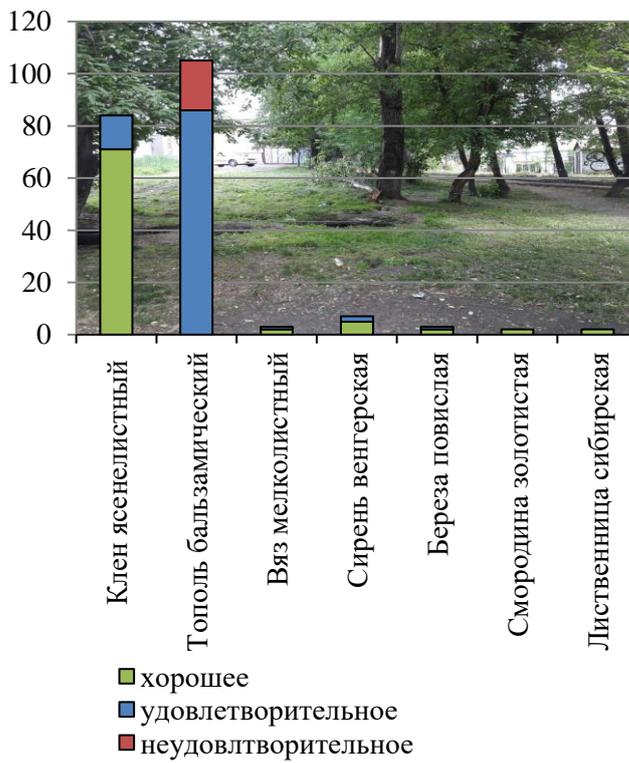
- деревьев - 206 шт.
- кустарников - 6 шт.

Площадь:

- газонов - 8534 м<sup>2</sup>
- цветников - 15,2 м<sup>2</sup>



- Клен ясенелистный
- Тополь бальзамический
- Вяз мелколистный
- Сирень венгерская
- Береза повислая
- Смородина золотистая
- Лиственница сибирская



Состояние газонов на объекте

#### 4. Дорожно-тропиночная сеть

Площадь, м<sup>2</sup>:

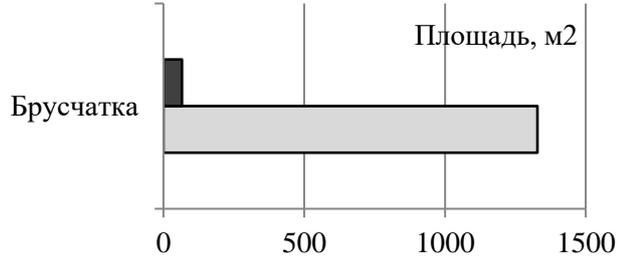
- дорожек - 187

Протяженность дорожно-тропиночной сети, м: 465

Плотность дорожно-тропиночной сети, м/м<sup>2</sup> 0,33

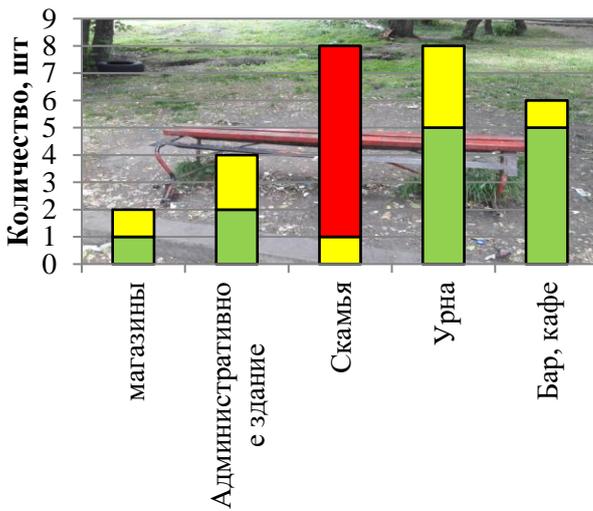


Брусчатка  
100%



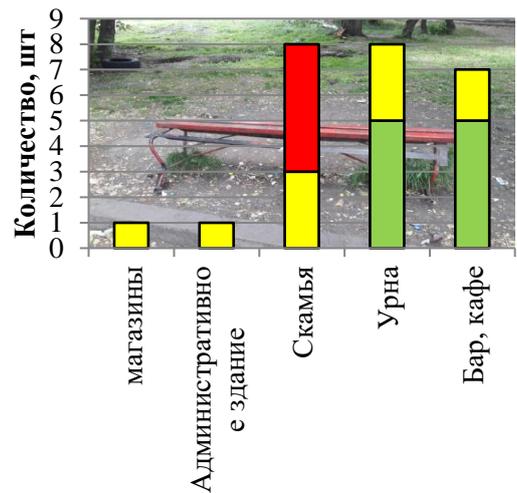
- Площадь покрытий, требующих ремонта
- Площадь покрытий, не требующих ремонта

#### 5. Здания, сооружения, малые архитектурные формы, оборудование



- Неудовлетворительное
- Удовлетворительное
- Хорошее

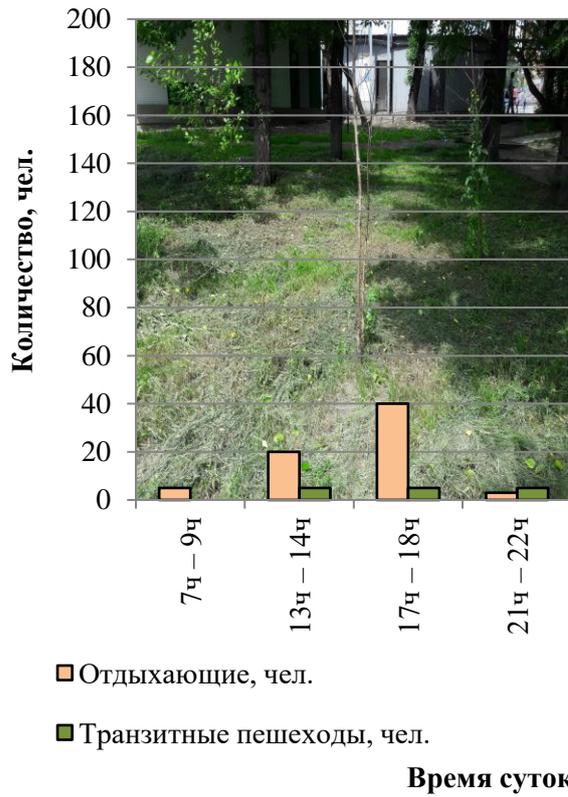
Техническое состояние архитектурных объектов



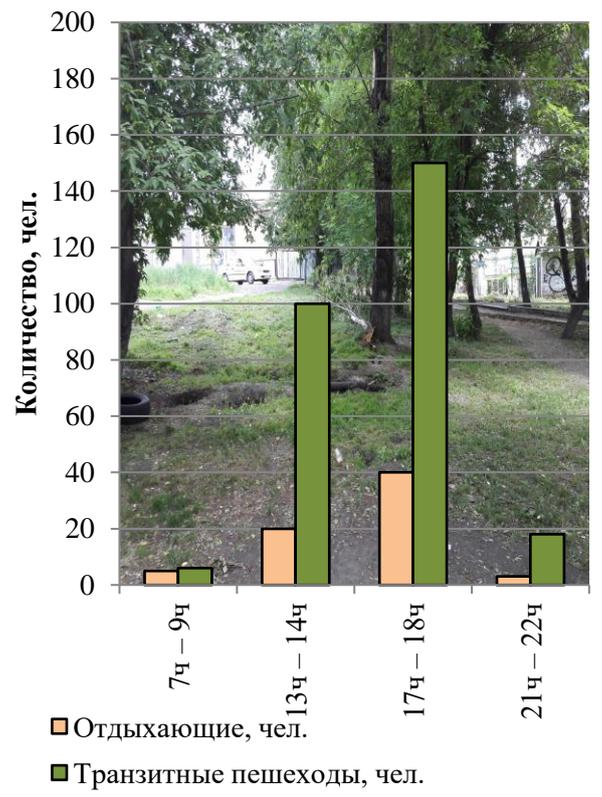
- Неудовлетворительное
- Удовлетворительное
- Хорошее

Эстетическое состояние архитектурных объектов

### 6. Рекреационная нагрузка

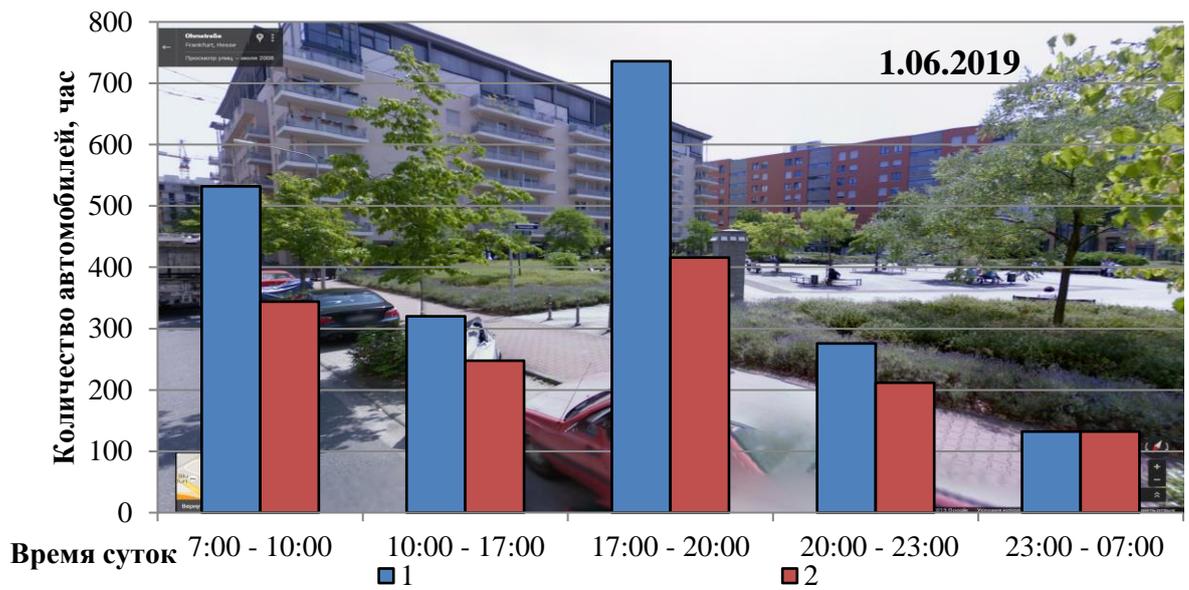


Выходные дни

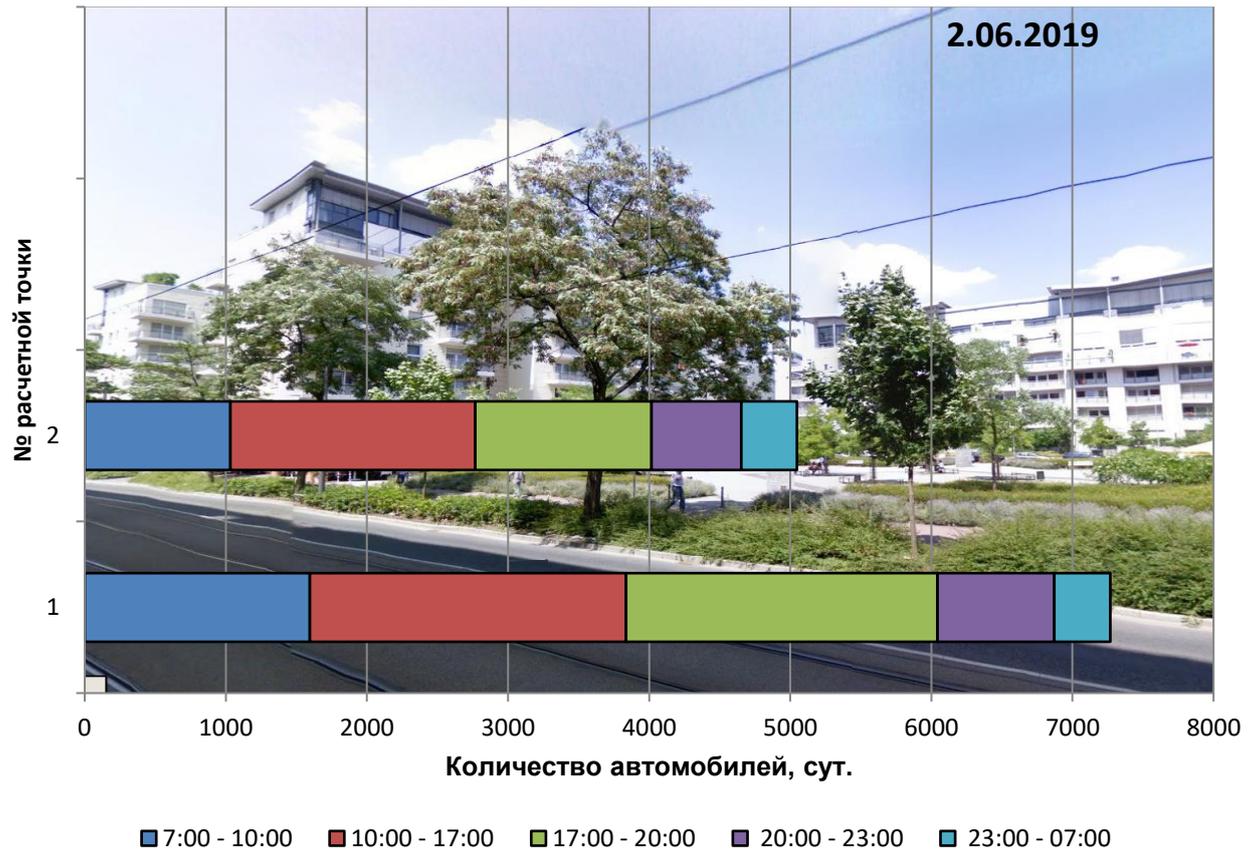


Рабочие дни

### 7. Автотранспортная нагрузка. Поток транспорта на прилегающих магистралях

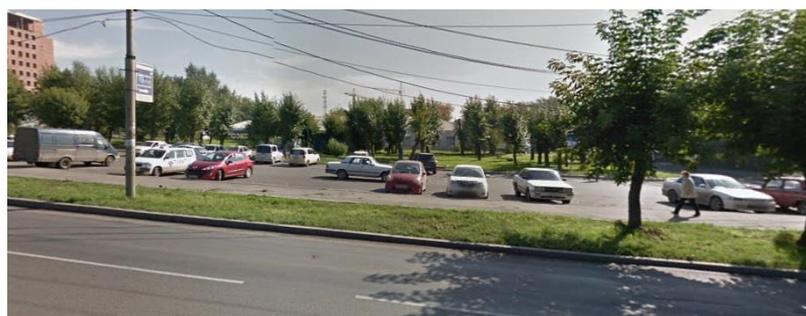


Поток автотранспорта в различное время суток, шт./час (расчетная точка 1)

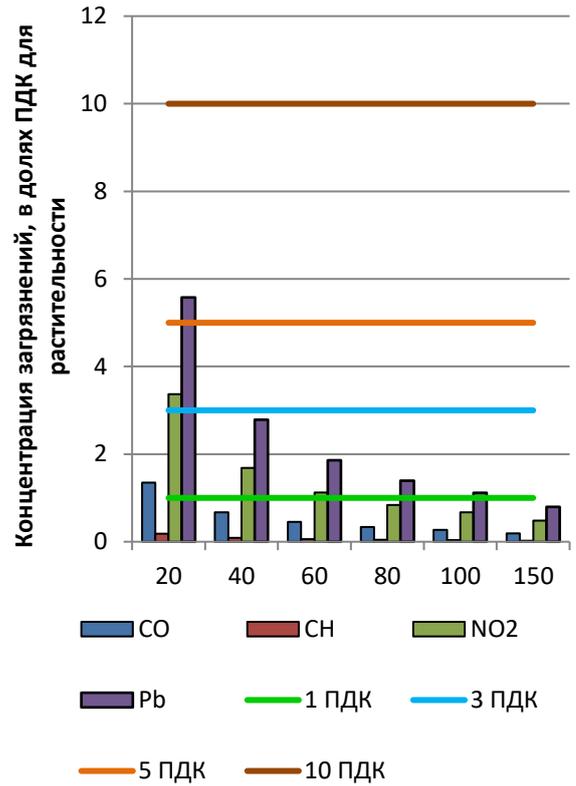
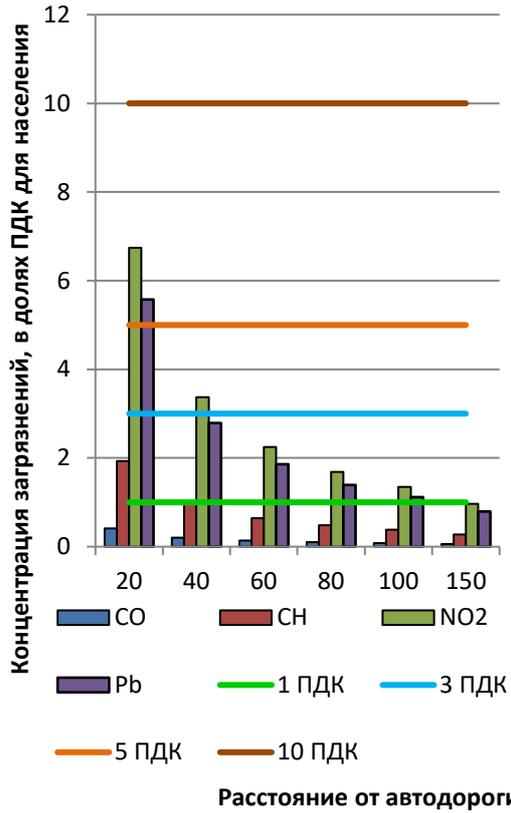


Поток автотранспорта в расчетных точках, шт./сут.

Расчет степени загрязнения атмосферного воздуха в придорожной полосе от воздействия автотранспорта



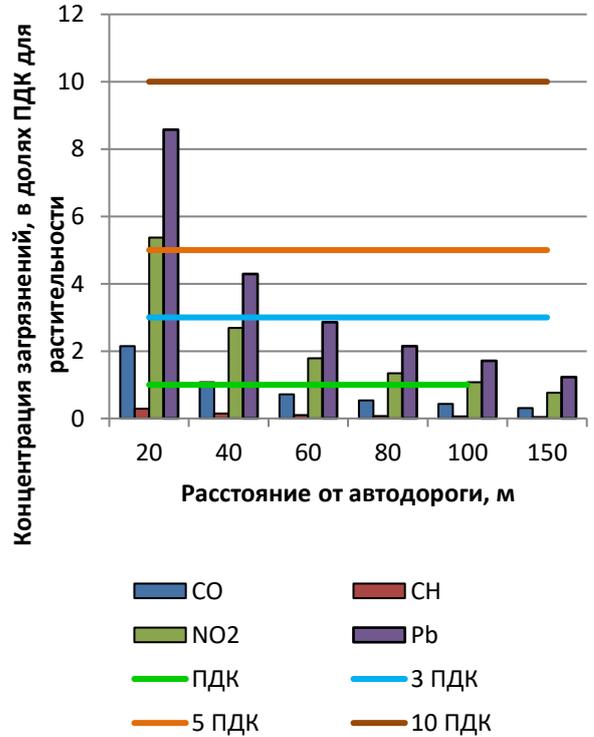
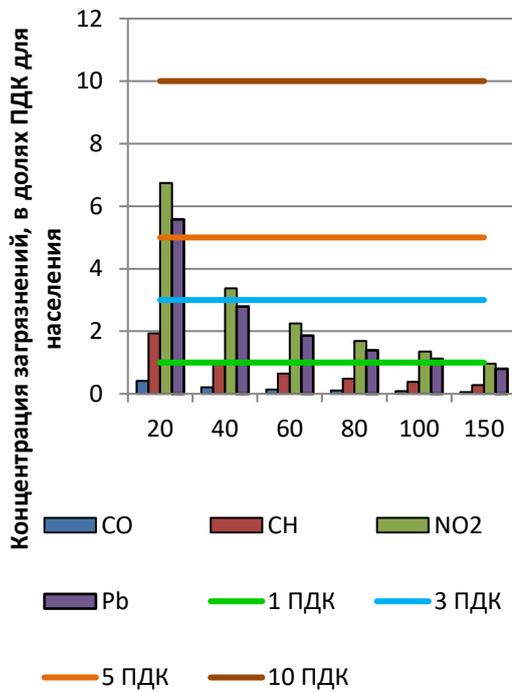
Расчетная точка № 1, ул. Аэровокзальная - , расстояние от автодороги 10 м



Концентрация загрязнения атмосферного воздуха на объекте озеленения от воздействия автотранспорта, в долях ПДК

для населения  
Расчетная точка № 2

для растительности



Концентрация загрязнения атмосферного воздуха на объекте озеленения от воздействия автотранспорта, в долях ПДК

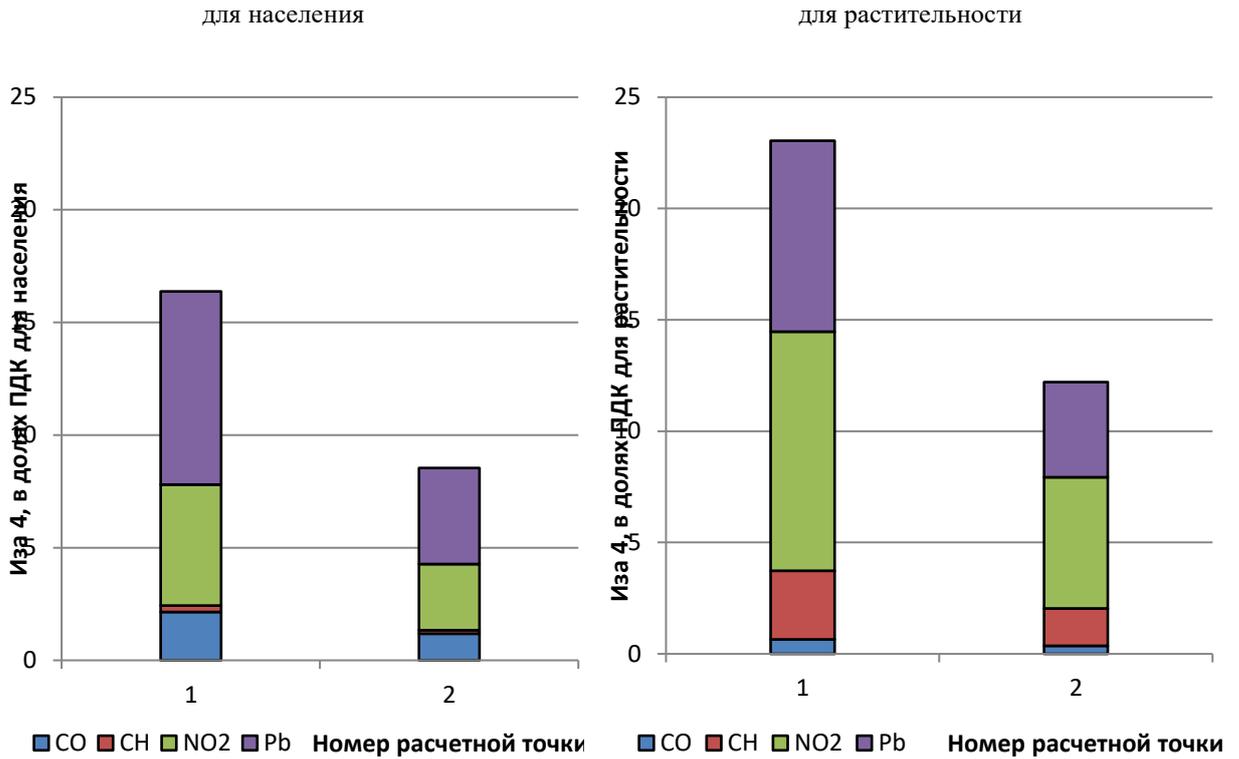
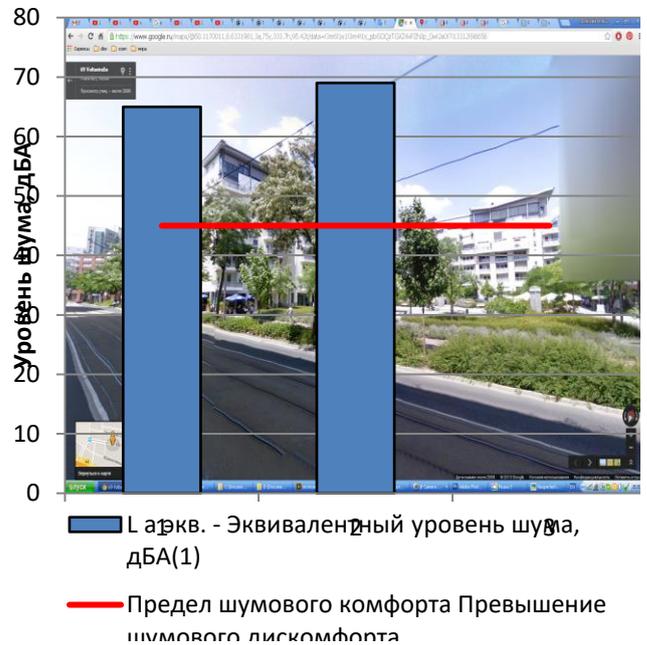
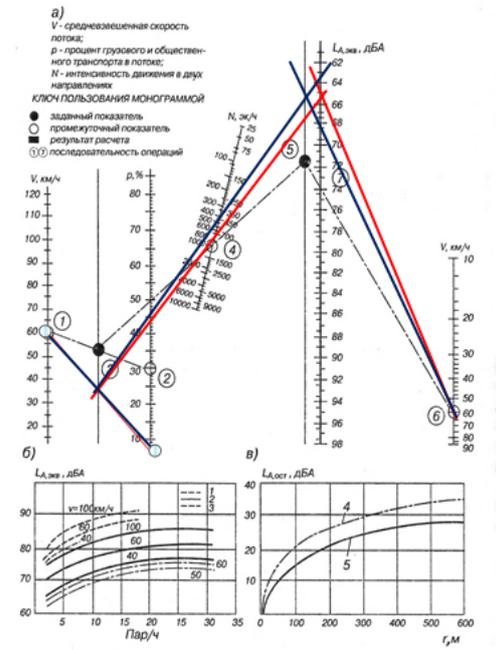


Рисунок 30 - Индекс загрязнения атмосферного воздуха по 4 расчетным примесям (ИЗА 4), в долях ПДК в 20 метрах от автодороги

для населения

для растительности

Расчет шумовой нагрузки от автотранспорта



Расчет уровня шума от автотранспорта Оценка шумового дискомфорта (по номограмме) [Маслов, 2001]

Расчетный уровень шума 65 дБА на 15 дБА превышает нормативное значение для объектов озеленения (50дБА), зона шумового дискомфорта распространяется на 100 метров

### Приложение 3

## Средние значения биометрических параметров тополя бальзамического после глубокой обрезки на «столб» с дальнейшим формированием кроны

Таблица 3.1- Средние значения биометрических параметров тополя бальзамического после глубокой обрезки на «столб» с дальнейшим формированием кроны

Удовлетворительное		Напряженное	Конфликтное			Критическое	
Возраст. состояние «столба»	Адрес	ул. Марковского, 58 (в полосе газона)	пр. Красноярский Рабочий (на площади газона)	пр. Мира, 94 (в лунке)	ул. Свердлова (в полосе)	Свердлова, 15а (в полосе газона)	
g1 - g2							
		$h_{ст.} = 3,84$ м $d_{ст.} = 40,12$ см $h_{ск.} = 4,58$ м $h_{шп.} = 0,77$ м $d_{лп.} = 5,38$ см $d_{кр.} = 3,73$ м $h_{пр.} = 2,93$ м $d_{кп.} = 30,49$ см $K_{св.} = 22$ шт. $KП_{пр.} = 129$ шт.	$h_{ст.} = 3,90$ м $d_{ст.} = 31,21$ см $h_{ск.} = 4,41$ м $h_{шп.} = 0,91$ м $d_{лп.} = 4,06$ см $d_{кр.} = 3,80$ м $h_{пр.} = 2,57$ м $d_{кп.} = 39,60$ см $K_{св.} = 16$ шт. $KП_{пр.} = 139$ шт.	$h_{ст.} = 4,24$ м $d_{ст.} = 45,54$ см $h_{ск.} = 3,98$ м $h_{шп.} = 0,70$ м $d_{лп.} = 4,76$ см $d_{кр.} = 2,79$ м $h_{пр.} = 1,96$ м $d_{кп.} = 46,80$ см $K_{св.} = 18$ шт. $KП_{пр.} = 163$ шт.	$h_{ст.} = 3,77$ м $d_{ст.} = 39,49$ см $h_{ск.} = 2,68$ м $h_{шп.} = 0,83$ м $d_{лп.} = 3,98$ см $d_{кр.} = 3,07$ м $h_{пр.} = 1,34$ м $d_{кп.} = 28,00$ см $K_{св.} = 16$ шт. $KП_{пр.} = 152$ шт.	$h_{ст.} = 2,53$ м $d_{ст.} = 23,56$ см $h_{ск.} = 4,18$ м $h_{шп.} = 0,85$ м $d_{лп.} = 2,95$ см $d_{кр.} = 3,65$ м $h_{пр.} = 0,86$ м $d_{кп.} = 23,80$ см $K_{св.} = 21$ шт. $KП_{пр.} = 124$ шт.	$h_{ст.} = 5,34$ м $d_{ст.} = 40,12$ см $h_{ск.} = 2,83$ м $h_{шп.} = 0,77$ м $d_{лп.} = 4,33$ см $d_{кр.} = 2,93$ м $h_{пр.} = 1,55$ м $d_{кп.} = 39,40$ см $K_{св.} = 12$ шт. $KП_{пр.} = 146$ шт.

	Адрес	Марковский ого, 49 (в лунке)	Ул. Кирова, 19 (в полосе)		
					
g3		$h_{ст.} = 3,98$ м $d_{ст.} = 56,36$ см $h_{ск.} = 4,25$ м $h_{шп.} = 0,67$ м $d_{лп.} = 6,02$ см $d_{кр.} = 4,85$ м $h_{пр.} = 2,47$ м $d_{кп.} = 57,44$ см $K_{св.} = 17$ шт. $KП_{пр.} = 153$ шт.	$h_{ст.} = 4,33$ м $d_{ст.} = 51,59$ см $h_{ск.} = 3,76$ м $h_{шп.} = 0,00$ м $d_{лп.} = 5,09$ см $d_{кр.} = 3,92$ м $h_{пр.} = 2,09$ м $d_{кп.} = 65$ см $K_{св.} = 31$ шт. $KП_{пр.} = 124$ шт.		

1.  $h_{ст.}$  – высота «столба», м
2.  $d_{ст.}$  - диаметр «столба», см
3.  $h_{ск.}$  - высота скелетного побега, м
4.  $h_{шп.}$  - высота штамба лидирующего побега, м
5.  $d_{лп.}$  - диаметр лидирующего побега, см
6.  $d_{кр.}$  - общий диаметр кроны, м
7.  $h_{пр.}$  – прирост годичных побегов
8.  $d_{кп.}$  - диаметр крепления побегов, см
9.  $K_{св.}$  - количество скелетных ветвей, шт.
10.  $KП_{пр.}$  – количество годичных побегов, шт. (прирост)

## Приложение И

### Средние значения биометрических параметров тополя бальзамического после омолаживающей обрезки на «пень» без дальнейшего формирования кроны

Таблица И.1 - Биометрические параметры тополя бальзамического после глубокой обрезки на «пень» без дальнейшего формирования кроны

	Контроль	I Удовлетворительное	II Напряженное	III Конфликтное	IV Критическое
Адрес		Академгородок к. Институт экологии	Остров Отдыха	ул. Пушкина	пр. Красноярский рабочий , 30А/6
1 год					
		$h_{\text{пн.}} = 0,1 \text{ м}$ $d_{\text{пн.}} = 5,3 \text{ см}$ $h_{\text{шп.}} = 1,4 \text{ м}$ $h_{\text{шп.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шп.}} = 1,4 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 1,9 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 2,6 \text{ м}^3$ $d_{\text{кл.}} = 5 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 20 шт. КП <sub>л.</sub> = 3 шт.	$h_{\text{пн.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{пн.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{шп.}} = 1,3 \text{ м}$ $h_{\text{шп.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шп.}} = 1,4 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 1,9 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 2,4 \text{ м}^3$ $d_{\text{кл.}} = 0,0 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 9 шт. КП <sub>л.</sub> = 4 шт.	$h_{\text{пн.}} = 0,1 \text{ м}$ $d_{\text{пн.}} = 24,2 \text{ см}$ $h_{\text{шп.}} = 1,1 \text{ м}$ $h_{\text{шп.}} = 0,00 \text{ м}$ $d_{\text{шп.}} = 1,2 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 1,5 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 1,2 \text{ м}^3$ $d_{\text{кл.}} = 24 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 48 шт. КП <sub>л.</sub> = 10 шт.	$h_{\text{пн.}} = 0,5 \text{ м}$ $d_{\text{пн.}} = 32,5 \text{ см}$ $h_{\text{шп.}} = 1,1 \text{ м}$ $h_{\text{шп.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шп.}} = 1,2 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 1,2 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 0,8 \text{ м}^3$ $d_{\text{кл.}} = 32 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 15 шт. КП <sub>л.</sub> = 0,0 шт.
Адрес		Академгородок к. Институт экологии		пр. Красноярский рабочий, 150	ул. 26 Бакинских комиссаров, 3* ул. 60 лет октября 59а**
2 год					
		$h_{\text{пн.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{пн.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{шп.}} = 2,2 \text{ м}$ $h_{\text{шп.}} = 0,2 \text{ м}$ $d_{\text{шп.}} = 2,2 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 2,8 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 9,0 \text{ м}^3$ $d_{\text{кл.}} = 0,0 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 25 шт. КП <sub>л.</sub> = 1 шт.	$h_{\text{пн.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{пн.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{шп.}} = 2,3 \text{ м}$ $h_{\text{шп.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шп.}} = 0,0 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 0,0 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 5,3 \text{ м}^3$ $d_{\text{кл.}} = 0,0 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 0,0 шт. КП <sub>л.</sub> = 0,0 шт.	$h_{\text{пн.}} = 0,6 \text{ м}$ $d_{\text{пн.}} = 29,5 \text{ см}$ $h_{\text{шп.}} = 1,5 \text{ м}$ $h_{\text{шп.}} = 0,5 \text{ м}$ $d_{\text{шп.}} = 1,8 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 1,6 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 2,0 \text{ м}^3$ $d_{\text{кл.}} = 12 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 7 шт. КП <sub>л.</sub> = 1 шт.	$h_{\text{пн.}} = 0,1 \text{ м}$ $d_{\text{пн.}} = 48,8 \text{ см}$ $h_{\text{шп.}} = 1,3 \text{ м}$ $h_{\text{шп.}} = 0,93 \text{ м}$ $d_{\text{шп.}} = 1,7 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 1,4 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 1,3 \text{ м}^3$ $d_{\text{кл.}} = 48 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 2 шт. КП <sub>л.</sub> = 2 шт.*

Адрес	Емельяно во. ул. Промышл енная, 3	Академгородо к. Институт экологии	Дворец пионеров	ул. Академика Киренского. Политех	ул. 60 лет Октября, 2
3-7 год	 $h_{\text{шт.}} = 0,1 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 11,0 \text{ см}$ $h_{\text{штп.}} = 3,7 \text{ м}$ $h_{\text{штп.}} = 0,7 \text{ м}$ $d_{\text{штп.}} = 2,5 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 4,9 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 37,8 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 11 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 12 шт. КП <sub>л.</sub> = 4 шт.	 $h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{штп.}} = 5,0 \text{ м}$ $h_{\text{штп.}} = 0,5 \text{ м}$ $d_{\text{штп.}} = 3,8 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 3,8 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 37,8 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 0,0 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 8 шт. КП <sub>л.</sub> = 3 шт.	 $h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 39,8 \text{ см}$ $h_{\text{штп.}} = 4,0 \text{ м}$ $h_{\text{штп.}} = 1,1 \text{ м}$ $d_{\text{штп.}} = 2,6 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 2,5 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 13,0 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 39 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 10 шт. КП <sub>л.</sub> = 7 шт.	 $h_{\text{шт.}} = 0,1 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 12,9 \text{ см}$ $h_{\text{штп.}} = 3,5 \text{ м}$ $h_{\text{штп.}} = 0,5 \text{ м}$ $d_{\text{штп.}} = 2,2 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 2,4 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 10,5 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 6,1 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 14 шт. КП <sub>л.</sub> = 5 шт.	 $h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{штп.}} = 1,8 \text{ м}$ $h_{\text{штп.}} = 0,9 \text{ м}$ $d_{\text{штп.}} = 1,9 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 2,4 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 5,4 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 0,0 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 10 шт. КП <sub>л.</sub> = 2 шт.
Адрес			ул. Семафорная, 181	ул. 60 лет Октября, 106	пр.Красноярский рабочий 30а/б
V-1					
		$h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{штп.}} = 9,0 \text{ м}$ $h_{\text{штп.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{штп.}} = 12,0 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 6,8 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 217,9 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 0,0 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 0,0 шт. КП <sub>л.</sub> = 0,0 шт.	$h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 17,83 \text{ см}$ $h_{\text{штп.}} = 8,0 \text{ м}$ $h_{\text{штп.}} = 0,83 \text{ м}$ $d_{\text{штп.}} = 4,10 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 5,0 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 104,7 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 17 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 8 шт. КП <sub>л.</sub> = 3 шт.	$h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{штп.}} = 7,0 \text{ м}$ $h_{\text{штп.}} = 0,42 \text{ м}$ $d_{\text{штп.}} = 3,50 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 4,6 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 77,5 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 0,00 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 5 шт. КП <sub>л.</sub> = 1 шт.	$h_{\text{шт.}} = 0,1 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 21,0 \text{ см}$ $h_{\text{штп.}} = 6,0 \text{ м}$ $h_{\text{штп.}} = 1,2 \text{ м}$ $d_{\text{штп.}} = 3,8 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 4,6 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 66,4 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 21 \text{ см}$ КП <sub>общ.</sub> = 1 шт. КП <sub>л.</sub> = 1 шт.

Адрес			Дворец пионеров	ул. Матросова	
V-2					
		$h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{шт.}} = 13,0 \text{ м}$ $h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 21,0 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 9,2 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 576,1 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 0,0 \text{ см}$ $\text{КП}_{\text{общ.}} = 0,0$ шт. $\text{КП}_{\text{л.}} = 0,0$ шт.	$h_{\text{шт.}} = 0,1 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 45,2 \text{ см}$ $h_{\text{шт.}} = 10,0 \text{ м}$ $h_{\text{шт.}} = 4,8 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 14,3 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 8,0 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 335,1 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 45 \text{ см}$ $\text{КП}_{\text{общ.}} = 1$ шт. $\text{КП}_{\text{л.}} = 1$ шт.	$h_{\text{шт.}} = 0,1 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 36,2 \text{ см}$ $h_{\text{шт.}} = 9,0 \text{ м}$ $h_{\text{шт.}} = 1,5 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 14,9 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 7,0 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 230,9 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 36 \text{ см}$ $\text{КП}_{\text{общ.}} = 4$ шт. $\text{КП}_{\text{л.}} = 4$ шт.	$h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{шт.}} = 8,5 \text{ м}$ $h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 6,5 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 188,0 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 0,0 \text{ см}$ $\text{КП}_{\text{общ.}} = 0,0$ шт. $\text{КП}_{\text{л.}} = 0,0$ шт.
Адрес	Емельяно во. Промышл енная ул., 3		ул. Можайского, 8	ул. Октябрьская, 10а	
g1					
	$h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{шт.}} = 15,4 \text{ м}$ $h_{\text{шт.}} = 3,33$ м $d_{\text{шт.}} = 18,3$ см $d_{\text{кр.}} = 8,2 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 1180,4$ $\text{м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 0,0 \text{ см}$ $\text{КП}_{\text{общ.}} = 21$ шт. $\text{КП}_{\text{л.}} = 4$ шт.	$h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{шт.}} = 15,4 \text{ м}$ $h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 25,0 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 12,0 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 1164,9 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 0,0 \text{ см}$ $\text{КП}_{\text{общ.}} = 0,0$ шт. $\text{КП}_{\text{л.}} = 4$ шт.	$h_{\text{шт.}} = 0,2 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 37,4 \text{ см}$ $h_{\text{шт.}} = 11,9 \text{ м}$ $h_{\text{шт.}} = 3,4 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 16,5 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 10,0 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 625,7 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 37 \text{ см}$ $\text{КП}_{\text{общ.}} = 1$ шт. $\text{КП}_{\text{л.}} = 1$ шт.	$h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{шт.}} = 10,8 \text{ м}$ $h_{\text{шт.}} = 2,9 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 15,3 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 9,4 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 499,6 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 0,0 \text{ см}$ $\text{КП}_{\text{общ.}} = 5$ шт. $\text{КП}_{\text{л.}} = 5$ шт.	$h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{шт.}} = 9,9 \text{ м}$ $h_{\text{шт.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{шт.}} = 12,8 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 8,1 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 340,4 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 0,0 \text{ см}$ $\text{КП}_{\text{общ.}} = 5$ шт. $\text{КП}_{\text{л.}} = 5$ шт.

Адрес		Академгородок	Набережная р. Кача	Ост. Центральный рынок Советского района	
g2					
		$h_{\text{пн.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{пн.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{лп.}} = 19,1 \text{ м}$ $h_{\text{шп.}} = 3,8 \text{ м}$ $d_{\text{лп.}} = 27,0 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 21,6 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 720,4 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 0,0 \text{ см}$ $\text{КП}_{\text{общ.}} = 3 \text{ шт.}$ $\text{КП}_{\text{л.}} = 3 \text{ шт.}$	$h_{\text{пн.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{пн.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{лп.}} = 17,1 \text{ м}$ $h_{\text{шп.}} = 3,9 \text{ м}$ $d_{\text{лп.}} = 24,0 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 18,9 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 780,4 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 0,0 \text{ см}$ $\text{КП}_{\text{общ.}} = 6 \text{ шт.}$ $\text{КП}_{\text{л.}} = 3 \text{ шт.}$	$h_{\text{пн.}} = 0,0 \text{ м}$ $d_{\text{пн.}} = 0,0 \text{ см}$ $h_{\text{лп.}} = 17,6 \text{ м}$ $h_{\text{шп.}} = 3,4 \text{ м}$ $d_{\text{лп.}} = 25,0 \text{ см}$ $d_{\text{кр.}} = 19,6 \text{ м}$ $v_{\text{кр.}} = 720,4 \text{ м}^3$ $d_{\text{кп.}} = 0,0 \text{ см}$ $\text{КП}_{\text{общ.}} = 3 \text{ шт.}$ $\text{КП}_{\text{л.}} = 3 \text{ шт.}$	

1.  $h_{\text{пн.}}$  – высота «пня», м
2.  $d_{\text{пн.}}$  – диаметр «пня», см
3.  $h_{\text{лп.}}$  – высота лидирующего побега, м
4.  $h_{\text{шп.}}$  – высота штамба лидирующего побега, м
5.  $d_{\text{лп.}}$  – диаметр лидирующего побега, см
6.  $d_{\text{кр.}}$  – общий диаметр кроны, м
7.  $v_{\text{кр.}}$  – объём кроны,  $\text{м}^3$
8.  $d_{\text{кп.}}$  – диаметр крепления побегов, см
9.  $\text{КП}_{\text{общ.}}$  – количество побегов общее, шт.
10.  $\text{КП}_{\text{л.}}$  – количество лидирующих побегов, шт.

## Приложение К

### Дисперсионный анализ влияния условий произрастания и сценария роста (типа обрезки) на состояние ассимиляционного аппарата деревьев тополя бальзамического

Таблица К.1 – Процедура дисперсионного анализа. Естественная форма роста тополя бальзамического. Тип условий произрастания - удовлетворительный (I); напряженный (II); конфликтный (III); критический (IV).

Тип условий произрастания	Показатель асимметрии листьев. Варианты опыта - X			Сумма вариант	Среднее значение X	X <sup>2</sup>	Сумма квадратов средних значений	Общая сумма квадратов отклонений	Межгрупповая сумма отклонений	Внутригрупповая или остаточная сумма квадратов отклонений			
	2,56	2,47	2,59										
I	2,56	2,47	2,59		2,54	6,45							
II	2,86	3,02	2,94		2,94	8,64							
III	3,27	3,27	3,29		3,28	10,74							
IV	4,15	4,18	4,17		4,17	17,36							
				38,77			43,19	4,34	4,319158	0,021333			
<b>Дисперсия</b>													
Число степеней свободы для общей дисперсии - K <sub>y</sub>			Число степеней свободы для межгрупповой дисперсии - K <sub>x</sub>			Число степеней свободы для внутригрупповой дисперсии - K <sub>z</sub>		общая для всего комплекса - D <sub>y</sub> /K <sub>y</sub>		межгрупповая или факториальная		внутригрупповая или остаточная	
12-1=11			4-1=3			11-3=8		0,39459		1,439719		0,002667	
X <sup>2</sup>			Сумма квадратов вариантов			<b>Итоговые данные дисперсионного анализа</b>							
6,55						6,10			6,70			Критерий Фишера	
8,17			9,12			8,64			табличный				
10,69			10,69			10,82						расчетный	
17,22			17,47			17,38			539,8		4,1		
			129,59			Внутригрупповая		8	0,023	0,002	-		-
						Общая		11	4,34	-	-		-

Таблица К.2– Процедура дисперсионного анализа. Тип обрезки – радикальная обрезка на «столб». Тип условий произрастания - удовлетворительный (I); напряженный (II); конфликтный (III); критический (IV).

Тип условий произрастания	Показатель асимметрии листьев. Варианты опыта - X			Сумма вариант	Среднее значение X	X <sup>2</sup>	Сумма квадратов средних значений	Общая сумма квадратов отклонений	Межгрупповая сумма отклонений	Внутригрупповая или остаточная сумма квадратов отклонений
	I	II	III							
I	2,63	2,7	2,72	39,46	2,68	7,20	45,29	6,20	6,118167	0,0786
II	2,5	2,42	2,69		2,54	6,43				
III	3,56	3,62	3,8		3,66	13,40				
IV	4,22	4,31	4,29		4,27	18,26				
Дисперсия										
Число степеней свободы для общей дисперсии - K <sub>y</sub>	Число степеней свободы для межгрупповой дисперсии - K <sub>x</sub>			Число степеней свободы для внутригрупповой дисперсии - K <sub>z</sub>	общая для всего комплекса - D <sub>y</sub> /K <sub>y</sub>		межгрупповая или факториальная		внутригрупповая или остаточная	
12-1=11	4-1=3			11-3=8	0,563342		2,039389		0,009825	
X <sup>2</sup>			Сумма квадратов вариантов	<b>Итоговые данные дисперсионного анализа</b>						
6,9169	7,29	7,3984		Источник вариации	Степени свободы	сумма квадратов отклонений	средний квадрат	Критерий Фишера		
6,25	5,8564	7,2361						Межгрупповая	3	6,1187
12,673	13,104	14,44		Внутригрупповая	8	0,078	0,009			
17,808	18,5761	18,4041						Общая	11	6,20
			135,954							

Таблица К.3 – Процедура дисперсионного анализа. Тип обрезки – радикальная обрезка на «столб». Тип условий произрастания - удовлетворительный (I); напряженный (II).

Тип условий произрастания	Показатель асимметрии листьев. Варианты опыта - X			Сумма вариант	Среднее значение X	X <sup>2</sup>	Сумма квадратов средних значений	Общая сумма квадратов отклонений	Межгрупповая сумма отклонений	Внутригрупповая или остаточная сумма квадратов отклонений
	2,63	2,72	2,72							
I	2,63	2,72	2,72		2,68	7,20				
II	2,52	2,42	2,69		2,54	6,43				
III	-	-	-		-	-				
IV	-	-	-		-	-				
				15,66			13,63	0,08	0,032267	0,042933
<b>Дисперсия</b>										
Число степеней свободы для общей дисперсии - K <sub>y</sub>	Число степеней свободы для межгрупповой дисперсии - K <sub>x</sub>			Число степеней свободы для внутригрупповой дисперсии - K <sub>z</sub>	общая для всего комплекса - D <sub>y</sub> /K <sub>y</sub>		межгрупповая или факториальная		внутригрупповая или остаточная	
5	4			1	0,01504		0,032267		0,010733	
X <sup>2</sup>			Сумма квадратов вариаций	<b>Итоговые данные дисперсионного анализа</b>						
6,916	7,29	7,398		Источники вариации	Степени свободы	сумма квадратов отклонений	средний квадрат	Критерий Фишера		
6,25	5,856	7,236	Межгрупповая					1	0,032	0,032
-	-	-		Внутригрупповая	4	0,042	0,010			
-	-	-	Общая					5	0,08	-

Таблица К.4 – Процедура дисперсионного анализа. Тип обрезки – радикальная обрезка на «столб». Тип условий произрастания - конфликтный (III); критический (IV).

Тип условий произрастания	Показатель асимметричности листьев. Варианты опыта - X			Сумма вариант	Среднее значение X	X <sup>2</sup>	Сумма квадратов средних значений	Общая сумма квадратов отклонений	Межгрупповая сумма отклонений	Внутригрупповая или остаточная сумма квадратов отклонений
	I	II	III							
I	-	-	-		-	-				
II	-	-	-		-	-				
III	3,56	3,62	3,8		3,66	13,40				
IV	4,22	4,31	4,29		4,27	18,26				
				23,8			31,66	0,60	0,564267	0,035667
<b>Дисперсия</b>										
Число степеней свободы для общей дисперсии - K <sub>y</sub>	Число степеней свободы для межгрупповой дисперсии - K <sub>x</sub>			Число степеней свободы для внутригрупповой дисперсии - K <sub>z</sub>	общая для всего комплекса - D <sub>y</sub> /K <sub>y</sub>		межгрупповая или факториальная		внутригрупповая или остаточная	
5	4			1	0,119987		0,564267		0,008917	
X <sup>2</sup>			Сумма квадратов вариант	<b>Итоговые данные дисперсионного анализа</b>						
-	-	-		Источники вариации	Степени свободы	сумма квадратов отклонений	средний квадрат	Критерий Фишера		
-	-	-						табличный		расчетный
12,673	13,104	14,44		Межгрупповая	1	0,564	0,564	63,282	34,1	
17,808	18,576	18,404		Внутригрупповая	4	0,035	0,008	-	-	-
			Общая	5	0,60	-	-	-	-	

Таблица К.5 – Процедура дисперсионного анализа. Тип обрезки – формовочная. Тип условий произрастания - удовлетворительный (I); напряженный (II); конфликтный (III); критический (IV).

Тип условий произрастания	Показатель асимметрии листьев. Варианты опыта - X			Сумма вариант	Среднее значение X	X <sup>2</sup>	Сумма квадратов средних значений	Общая сумма квадратов отклонений	Межгрупповая сумма отклонений	Внутригрупповая или остаточная сумма квадратов отклонений	
	2,54	2,56	2,9								
I	2,54	2,56	2,9		2,67	7,11					
II	2,71	2,6	2,58		2,63	6,92					
III	2,63	2,64	2,73		2,67	7,11					
IV	2,86	2,68	2,8		2,78	7,73					
				32,23			28,87	0,15	0,038	0,114	
Дисперсия											
Число степеней свободы для общей дисперсии - K <sub>y</sub>			Число степеней свободы для межгрупповой дисперсии - K <sub>x</sub>		Число степеней свободы для внутригрупповой дисперсии - K <sub>z</sub>		общая для всего комплекса - D <sub>y</sub> /K <sub>y</sub>		межгрупповая или факториальная		внутригрупповая или остаточная
12-1=11			4-1=3		11-3=8		0,013		0,012		0,014
X <sup>2</sup>			Сумма квадратов вариаций		<b>Итоговые данные дисперсионного анализа</b>						
6,451					6,531		Источники вариации	Степени свободы	сумма квадратов отклонений	средний квадрат	Критерий Фишера
7,344			6,656		Межгрупповая	3					0,038
6,916			7,452				Внутригрупповая	8	0,114	0,014	
8,179			7,84		Общая	11					0,15
			86,717								
										-	-