

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



КУХАР ИГОРЬ ВАСИЛЬЕВИЧ

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

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
доцент Авдеева Елена Владимировна

Красноярск 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.....	10
1.1 Современные проблемы и решения в формировании среды крупного промышленного города Красноярска.....	10
1.2 Влияние факторов городской среды на рост и развитие древесных растений.....	25
2 ПРОГРАММА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	51
2.1 Программа исследований.....	51
2.2 Объекты исследований.....	51
2.3 Методы исследований.....	58
3 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	79
3.1 Природно-климатические ресурсы г. Красноярска и его зеленой зоны	79
3.2 Специфика микроклиматических особенностей г. Красноярска.....	83
3.3 Динамика загрязнения воздушной среды г. Красноярска.....	93
3.4 Сравнительный анализ воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Красноярска по отношению к зеленым насаждениям и человеку.....	97
3.5 Интегральная оценка состояния фитосреды на исследуемых объектах озеленения г. Красноярска.....	108
4 ИНВЕНТАРИЗАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ГОРОДСКИХ ОБЪЕКТОВ ОЗЕЛЕНЕНИЯ.....	113
5 ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РОСТА БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ И ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ В СКВЕРАХ Г. КРАСНОЯРСКА.....	123
5.1 Изменчивость биометрических параметров исследуемых видов.....	123
5.2 Изменчивость ассимиляционного аппарата исследуемых видов под воздействием факторов городской среды.....	137
5.3 Оценка состояния урбосреды методами дендроиндикации.....	143

6	СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ И ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ В ГОРОДСКИХ ПОСАДКАХ С РАЗЛИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ ПРОИЗРАСТАНИЯ.....	164
7	СОЗДАНИЕ ГОРОДСКИХ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ С УЧАСТИЕМ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ И ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....	171
7.1	Анализ сложившейся ситуации на объектах озеленения г. Красноярска.....	171
7.2	Принципы формирования насаждений на объектах городского озеленения.....	174
7.3	Объемно-пространственная структура элементов озеленения с участием березы повислой и липы мелколистной для условий г. Красноярска: анализ ситуации, рекомендации.....	176
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	189
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	191
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. Биометрические параметры березы повислой и липы мелколистной	233
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Интегральная оценка состояния фитосреды на локальном уровне	234
	ПРИЛОЖЕНИЕ В. Среднемесячные, среднегодовые (2017 – 2019 гг.) данные по загрязнению воздушной среды	237
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Встречаемость видов в скверах	253
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Фрагменты экологических паспортов исследуемых объектов озеленения.....	255
	ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Характеристики исследуемых объектов озеленения ...	271
	ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Условные обозначения экологических свойств растений	275

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Высокие темпы урбанизации сопровождаются значительным увеличением техногенной нагрузки на окружающую среду. Красноярск – промышленный город и эта проблема является актуальной. Одним из наиболее важных механизмов повышения комфортности проживания в городе является создание рекреационных зон, максимально приближенных к природным условиям, обеспечивающих отдых и защиту здоровья населения. Зеленые насаждения города, помимо эстетических, выполняют средоформирующие и стабилизирующие функции. Древесные растения способны выступать в качестве индикатора состояния городской среды, что позволит предупредить опасные изменения в окружающей среде. На основании этого необходимо проводить исследования состояния зеленых насаждений, выявлять закономерности их роста и на основе полученных результатов качественно управлять процессом озеленения городских территорий.

Распространению березы повислой и липы мелколистной на городских объектах озеленения способствуют их эстетические качества, нетребовательность к почвенным условиям, быстрота роста, зимостойкость, высокие средозащитные свойства. Однако создание устойчивых, высокодекоративных объемно-пространственных композиций с доминированием в них данных видов невозможно без учета изменения их биометрических показателей под влиянием факторов урбосреды. При этом региональная научно обоснованная информация по данному вопросу практически отсутствует. На основании этого актуальным является установление особенностей роста березы повислой и липы мелколистной в городских посадках с различным сочетанием антропогенных нагрузок, разработка рекомендаций по созданию объемно-пространственной структуры насаждений с участием данных видов.

Степень разработанности темы. Результаты исследований деградации

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

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

Задачи исследований

1. Провести инвентаризационную оценку городских скверов, выявить особенности распространения видов, оценить жизненное состояние изучаемых видов на данных объектах озеленения.

2. Изучить особенности роста березы повислой и липы мелколистной в скверах г. Красноярска.

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

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

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

Теоретическая и практическая значимость работы. Установлено, что пространственные характеристики скверов - площадь, линейная форма и

отсутствие «зеленых» буферных зон - не способствуют улучшению экологической комфортности среды на данных территориях для роста растений и отдыха посетителей, не позволяют изменить уровень аэротехногенных воздействий, что отражается на состоянии листовых пластин исследуемых видов. Математическая модель – функция взаимосвязи асимметрии листовых пластин и уровня загрязнения воздушной среды – является инструментом перекрестного прогнозирования: уровень загрязнения воздушной среды определяет тип условий произрастания растительности на объекте озеленения, что отражается на изменчивости показателей асимметрии ассимиляционного аппарата исследуемых видов; показатели изменчивости листовых пластин отражают уровень загрязнения и, соответственно, предопределяют тип условий произрастания. В итоге перекрестные данные позволяют прогнозировать рост и развитие исследуемых видов на определенной территории, и соответственно, принимать рациональные решения по формированию объемно-пространственной и дендрологической структуры насаждений и выбору адекватных мероприятий по уходу за ними. Анализ сезонного развития позволил скорректировать сроки весенней и осенней посадки исследуемых видов.

На основании результатов исследования динамики развития крон исследуемых видов, определены рекомендуемые расстояния в рядах, группах и радиусы сфер эстетического и биологического развития солитера для различных условий г. Красноярска, определена плотность посадок в зависимости от уровня техногенной нагрузки. Результаты фенологических исследований позволяют скорректировать график работ по срокам весенней и осенней посадки растений с открытой корневой системой и декоративной обрезке.

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

растений». Для сбора данных, обработки фотоснимков, проведения статистических расчетов применен ряд специализированных программ.

Основные положения, выносимые на защиту:

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

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

Достоверность результатов работы.

Степень достоверности полученных результатов обусловлена многолетними (2007 – 2023 гг.) исследованиями, необходимым и достаточным объемом экспериментального материала, использованием современных средств статистического анализа и программного обеспечения.

Результаты исследований апробированы на международных конференциях: «FarEastCon-2021» (Владивосток); научно-практический форум «Проблемы озеленения крупных городов» (Москва, 2018, 2019); «Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных насаждений» (Красноярск, 2018, 2019);

и всероссийских конференциях: «Теория и практика ландшафтной архитектуры» (Красноярск, 2018), «Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства (Красноярск, 2017 – 2023).

Личный вклад.

Автор принимал личное участие в сборе и обработке экспериментальных данных, построении моделей, проводил анализ, обобщение и интерпретацию полученных результатов.

Публикации.

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

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

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Современные проблемы и решения в формировании среды крупного промышленного города Красноярска

Усложнение взаимосвязей между последствиями технического развития и окружающей средой представляет важную особенность современного состояния урбанизированных районов. Природные условия территории оказывают определяющее влияние при размещении, развитии и реконструкции городов, определении основных направлений их территориального роста и насыщении промышленными и транспортными объектами. Историческое градостроительное развитие Сибирских городов и его связь с природным окружением изучали Е.Н. Перцик, А.П. Вергунов, В.И. Крушлинский, Г.А. Птичникова [Перцик, 1980; Вергунов, 1982; Крушлинский, 1986; Птичникова, 1999]. Авторами установлено, что неблагоприятными для города являются сочетания факторов, таких как экстремальность климата, котлованность горного рельефа, образование приземных инверсий и штилевых погодных условий с размещением промышленных предприятий, необоснованным использованием пригородных территорий, что приводит к нарушению ценных ландшафтных зон, окружающих город и заменой их бесхарактерной застройкой. При этом городские зеленые насаждения мелко и неравномерно размещены в среде города, отсутствует их связь с насаждениями зеленой зоны, естественные лесные массивы отступают от границ жилой застройки, изменяется их видовой состав. Это говорит о необходимости более глубокой комплексной разработки вопросов рационального использования, охраны и преобразования природных компонентов среды, во взаимосвязи с техногенными процессами, неизбежно протекающими в городах.

Важным показателем состояния комфортности урбанизированных территорий является обеспеченность жителей города озелененными территориями. Озелененные территории общего пользования включают

насаждения общегородских и районных парков, межквартальных садов, скверов, бульваров и набережных. Площадь зеленых насаждений данной категории в Красноярске составляет около 476 га. В настоящее время норма зеленых насаждений общего пользования составляет 16 м²/чел. Согласно данным перспективного плана озеленения Красноярска, она должна быть увеличена до 21 м²/чел [Формирование..., 2021]. Особо низкая обеспеченность зелеными насаждениями отмечается в районах города, в которых складываются сложные техногенные ситуации. Увеличение площадей озелененных территорий в строящихся микрорайонах «Взлетка», «Северный», «Тихие зори» и др. должно осуществляться параллельно с вводом в эксплуатацию жилых комплексов и их благоустройством. Сложнее обстоит дело с увеличением площадей зеленых насаждений в центральной части города, в Центральном и Железнодорожном административных районах, уплотнение застройки в которых нередко осуществляется за счет сноса деревьев и кустарников.

Исторические документы показывают, что потребность в озеленении городов Сибири возникла довольно поздно. В 20...30-х годах XIX века встает вопрос об охране природного окружения, о деградации пригородных естественных ландшафтов, отдалении лесов от города, что непосредственно влияет на состояние комфорта городской среды. Появление первого городского сада в Красноярске было связано с образованием в 1822 г. Енисейской губернии и получением городом Красноярска статуса губернского города, а также решением первого губернатора А. П. Степанова сохранить от вырубki обширный прибрежный лесной массив на западной окраине города. На протяжении 175 лет с момента создания Городской сад являлся самым крупным, кроме островов, зеленым массивом в черте города. Долгое время красноярский Городской сад признавался одним из лучших в Сибири. Создание Городского сада являлось началом большой работы по благоустройству и озеленению Красноярска. В 50 - 70 годах XIX века часть красноярцев создает небольшие

садики на передних дворах своих усадеб [Быконя, 1986]. Это были первые частные скверы города.

Для популяризации озеленения в г. Красноярске с конца XIX века каждой весной проходил праздник древонасаждения, который активно поддерживался и поощрялся государством [Циркуляр, 1901]. В 1899 году было решено произвести устройство скверов и продолжить посадку деревьев на набережной р. Енисей.

В 50 - 60 годы XX в. проводится массовое озеленение улиц и площадей, повышается обеспеченность населения зелеными насаждениями. В 1926 году площадь городского озеленения составляла 16 га, в 1954 году – 55 га, к 1960 году она возросла до 213 га, в 1963 году составляла 333,5 га.

При анализе состояния системы озеленения города необходимо иметь в виду, что только в результате совместного развития всех категорий зеленых насаждений складывается интегральный средозащитный и эстетический эффект в городском ландшафте. Анализ исследований и результаты практической апробации показали, что достичь желаемого уровня комфортности в сложившихся природно-климатических и экологических условиях в промышленных городах Сибири возможно при общей площади зеленых насаждений не менее 30% от площади городских земель [Лунц, 1974; Коропачинский, 1983; 1987; Неверова, Колмогорова, 2003].

В настоящее время площадь территории города Красноярска составляет 37885 га. Таким образом, озелененные пространства должны составлять не менее 11366 га и состоять из зеленых насаждений и городских лесов. Статистические данные показывают, что обеспеченность населения зелеными насаждениями в пределах города составляет 9 м² на одного человека. В целом по городу площадь зеленых насаждений равна 802 га. Городские леса занимают 6026 га. Таким образом, общая площадь озеленения – 6828 га. Полученные данные говорят о том, что озелененность территории города отстает на 40 %, то есть на 4538 га от вышеуказанного оптимального соотношения площади застроенных и «зеленых»

территорий. При этом восполнить дефицит необходимо за счет дополнительного создания объектов озеленения различного функционального назначения.

Анализ качественных характеристик – видового состава и структурных особенностей – озелененных территорий показал, что с учетом коллекций ботанических садов и дендрариев, ассортимент древесных растений в озеленении города представлен достаточно разнообразно (более 400 видов и разновидностей) [Протопопова, 1964; 1966; 1972; Погосова, Чаплыгин, 1983; Коропачинский, 1987; Коропачинский, Лоскутов, 2014; Лоскутов, 1985; 1993; 2005; Плешиков, Евдокименко, Лоскутов, 2001]. Однако основной состав древесных растений в озеленении города в настоящее время представлен ограниченным числом видов: тополь бальзамический составляет 41%; яблоня сибирская – 12 %, лиственница сибирская – 11%, береза повислая – 9%, вязы (мелколистный, приземистый, перистоветвистый) – 7%, клен ясенелистный – 6%, ель сибирская и европейская – 5%, липа мелколистная – 4% и прочие виды – 5 %.

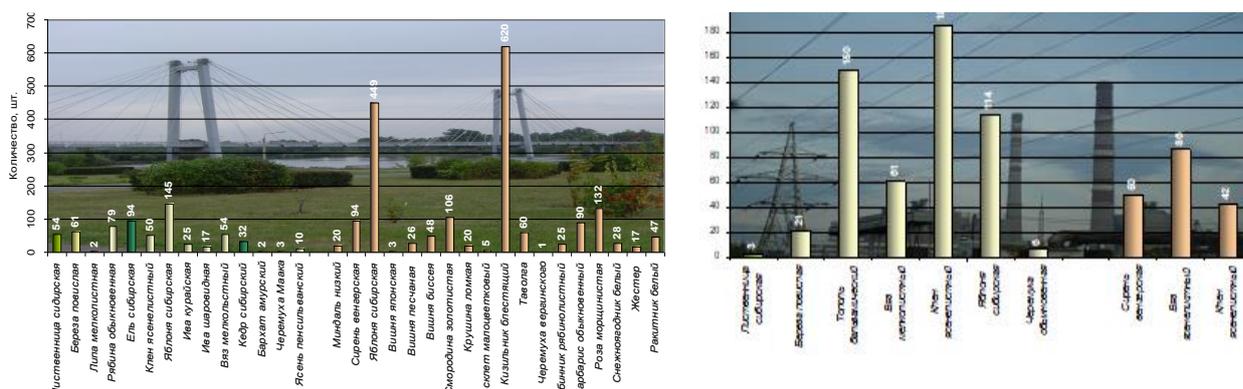
В скверах, парках, на улицах и площадях все больший удельный вес начинают занимать местные древесные породы: береза повислая, лиственница сибирская, ель сибирская, рябина обыкновенная, липа мелколистная, сосна обыкновенная. Однако в связи с существенными различиями техногенной нагрузки на территориях города и ее спецификой рекомендации по широкому использованию тех или иных древесных растений могут быть предложены только после изучения их устойчивости в определенных условиях и категориях насаждений. Ряд авторов рекомендует вводить липу мелколистную в зеленые насаждения городов, для посадки в скверах, бульварах, уличное озеленение [Ву, 1961, 1971, 1972; Иванов, 1975; Погосова, Чаплыгин, 1983; Разумовский, 1992; Разумовский, Фурсова, 1991]. Они отмечают декоративность кроны, особенно во время цветения, легко поддающуюся стрижке, форму ствола дерева. Однако посадки липы на улицах и в скверах показали значительный разброс жизненного

состояния деревьев. Это говорит о том, что для распространения данной породы в Красноярске необходимо изучить ее рост в различных условиях города.

Анализ дендрологического состава и размещения видов в насаждениях города показывает, что основной состав насаждений представлен ограниченным количеством видов, среди которых тополь бальзамический и клен ясенелистный относятся к неперспективным видам для насаждений общего и ограниченного пользования. Перечень рекомендованных в озеленение города древесных растений, испытанных в дендрариях, насаждениях центральной части города и Академгородка, представлен достаточно большим разнообразием, включающим как местные породы, так и виды различных ботанико-географических районов [Протопопова, 1964; 1966; 1972; Погосова, Чаплыгин, 1983; Коропачинский, 1987; Коропачинский, Лоскутов, 2014; Лоскутов, 1985; 1993; 2005; Плешиков, Евдокименко, Лоскутов, 2001; Артемьев, 2003; Павлов, 2006]. При этом увеличение доли основных лесообразующих видов в озеленении городских территорий, таких, как береза повислая, лиственница сибирская, ель сибирская, их высокие декоративные качества позволят более полно решать проблему формирования индивидуального облика сибирского города. Сочетание данных пород с природными компонентами ландшафта – рельефом, водными пространствами и искусственными элементами (зданиями, инженерными сооружениями) – повысит художественную выразительность городской застройки.

Среди них растения, обладающие высокой декоративностью и экологической пластичностью не характерные для массового озеленения: курильский чай, рододендрон даурский, сосна обыкновенная, барбарис обыкновенный, что привело к значительным изменениям видового состава зеленых насаждений города. Однако данные посадки существенного влияния на увеличение площади озелененных пространств города не оказали, так как в основном создавались на месте снесенных деревьев и кустарников.

Маршрутное обследование скверов г. Красноярска показало, что ассортимент древесных растений на объектах озеленения, расположенных на различных частях города, значительно отличается. Так в скверах центральной части города насчитывается до 40 видов деревьев и кустарников на одном объекте, а в скверах, расположенных на окраинах города, дендрологический состав представлен не более 5 - 10 видами. Ассортимент древесных растений в скверах г. Красноярска представлен на рисунке 1.1.



Сквер в исторической части города

Сквер в промышленном районе

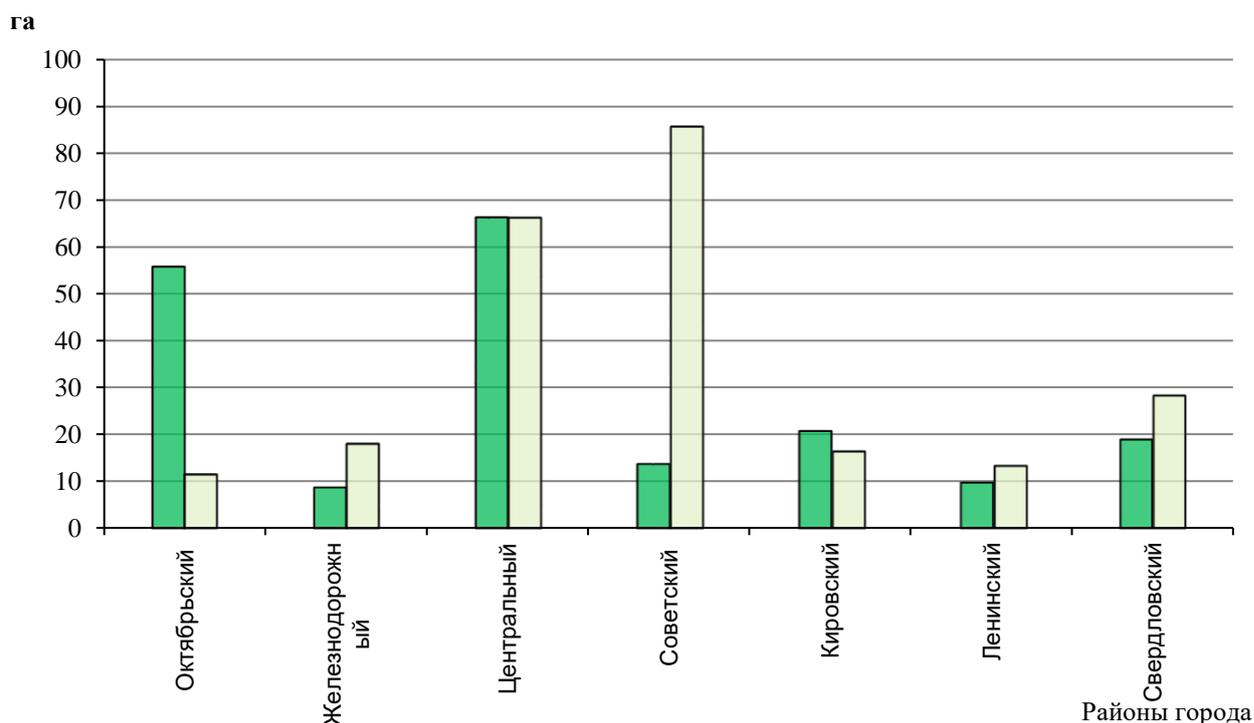
Рисунок 1.1 – Ассортимент древесных растений в скверах г. Красноярска

Использование скверов жителями в значительной степени зависит от его размеров и месторасположения в структуре города. Скверы, их расположение на улицах с высоким уровнем автотранспортной нагрузки, а так же из-за незначительных размеров, не могут служить местом отдыха взрослых и игр детей, поэтому выполняют декоративные функции и являются зоной транзитного движения пешеходов. Напротив, скверы в новых районах имеют достаточные размеры, на которых создаются условия для тихого отдыха, прогулок и даже активного отдыха детей. За последнее время в городе Красноярске появился целый ряд новых скверов, ведется реконструкция существующих. Анализ скверов г. Красноярск позволил выделить доминирующие виды их использования:

- архитектурно-декоративные: «Серебряный», «Юбилейный», «Сиреневый», «Фестивальный», «Молодежный», «Затонский», «Ярцевский», «Черемушки», «Корнетовский», «Панюковский» и др.;
- мемориальные: «30 лет Победы», «Труженики тыла», «Погибшим за Советскую власть», «Пограничников», (мемориалы, кладбища), аллея памяти жертв «Чернобыльской АЭС», скверы возле памятника политкаторжанам и часовни УВД (ул. Дубровинского, 72);
- историко-архитектурные: «Пушкинский», «им. В.И. Сурикова», «им. Ф. Э. Дзержинского», «музей-усадьба им. В. И. Сурикова», «Космонавтов», им. В.И. Сурикова;
- фойе под открытым небом: «350-летия г. Красноярска» на площади театра оперы и балета, сквер на горе Караульной у часовни Параскевы Пятницы;
- у общественных зданий: скверы возле зданий районных администраций (Центрального, Кировского и др.); «Солнечный», «Океан», «Таможенника»;
- транзитного движения и кратковременного отдыха пешеходов: «Питерский мостик», на Стрелке (от пр. Мира, 1 до р. Кача), скверы по ул. Перенсона – ул. Карла Маркса, у гостиницы Октябрьской (пр. Мира, 15), медицинского колледжа (пр. Мира, 70), на улицах Амурская, Тамбовская, Фестивальная, Глинки, Свердловская;
- детские игровые: «Сказочный городок», «Одесский», «Каменный городок»;
- возле транспортных развязок: «Журавли», на кольце Предмостной площади, по ул. Ястынской (перекресток пр. Комсомольский - ул. Ястынская), на площади у театра Музыкальной комедии;
- для тихого отдыха и прогулок: «Юбилейный», «Серебряный», «Сказочный городок»;
- скверы с сохранившимися природными участками: сквер возле святого источника Параскевы Пятницы;
- многофункциональные: «Черемушки», «Молодежный», «Ботанический», «Космонавтов», «Сказочный».

Важным показателем состояния комфортности урбанизированных территорий является обеспеченность жителей города озелененными территориями [Машинский, 1991]. При анализе состояния системы озеленения города необходимо иметь в виду, что только в результате совместного развития всех категорий зеленых насаждений складывается интегральный средозащитный и эстетический эффект городского ландшафта.

Анализ территориального размещения, художественного оформления и планировочной структуры скверов г. Красноярска показал, что в 2017 году прослеживается динамика их количественного увеличения. Так, в 1985 г. количество скверов составляло 58 объектов, на 2017 г. их количество увеличилось в 2 раза и составило 115 объектов. Площадь скверов возросла за этот период на 64 га. Площадь скверов по административным районам г. Красноярска на 1985 и 2017 годы представлена на рисунке 1.2.



Площадь объектов: ■ - 1985 г., □ - 2017 г.

Рисунок 1.2 – Площадь скверов по административным районам г. Красноярска

При этом обеспеченность скверами в среднем по городу составляет только 31 % от нормативных значений. Динамика обеспеченности скверами административных районов г. Красноярска за 32 года (с 1985 по 2017 г.) представлена на рисунке 1.3.

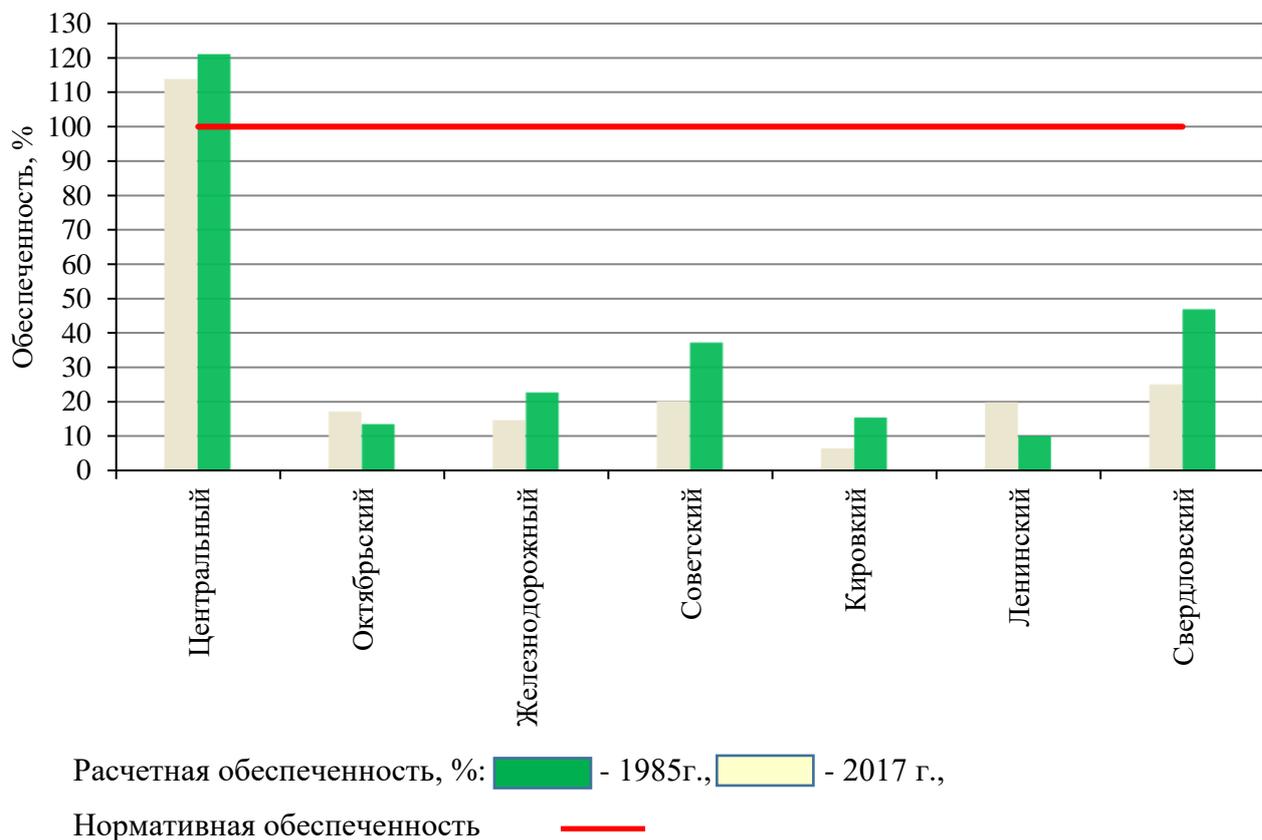


Рисунок 1.3 – Динамика обеспеченности скверами административных районов г. Красноярска

Оценка обеспеченности скверами административных районов г. Красноярска показала, что только в Центральном районе города существующее количество объектов данной категории отвечает нормативным требованиям и даже несколько превышает их. На 2017 г. обеспеченность Центрального района скверами составляет 121 % от нормативных значений. Причем даже в условиях плотной исторической застройки Центрального района площадь скверов увеличилась на 7 %, появились новые объекты по ул. Игарской; ул. Перенсона - ул. Карла Маркса; пр. Мира, 1 (культурно-исторический центр); пр. Мира, 15 (гостиница Октябрьская); пр. Мира, 17 (у Краевого суда); пр. Мира,

32 (у Краевой прокуратуры); ул. Диксона, 26 (святой источник Параскевы Пятницы); ул. Дубровинского, 84 возле «Краевого краеведческого музея»; ул. Конституции, 1; вдоль р. Кача.

На остальной территории города обеспеченность скверами на 2017 г. составляет от 47 % в Свердловском районе до 10 % в Ленинском (в одном из самых сложных по экологической обстановке районе города). Оценка динамики насыщенности скверами за 29 лет показала, что практически во всех административных районах отмечается их увеличение. В Свердловском, Ленинском, Железнодорожном и Советском районах, площадь скверов увеличилась более, чем в 2 раза. В Кировском районе увеличение составляет 50 %. При этом в Октябрьском районе обеспеченность скверами за 30 лет сократилась на 30 % в основном за счет организации парковок, расширение автодорог, строительства жилых комплексов.

В настоящее время в г. Красноярске, как и в других городах России происходит «благоустроительный бум» благодаря Федеральной программе «Комфортная городская среда». Федеральный проект «Формирование комфортной городской среды» национального проекта «Жилье и городская среда» концептуально является продолжением приоритетного проекта «Формирование комфортной городской среды», который реализовывался в период 2017–2018 годов. Основная цель проекта – создание условий для системного повышения качества и комфорта городской среды на всей территории Российской Федерации путем реализации ежегодно комплекса первоочередных мероприятий по формированию современной комфортной городской среды в субъектах Российской Федерации и реализации к 2020 году 400 комплексных проектов по благоустройству [www.krasnadzor.ru].

Основная задача проекта – дать новый импульс развитию муниципалитетов на всей территории нашей страны. Мероприятия по реализации федерального проекта позволят улучшить качество городской среды к 2030 году в полтора раза. В рамках федерального проекта благоустраиваются общественные территории,

парки, набережные, а также реализуются проекты Всероссийского конкурса лучших проектов создания комфортной городской среды. Для жителей муниципальных образований создан механизм вовлечения, благодаря которому каждый гражданин страны старше 14 лет может принимать участие в решении вопросов развития городской среды [<https://minstroyrf.gov.ru>].

Работа по благоустройству общественных пространств в Красноярске в рамках национального проекта «Жилье и городская среда» по программе «Формирование комфортной городской среды» начата в 2017 году – в городе провели масштабное благоустройство левобережной набережной р. Енисей. В 2018 году благоустроили 11 городских скверов, которые к концу года превратились в любимые места прогулок и отдыха жителей микрорайонов. В 2019 – 13 скверов и правобережная набережная р. Енисей на участке от ул. Матросова до ул. Гладкова. Эти пространства комфортно преобразились и стали популярными у красноярцев всех возрастов. В 2020 году в Красноярске продолжили благоустройство правобережной набережной, которая теперь называется Ярыгинской. Она преобразилась на участке до микрорайона «Тихие зори», кроме того, новый облик приобрели еще 19 крупных городских скверов и парков. На 2021 год принято решение о благоустройстве 20 городских пространств, среди которых скверы, парки и набережные (рисунок 1.4) [admkrsk.ru].

Далее рассмотрена история развития и современное состояние сквера «им. В.И. Сурикова», в котором предложена и частично осуществлена реконструкция, при этом нами в дальнейшем проведена инвентаризационная оценка насаждений. Проект «Благоустройства общественных пространств центральной части города Красноярска» выполнен авторским коллективом в составе И. Коренкова, А. Кавериной А. Гришиной, Д. Загика фирмы WOWHAUS / Россия [archi.ru].

Формирование комфортной городской среды в 2020–2021 гг.

Железнодорожный район	Кировский район	Ленинский район	Октябрьский район
<p>2020 год</p> <ul style="list-style-type: none"> ул. Маерчака, 31 ул. Железнодорожников, 10 <p>2021 год</p> <ul style="list-style-type: none"> ул. Маерчака, 8 ул. Калинина, 7 	<p>2020 год</p> <ul style="list-style-type: none"> Сквер «Энтузиастов» (пр. им. газеты «Красноярский рабочий», 120) Территория по ул. Кутузова, 73 <p>2021 год</p> <ul style="list-style-type: none"> Набережная за пр. им. газеты «Красноярский рабочий», 120 Бульвар Маяковского от пр. им. газеты «Красноярский рабочий», 107–109 до ул. Академика Вавилова, 52–54 Сквер по пр. им. газеты «Красноярский рабочий», 105–111 	<p>2020 год</p> <ul style="list-style-type: none"> Сквер Одесский, (ул. Одесская, 5–7) Сквер Черемушки на ул. Шевченко, 13 Сквер «Юнга» на ул. Шевченко, 60 <p>2021 год</p> <ul style="list-style-type: none"> Сквер Ярцевский по пр. им. газеты «Красноярский рабочий», 26 Сквер на ул. Волжской, 19–29 Бульвар на ул. Даурской, 4–16 	<p>2020 год</p> <ul style="list-style-type: none"> Сквер Сиреневый на ул. Копылова, 76 Сквер на ул. Карбышева, 6, 8, 10, 10а Территория по ул. 2-я Ботаническая <p>2021 год</p> <ul style="list-style-type: none"> Сквер на ул. Тотмина, 13 Сквер на ул. Мирошниченко, 2–6 Сквер на ул. Тотмина, 23–25

Формирование комфортной городской среды в 2020–2021 гг.

Свердловский район	Советский район	Центральный район
<p>2020 год</p> <ul style="list-style-type: none"> Правобережная набережная р. Енисей (на участке от Предмостной площади до ул. Судостроительной, 175) Сквер «Паниновка» на ул. Королева — ул. Кольцевая Территория по ул. Королева, 10а <p>2021 год</p> <ul style="list-style-type: none"> Территория по ул. 60 лет Октября, 46 Сквер на ул. Васнецова — ул. Шиферников 	<p>2020 год</p> <ul style="list-style-type: none"> Сквер в мкрн Солнечный (пр. Молодежный) Парк «Гвардейский» Территория по ул. Устиновича, 1 Сквер на пр. Комсомольский, 23 Территория по пр. Metallургов, 55 Сквер на ул. Ферганской (от ул. Тельмана до пр. Ульяновского) <p>2021 год</p> <ul style="list-style-type: none"> Сквер на бульваре Солнечном (от ул. 60 лет образования СССР до пр. Молодежный) Сквер «Кольцевая» на пр. Metallургов, 47–49 Скверы на ул. Аэровокзальной, 15, 16 Сквер на ул. Новгородской, 8–8а, 10–10а Сквер на ул. Ястынской, 1 — Мате Залки, 31 Сквер на ул. Комарова (от ул. Тельмана до пр. Ульяновский) 	<p>2020 год</p> <ul style="list-style-type: none"> Вдоль р. Качи (пер. Речной, 1) <p>2021 год</p> <ul style="list-style-type: none"> Сквер вдоль р. Качи (от Юдинского моста до рынка, от ул. Кирова до ул. Грибоедова, от ул. Перенсона до ул. Вейнбаума)

Рисунок 1.4 Формирование комфортной городской среды в различных муниципальных районах г. Красноярска на 2020 – 20201 гг.

Ими продолжена тема объединения городских зеленых пространств. Площадь Революции и сквер им. Сурикова – два самостоятельных пространства, расположенные по обе стороны от здания краевой администрации и законодательного собрания. К югу от площади расположен парк им. М. Горького, который выходит на набережную реки Енисей. Масштабной целью является создание единого прогулочного маршрута, в перспективе объединяющего эти пространства в единый каркас (рисунок 1.5 и 1.6).

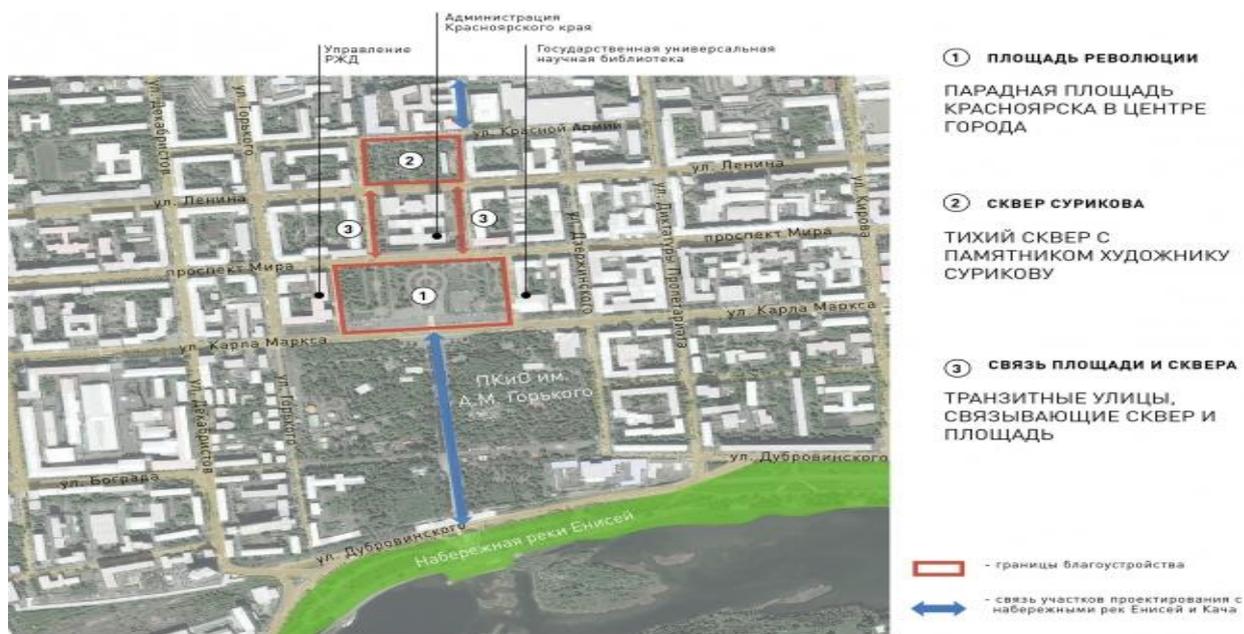
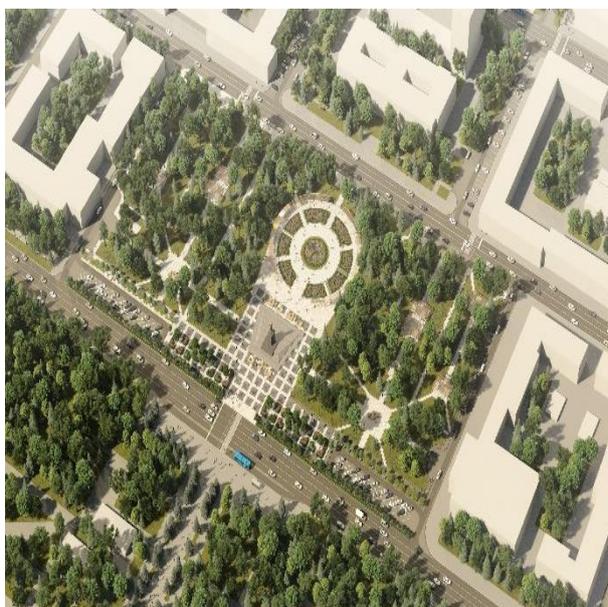


Рисунок 1.5 - Ситуационный план. © WOWHAUS [archi.ru]



Площадь Революции. © WOWHAUS



Сквер Сурикова. © WOWHAUS

Рисунок 1.6 - Благоустройство общественных пространств центральной части города Красноярска. ©WOWHAUS

Сквер имени В.И. Сурикова находится в Центральном районе напротив здания Правительства Красноярского края. Этот сквер создавался как мемориальный (ранее это был сквер Всехсвятской церкви, которая до настоящего времени не сохранилась, в этой церкви крестили художника). Памятник В.И. Сурикову был установлен 22 июня 1954 года, архитектор В.Д. Кирхоглани, скульптор Л.Ю. Эйдлин.

В сквере Сурикова важной задачей было восстановить сквер как сад для местных жителей и привнести в него новые сценарии использования. Для этого в сквере были спроектированы модульные выставочные стенды, на которых можно проводить экспозиции разных форматов, в том числе выставки работ студентов и выпускников художественной академии им. Сурикова, расположенной неподалеку. Помимо озеленения территории и работ по освещению в сквере были построены тентовые навесы и обустроена детская площадка [archi.ru]. На рисунке 1.7 представлены проектные предложения, разработанные фирмой WOWHAUS / Россия и современное состояние сквера.



Рисунок 1.7 - Проектные предложения благоустройств общественных пространств центральной части города Красноярска. Сквер им. В.И. Сурикова. ©WOWHAUS [archi.ru] и современное состояние сквера

Однако, проведенный нами анализ проектных материалов, связанных с озеленением данного сквера показал, что:

1. Расположение на плане существующих насаждений не соответствует реальной ситуации: отсутствуют существующие живые изгороди из сирени венгерской вдоль дорожек; отсутствует живая изгородь из кизильника блестящего вокруг памятника; недостоверно отражены растения и их жизненное состояние (есть сухостойные растения) и др.

2. По представленному плану для создания живой изгороди из гортензии необходимо удалить около 15 взрослых растений хорошего жизненного состояния (боярышник кроваво-красный, береза повислая, ель колючая и др.) и более 20 м живой изгороди из сирени венгерской отличного эстетического состояния. А также нецелесообразно создание живых изгородей из невысоких красивоцветущих растений за спинками высоких скамеек.

3. Новые посадки деревьев запроектированы на месте существующих растений хорошего жизненного состояния.

4. Нецелесообразно сносить живые изгороди, которые формировались несколько лет и находятся в хорошем декоративном состоянии и будут находится в нем еще значительное количество лет и менять их на растения опыта выращивания, которых в Красноярске практически нет. К тому же, как показывает практика, эти растения требуют дополнительной охраны от «дачников» и «влюбленных», а также гортензия требует дополнительного ухода: поддержание определенных показателей кислотности почвы, обрезки специалистами для лучшего цветения и укрытия на зиму, дополнительного полива и др.

5. Данный сквер посвящен В.И. Сурикову, соответственно, декоративность данного сквера должна отражать идентичность сибирского города Красноярска, в котором жил и творил художник. При этом гортензия древовидная сорт Анабелль не является сибирским видом.

6. Посадки княжика сибирского запланированы вдоль бетонной конструкции, которая будет являться мостом холода и способствовать вымерзанию растений, к тому же в 70 % в тенистых местах, а тень для данного

растения является дополнительным фактором снижения роста и декоративности. Конструкция ограждения позволяет посадить растения не ближе 70 см от него, а существующие растения не позволят создать равномерную живую изгородь, что не даст осуществить концепцию озеленения ограждающих конструкций, задуманную авторами проекта. В г. Красноярске нет опыта выращивания этих растений в городе.

7. Сложно оценить «крупные массивы монопосадок кустарников и многолетних травянистых растений...» - недостаточно информации.

8. Как показала практика дерен белый - условно устойчивое растение для города Красноярска, в 2019 году погибло большое количество этих растений в разных районах города.

9. Возле детской площадки необходимо защитить деревья от уплотнения почвы вытаптыванием, возможно созданием деревянных настилов, что будет способствовать закрытию вытоптанной земли и сохранять корневую систему растений.

Таким образом, проектные решения, принимаемые проектными организациями, должны опираться на опыт специалистов, выполняющих научно-исследовательские и проектные работы на региональном уровне. Оценка обеспеченности скверами и их качественные и количественные характеристики предопределили выбор объектов озеленения для проведения исследований.

1.2 Влияние факторов городской среды на рост и развитие древесных растений

Зеленые насаждения в городах существенно отличаются от естественных лесных массивов. Во-первых, ассортимент древесных растений города в значительной степени отличается от породного состава естественных лесов, наследственные свойства которых адаптированы к местным условиям. Во-вторых, древесные насаждения в городской среде искусственного

происхождения, созданные саженцами 6 – 8-летнего возраста или взрослыми экземплярами высаженные с комом земли в возрасте 20 – 30 лет, имеющие ряд особенностей в строении габитуса и корневой системы. После посадки на городские объекты озеленения они проходят период адаптации к новым условиям среды. В-третьих, организация системы озеленения и структура насаждений зависят от экономического и социального развития общества. Анализ связей параметров роста и продуктивности зеленых насаждений с ресурсной оценкой городской среды позволит выявить основные факторы, влияющие на процессы роста и развития, и разработать алгоритм оптимизации системы озеленения города.

В начале XX в. с интенсивным возрастанием антропогенных нагрузок на компоненты природных ландшафтов начинают проводить научные исследования, направленные на выявления особенностей формирования городских насаждений. Первые данные появились для городов европейских стран [Weinert, 1985; Kunick, 1987; Jäger, 1988; Wittig, 1995; и др.] Данные по видовому разнообразию городских насаждений имеются в таких странах как Австрия, Бельгия, Нидерланды, Германия, США. Флористические описания составлены для Лондона, Праги, Братиславы, Будапешта, Мюльгейма, Брауншвейга, Цюриха, Дели, Шанхая [Scholz, 1960; Sukopp, 1966]. В настоящее время в России изучение флоры выполнено в ряде городов: Пушкино [Чичев, 1981], Санкт-Петербург [Попов, 1998; Уфимцева, Терехина, 2000, 2005], Казань [Ильминских, 1982, 1993], Уфа [Игнатъева, 1990; Ишбирдина, Ишбирдин, 1991], Воронеж [Григорьевская, 2000], Новгород [Уральская, 2000], Саратов [Хмелев, Березуцкий, 1995; Березуцкий, 1998, 1999], Петрозаводск [Антипина и др., 1996], Псков [Соколова, 2003], Йошкар-Ола [Турмухометова, 2019], Екатеринбург [Нуриев, 2019] и др. Также имеются сведения о состоянии флоры ряда городов Сибири – Новосибирска [Белых, 1989], Томска [Мерзлякова, 1997; Пяк, Мерзлякова, 2000], Барнаула [Терехина, Копытина, 1996], Камня-на-Оби [Терехина, 1995], Горно-Алтайска [Зыкова, 2002], Иркутска [Виньковская, 1999,

2003, 2005], Омска [Буданова, 2003], Улан-Удэ [Суткин, 2002], Кемерово [Петункина, Сарсацкая, 2015], Хабаровска [Морозова, 2014], Красноярска [Рябовол, 2007, Авдеева, 2008; Вараксин, 2010, Скрипальщикова и др. 2017, 2018, Лисотова, Сунцова, Иншаков, 2021] и некоторых других.

Рост площади городов, увеличение техногенных нагрузок создают кризисные экологические проблемы, поэтому изучение экологической ситуации в городах является одним из приоритетных направлений в исследовании окружающей среды. Урбанизированная среда является сложной и неоднородной средой как по пространственной структуре так и по временному аспекту. [Авдеева, 2008; Москаленко, Черняев, 2006; Попов, 2007)]. С ускорением научно-технического прогресса, техногенное воздействие на окружающую среду постоянно усиливается, что обостряет экологические проблемы. Загрязнение атмосферного воздуха оказывает значительное влияние на жизнь растений, животных и человека. Масштабы современного производства и количество выбрасываемых поллютантов превышают возможности их нейтрализации окружающей средой. Глобальное загрязнение воздушной среды приближается к пределу допустимой нагрузки на городские экосистемы.

Особенно вредными являются выбросы промышленных предприятий как биохимические, цементные, целлюлозно-бумажные и лакокрасочные. К настоящему времени в атмосфере городов находится свыше одного миллиона химических соединений, среди которых до 20 тыс. являются токсическими и канцерогенными [Аксельрод, 1981]. Автомобильный транспорт является примером комбинированного загрязнения почв и атмосферы. Автомобильный транспорт загрязняет воздушную среду тяжелыми металлами, окислами азота, углерода, озоном и другими загрязняющими веществами (до 200 соединений). Высокая концентрация промышленного производства и автотранспорта приводит к резкому возрастанию концентрации тяжелых металлов на территориях, прилегающих к автотрассам [Тимофеева, 2013; Махонько, 1976], наибольшее количество токсических веществ выбрасывается в атмосферу на

малом ходу, на перекрестках, остановках перед светофорами. Размеры различных экологических аномалий вдоль дорог определяется не только интенсивностью автомобильного движения и условиями застройки, но и структурой зеленых насаждений вдоль улиц [Горохов, 1991, 2012; Козлов, Харченко, Жуков, 1995; Разумовский, 1991].

В условиях городской среды значительной трансформации подвергается растительность. Происходит уничтожение естественной растительности, селективное подавление отдельных видов, осуществляется интродукция новых видов, идет стихийный процесс заноса не свойственных данной местности видов растений [Капитонова, 2022]. Воздействие антропогенных факторов на растения в условиях урбанизированной среды может быть как прямым (вырубка деревьев, сбор травяных растений), так и косвенным (изменение водного режима, уплотнение и повышенная засоленность почвы, обогащение нитратами, загрязнение тяжелыми металлами, и т.д.) [Kornas, 1982; Парфенов, 1985; Василевич, Мотекайтите, 1988; Дружинина, Мяло, 1990; Бурда, 1989].

К настоящему времени накоплен достаточно большой объем знаний о загрязнении растительного материала городских фитоценозов. Исследования в этом направлении сопряжены со значительными трудностями. Во-первых, на однородном в техническом отношении участке автомобильной дороги загрязнение растений происходит очень неравномерно [Лабий, Карпинец, 1988]. Во-вторых, уровень воздействия зависит от видового состава фитоценоза, возраста растения и густоты посадки растений и других факторов: особенностей ландшафта, направления доминирующих потоков воздуха, транспортной нагрузки и др. Интерпретация данных по техногенному влиянию на растения затрудняется и комплексным воздействием металлов на их метаболизм. Суммарный эффект воздействия факторов городской среды прямо или косвенно определяет ущерб, наносимый растению. Газопылевое (пыль, оксиды азота, серы, ионы водорода и др.) загрязнение древесной растительности, как в сухую, так и во влажную погоду оказывает воздействие на крону, в результате чего

происходит опадение листьев и потоки загрязнителей попадают в почву [Плотников, Семериков, 1976]. Интенсивность отмирания древесных растений такова, что в некоторых районах зеленой зоны г. Москвы ежегодный объем санитарных рубок превышает годичный прирост в 3 – 4 раза, а в отдельные неблагоприятные годы – до 10 – 12 раз [Состояние зеленых насаждений, 1998; 1999]. Таким образом, растения демонстрируют, что городская среда отрицательно действует на живые организмы [Нефедова, 2003].

В урбанизированной среде все положительные проявления жизнедеятельности зеленых насаждений значительно ослабевают. Состояние городских зеленых насаждений показывает высокую степень воздействия негативных факторов, присущих урбанизированным территориям и закономерно приводящих к ослаблению растений в городской среде, преждевременному старению, поражению болезнями, вредителями и к гибели насаждений [Машинский, 1973; Бойко, 2005].

В последние годы ученые активно и многосторонне изучают экологическое состояние насаждений в крупных городах, как одного из факторов улучшения качества городской среды [Кулагин, 1974, 1985; Николаевский, 1964, 1972, 1979, 1998, Неверова, Николаевский, 2003; Бухарина, 2007, Кулагин, 2014]. Исследованию качества урбоэкосистем посвящены работы ведущих научных специалистов различных областей знаний (экология, биология, химия, градостроительство и др.). Основе данных исследований лежит изучение и анализ влияния факторов городской среды на состояние живых организмов (растений, животных и человека) [Касимов, 1995; Гетко, 1989; Горышина, 1991, 2003; Уфимцева, Терехина, 2000, 2005; Павлов, 2006; Товстолес, 1915; Капленко, 2006; Артемьев, 2008, 2009; Бухарина, 2007; Авдеева, 2007; Сомов, 2012; Якубов, 2005]. Таким образом, данные исследования сохраняют свою актуальность и подчеркивают необходимость объективной оценки современного состояния городской среды. Различные аспекты процессов роста и развития древесных и травянистых растений в условиях города изучались многими исследователями

[Кулагин, 1974; Николаевский, 1979; Сергейчик, 1984; Горышина, 1991; Чернышенко, 2002; Неверова, Колмогорова, 2003; Кавеленова, 2002; Бухарина, Поварницина, Ведерников, 2007; Двоглазова, 2009; Жуйкова, 2009; Бухарина, Двоглазова, 2010; Гиниятуллин, Кулагин, 2012].

Практически во всех городах основной ассортимент древесных растений на объектах озеленения не очень разнообразен, так как не каждое растение способно стабильно расти и развиваться в условиях сложного комплекса антропогенных (техногенных, рекреационных и др.) нагрузок урбосреды. Жизненное состояние дерева или насаждения – это комплексный показатель, отражающий его санитарное и эстетическое состояние, и позволяющий судить о влиянии условий произрастания на жизнедеятельность растений и эффективность функционирования насаждения. В настоящее время разработаны различные методы оценки состояния деревьев, их отдельных частей [Авдеева, 2008; Найдено, 2014; Артемьев, 2013; Сунцова, 2013; Кавтарадзе, 1984, 1987, 1993, 1997, 1999; Кизель, 1985; Клауснитцер, 1990; Клепикова, 2002; Антипов, 1979; Кулагин 1966, 1973; Илькун, 1978, Илькун, Миронова, Михайленко, 1969; Рубцов, 1968; Балахонов, 1969; Рутковский, 1973; Алексеев, 1993; Захаров, 1985, 1993; Николаевский 1964, 1972; Сейдафаров, 2008, 2009, Фролов, 1988]. При этом независимо от характера методик, применяемых к анализу жизненного состояния растений, все авторы отмечают различную степень дигрессии насаждений, произрастающих в условиях урбосреды [Кавтарадзе, 1997, 1999; Кизель, 1985; Клауснитцер, 1990; Клепикова, 2002; Климат, 1995; Дымоустойчивость, 1950; Ковригина, 2002; Коробко, 1995; Корона, 1987; Кряжева, 1996]. Рядом научных исследований подтверждено, что древесные растения могут выступать объектами мониторинга городской среды, так как их таксационные (высота, диаметры ствола и кроны дерева) и морфологические параметры (размеры листовых пластинок и др.) отражают уровни экологического риска городской среды [Кулагин, 2014; Нефедова, 2003,

Авдеева, 2008, 2013; Товстолес, 1915; Россинина, 2011; Артемьев, 2003; Вараксин, 2009; Якубов, 2005].

Рост – не только физиологический, но и информационный процесс, ибо организм осуществляет свою жизнедеятельность исключительно на основе сигналов внешней среды. Кинетические параметры хода роста организмов являются важнейшими характеристиками состояния их жизнестойкости, жизнеспособности и таксономического положения [Демаков, 2004].

Имеется много работ по исследованию радиального прироста и недостаточно - по приросту в высоту. В то же время проблема классификации условий произрастания тесно связана с ростом деревьев в высоту. Мало внимания исследователей уделяется изучению изменчивости, или отклонениям от тенденции роста в высоту. Изменчивость - свойство всего живого, необходимо изучение её во всех проявлениях, как реакции организмов на внешние факторы . Только по ней мы можем оценить значимость того или иного воздействия. [Руссков, 2012].

Поиск параметров интегральной оценки городской среды основан на выявлении и исследовании процессов, определяющих долговременную устойчивость городских экосистем [Моисеев, 1996]. На основании этого разрабатываются практические рекомендации направленные на поддержание устойчивости экосистем: специалисты в области почвоведения предлагают оставлять до 30 % городских территорий «незапечатанными», т.е. в свободном от искусственных поверхностей состоянии [Почвы, город..., 1997; Прокофьева, Строганова, 2000]; исследования в области «видеоэкологии» рекомендуют сохранять различные формы растений, так как они увеличивают разнообразие зрительных (сенсорных) модальностей для человека [Филин, 1990, 1997]. Данные исследования демонстрируют, что в настоящее время внимание исследователей природных компонентов городских экосистем и социальных демографов в основном уделяется факторам влияния на генофонд растений, животных и человека. Появились процессы и показатели состояния организмов

в качестве ведущих критериев оценки качества городской среды [Захаров, 1987, Здоровье среды...200; Нефедова, 2003]. Данное исследование направлено на изучение роста и развития березы повислой и липы мелколистной – видов, используемых в озеленении г. Красноярска и на поиск методов (разработку методик), позволяющих выявить вид-индикатор (или тест-объект) и признаки-маркеры (таксационные и биометрические параметры), наиболее чутко отражающие реакции древесных растений на антропогенные нагрузки городской среды.

Асимметрия объектов живой природы – один из важных показателей жизненного состояния биологического объекта, который позволяет оценить стабильность развития особи в популяции или при изменении экологической ситуации в среде обитания. Это один из показателей изменчивости состояния особи в онтогенезе на фоне физико-химического перманентного загрязнения воздушной, почвенной, водной среды в биотопе (экотопе), спонтанных изменений микроклимата, мутагенных воздействий и др.

Под биологической симметрией мы понимаем расположение сходных частей тела особи относительно условных или анатомических обусловленных центре, оси или плоскости. Различные природные типы симметрии растений сформировались в длительном процессе эволюции вида в экотопе. Они могут видоизменяться в результате силовых механических взаимоотношений анатомических структур с действующими факторами среды обитания, когда один тип симметрии может быть заменен на другой [Урманцев, 1974; Петухов, 1981]. Например, у древесных пород (чаще всего это сосны и другие хвойные), растущих на открытой местности под сильным ветром симметрия кроны меняется с радиальной на билатеральную с плоскостью, ориентированной по направлению господствующих ветров [Ботаника с основами экологии, 1979].

Сам по себе вид симметрии не дает оснований судить о биологических особенностях живого организма. В настоящее время одна из наиболее распространенных рабочих гипотез о природе симметрии живого состоит в том,

что нарушение симметрии связано с действием биофизических механизмов, регулирующих направленность и интенсивность процессов роста в онтогенезе в зависимости от внутренних и внешних условий среды обитания как отдельной особи, так и популяций [Урманцев, 1974]. Среди форм асимметрии наиболее морфологически значима асимметрия флуктуирующая, определяющая отклонения случайных величин в обе стороны от их средних значений. Само наличие флуктуации служит показателем влияния случайных факторов на параметр или явление. Даже незначительное увеличение или уменьшение асимметричности вызывают отсроченные последствия, еще до конца недооцененные [Palmer, 1996].

В природных популяциях величины флуктуирующая асимметрия может варьировать в зависимости от того, насколько внешние условия соответствуют оптимальным или не оптимальным условиям развития [Zakharov, 1981].

Одним из перспективных подходов для такой интегральной характеристики качества среды является оценка состояния живых организмов по стабильности развития, которая характеризуется уровнем флуктуирующей асимметрии (ФА) морфологических структур [Евсеева, Гераськин, 2000; Захаров, Кларк, 1993; Захаров и др. 2001, Зыков, 2012]. В условиях города наиболее удобной является биоиндикация окружающей среды по стабильности развития древесных растений, в частности ФА листовой пластинки видов-биоиндикаторов.

В последнее время коэффициент ФА широко применяется в качестве показателя для биомониторинга природных популяций растений, обитающих как в естественных, так и в антропогенных условиях [Kozolov et al., 1996; Zvereva. et al., 1997 a; 1997 b; Шестакова и др., 2000]. Исследования, выполненные на древесных растениях г. Красноярска и его зеленой зоны немногочисленны, но при этом именно древесные растения являются наиболее информативным объектом для целей мониторинга городской среды, т.к. ведут

прикрепленный образ жизни [Кряжева и др., 1996; Чистякова, 1989; Zvereva et al., 1997 a, 1997 b; Valkama, Kozlov, 2001].

Таким образом, обзор исследований показывает, что изучение биологической асимметрии являются важными направления экологических исследований древесных растений, произрастающих естественных и искусственных насаждениях, в том числе при разработке экологического мониторинга вопрос городской среды, в частности, при оценке жизненного состояния растений в урбофитоценозах и качества среды для человека.

В настоящее время в озеленении городов Сибири ассортимент растений представлен незначительным количеством видов, в котором практически во всех городах все еще преобладает тополь бальзамический, а вопрос его массовой замене стоит достаточно остро. При этом успешное использование липы мелколистной и березы повислой в насаждениях таких сибирских городов как Екатеринбург, Новосибирск, Иркутск, Братск и других, а также рекомендации ряда авторов о перспективности их использования в структуре городского озеленения [Крылов, 1891; Наумова, 1977; Чистякова, 1989, 1997; Авдеева, 2000; Головинская, 2000; Сорокин, 2006; Авдеева, 2007; Амосова, 2010, Вараксин, 2010; Хузина, 2010, Агафонова, 2011; Рунова, 2011, Скрипальщикова, Стасова, Бажина, 2017, Скрипальщикова, Стасова, 2018, Нуриев, 2019, Турмухометова, 2019, Хисматуллин, 2020, Выводцев и др., 2022, Габделхаков и др., 2022, Байтурина Р.Р., Габделхаков А.К., Салимьянова Л.Р., 2023], а также увеличение доли данных видов в насаждениях г. Красноярска послужило основанием для выбора объектов исследования.

Рекогносцировочное исследование скверов г. Красноярска показало, что такие древесные виды как аборигенный вид – береза повислая и интродуцент – липа мелколистная, входят в состав практически каждого сквера в той или иной долей встречаемости, при этом их жизненное состояние варьирует от «здорового» до «усыхающего». Данные растения вносят как декоративный, так и средозащитный вклад в оздоровление урбосреды, а рядом исследователей

установлена их роль в мониторинге состояния окружающей среды. Однако использование данных видов на объектах озеленения не всегда отвечает их видовым особенностям. На основании этого в качестве объектов исследования нами выбраны данные виды.

Береза повислая — вид растений рода Берёза (*Betula*), семейства Берёзовые (*Betulaceae*). Ареал березы повислой охватывает обширную территорию Европы и Азии. Широко распространённая лесообразующая порода, формирующая мелколиственные леса по всем климатическим зонам России, кроме тундры. Берёзовые леса возникают на месте сведённых или сгоревших лесов, но так как берёза светолюбива, она легко вытесняется более долгоживущими и крупными деревьями и присутствует в лесах как примесь, по более светлым участкам [Пономарев, 1938]. При этом ее пространственное размещение зависит от разнообразия почвенно-климатических условий и антропогенных факторов и объясняется специфическими лесоводственными и биоэкологическими особенностями, присущими роду береза [Фрейберг, 1969; Денисов, 1973; Коновалов, 2002, 2003]. Берёза повислая дерево высотой до 20 (25) м, с ажурной неправильно яйцевидной или обратнойяйцевидной кроной и обычно поникшими ветвями. Молодые побеги голые, усажены смолистыми бородавочками (отсюда название «бородавчатая»). Годовалые ветви - красновато-бурые. Кора ствола и основных ветвей кроны у молодых деревьев белая, слоистая («береста»), у старых деревьев у основания ствола она сменяется черной глубокотрещиноватой коркой. Листья треугольной или ромбически-яйцевидной формы, длиной 3 - 7 см. В верхушке листья заостренные, у основания ширококлиновидные по краям двоякоострозубчатые. Листья с обеих сторон голые, молодые листочки смолистые, липкие. Черешки листьев тонкие, длиной 2 - 3 см. Цветет в мае, сережки с плодами созревают в июле или августе – сентябре, после созревания рассыпаются. Береза повислая растет медленно только в первый год, со второго года начинает расти быстро, достигая полного развития к 50 годам. Наиболее сильный рост в высоту и по диаметру ствола наблюдается в возрасте 5 - 15 лет.

Корневая система сильно разветвленная как вглубь, так и в стороны. Недолговечная порода, в 80 - 100 лет начинает суховершинить и отмирать, редко доживает до 150 лет. Плодоносить начинает при свободном стоянии с 10, в насаждениях – с 20 - 30 лет. [Пономарев, 1938; Гроздова, 1979].

Ценится береза и в озеленении, особенно декоративные ее плакучие формы [Булыгин, 2003]. Красивое, изящное, дерево широко распространенное в садах и парках. Чистые насаждения группами и рощами выделяются светлой окраской листвы, изящной формой крон и белоснежной корой на фоне всех других пород, особенно на фоне темно-зеленых хвойных. Весьма эффектны и смешанные группы из березы с хвойными - сосной обыкновенной, кедровой сибирской, и особенно, с елью. Наиболее ярко красота березы проявляется при ее посадке солитером на газоне. Типичная форма березы повислой и, особенно, ее плакучие формы очень хороши также для обрамления водоемов. Аллеи из березы очень эффектны [Булыгин Н.Е., 2003; Колесников, 1974].

Береза, благодаря своим биологическим особенностям и особой декоративности, обладает высоким рекреационным потенциалом. Ее биологические особенности играют большую положительную роль в очищении воздуха оздоровлении окружающей среды. Она стоит на втором месте после дуба по поглощению углекислоты и выделению кислорода на 1 м³ древесины [Лосицкий, 1973]. Эстетичность березы повислой сочетается с быстротой роста, устойчивостью к климатическим условиям и техногенным факторам, что дает возможность использовать березу в целях озеленения на территории городов Сибири с их жестким климатом, бедными городскими почвами, высокими антропогенными нагрузками.

Изучением березы повислой занимаются как российские ученые, так и зарубежные авторы. Большой вклад в разработку эволюции рода Береза внесли исследования В.Н. Васильева [Васильев, 1942, 1964, 1969], Н.И. Орловой [Орлова, 1952, 1956], М.Л. Раменской [Раменская, 1960, 1974, 1983]. Значительный вклад в изучение изменчивости березы проведены в отдельных

частях ее ареала Н.И. Стрекаловским [Стрекаловский, 1949], А.М. Мушегяном [Мушегян, 1956] Н.Б. Гроздовой [Гроздова, 1961, 1979], А.К. Махневым [Махнев, 1964, 1965, 1969, 1970, 1975, 1982, 1987], Н.Д. Чубановым [Чубанов, 1969], М.И. Исмаиловым [Исмаилов, 1972], А.М. Данченко [Данченко, 1970, 1975, 1990], С.А. Мамаевым [Мамаев, 1972]; Г.И. Говорухой [Говоруха, 1971, 1975], М.А. Шембергом [Шемберг, 1986, 1992], Э. И. Галеевым [Галеев, 2000], Л.В. Ветчинниковой [Ветчинникова, 2002, 2004], Ю. А. Янбаевым [Янбаев, 2002], В. Ф. Коноваловым [Коновалов, 2003], С. Н. Лищинской [Лищинская, 2003], А. А. Бойко [Бойко, 2005], Е. В. Клещевой [Клещева, 2007], А.В. Козьминым [Козьмин, 2013], Л.О. Петункининой и А.С. Сарсацкой [Петункинина и А.С. Сарсацкая, 2015].

Рост и развитие березы повислой в естественных и городских условиях изучали М.А. Шемберг [Шемберг, 1986, 1992], Е.В. Авдеева [Авдеева, 2000, 2007], К. А. Завьялов [Завьялов, 2009], Л. Н. Скрипальщикова [Скрипальщикова, 2009-2018], Т. А. Трегубова [Трегубова, 2000], Е. М. Иншаков [Иншаков, 2011], Л. Н. Сунцова [Сунцова, 2013], Е. Ю. Колмогорова [Колмогорова, 2012], Е.В. Лисотова [Лисотова, 2013 - 2022], А. А. Гуртяк [Гуртяк, 2013].

Рядом авторов установлено, что береза повислая малотребовательная к плодородности почвы, физическому строению, характеру гумуса и мощности корнеобитаемого слоя, плохо растет на солонцеватых почвах, при этом является почвоулучшающей породой. [Морозов, 1949; Ткаченко, 1952].

В ряде исследований установлено, что насаждения березы повислой отличаются высокой экологической пластичностью, интенсивностью роста, обладают высокими пыле- и газоустойчивыми свойствами и достаточно хорошо произрастают при загрязнении атмосферного воздуха. При этом степень ее устойчивости к промышленному загрязнению обусловлена биологическими особенностями. Береза устойчива к загазованности воздуха и вытаптыванию почвы. Береза повислая имеет способность снижать потери воды в условиях техногенного загрязнения [Бухарина, 2007], она устойчива к условию

антропогенного загрязнения и характеризуется хорошей ксероморфностью [Гиниятуллин, 2014]. Устойчивость к уплотнению почв зависит от особого строения и особенности роста ее корневой системы, у березы развитие корневой системы происходит значительно быстрее, чем у других пород. Она не требовательна к почвам, засухоустойчива, светолюбива, зимостойкая [Гроздова, 1979; Коропачинский, 2014; Антипов, 1979; Спицына, 2001; Неверова, 2003].

В диссертационной работе А.А. Бойко, установлено, что в условиях Уфимского промышленного центра происходит снижение таксационных показателей древостоев березы повислой, и трансформация флористического состава фитоценозов. Отмечено незначительное снижение относительного жизненного состояния насаждений березы повислой в зоне сильного загрязнения. При этом морфологическая структура листовой пластинки березы повислой в условиях техногенного загрязнения претерпевает значительные изменения, имеющие адаптивный характер: уменьшаются линейные размеры и площадь листьев, увеличиваются длины жилок. Результаты данных исследований отражают высокую толерантность березы повислой к воздействию загрязнения окружающей среды, а автор рекомендует использовать данный вид при создании и реконструкции санитарно-защитных насаждений [Бойко, 2005].

Рядом авторов установлено, что береза повислая малотребовательная к плодородности почвы, физическому строению, характеру гумуса и мощности корнеобитаемого слоя, плохо растет на солонцеватых почвах, при этом является почвоулучшающей породой. [Морозов, 1949; Ткаченко, 1952].

Е.М. Рунова и О.А. Костромина приводят результаты экспериментальных исследований по влиянию промышленных выбросов на состояние мелколиственных пород – березы повислой в зонах различного техногенного влияния в окрестностях г. Братска [Рунова, 2011]. Степень устойчивости вида к промышленному загрязнению обусловлена его биологическими особенностями. Насаждение березы повислой отличаются высокой экологической пластичностью, интенсивностью роста, долговечностью, обладают высокими

пыле- и газоустойчивающими свойствами и достаточно хорошо произрастают при загрязнении атмосферного воздуха [Антипов, 1979; Кулагин, 1985; Спицына, 2001; Неверова, 2003].

Приймак П. Г. [Приймак, 2005] описал морфологические изменения березы, происходящие под влиянием техногенного воздействия комбината «Североникель» в центральной части Кольского полуострова. Установлены закономерности изменений сопряженности морфологических параметров древовидных берез в зоне промышленного загрязнения ОАО комбинат «Североникель» для организмов, однолетних побегов и листовых пластин. Автор предлагает данные исследования использовать в качестве основы для разработки методов оценки и прогнозов состояния фитоценозов, для отбора в природе устойчивых растений к действию техногенного загрязнения и комплекса последующих изменений окружающей среды.

Работа И.В. Мокрова [Мокров, 2005] на тему «Биоиндикационное значение флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula Pendula* Roth.) в рекреационных зонах крупного промышленного центра и на особо охраняемой природной территории на примере Нижегородской области» позволила оценить качество городской среды не только в пространственном аспекте, на уровне отдельных рекреационных зон и частей города, но и выявить временную динамику величины флуктуирующей асимметрии листовой пластинки. Полученные автором результаты, позволяют рекомендовать березу повислую в качестве надежного биоиндикатора качества среды. Автор полагает, что для полной и объективной оценки качества среды в крупных промышленных центрах и особо охраняемых природных территориях необходимо учитывать не только техногенные факторы, но и характеристики климата.

Изучение особенности флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой 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], выявлено влияние высотной периферии ареала березы повислой на увеличение уровня флуктуирующей асимметрии. Оценка влияния антропогенных воздействий на стабильность развития березы подтвердила чувствительность данного показателя к радиации, электромагнитному излучению, близости автомагистрали.

Морфофизиологические и физиолого-биохимические критерии оценки жизненного состояния древесных растений в системе экологического мониторинга городской среды на примере березы повислой показала Т.А. Нефедова [Нефедова, 2003]. Автор провела сравнительный анализ и сделал вывод: что величина флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой уменьшается по мере развития листовой пластинки и увеличивается с ростом суммарной антропогенной нагрузки в городской среде, а фотосинтетическая активность листьев березы повислой снижается с ростом уровня загрязнения городской среды. А. А. Гуртяк и А.А. Лящев исследовали березу повислую на территории ХМАО – Югры и установили что исследуемые объекты наиболее чувствительны к неблагоприятным факторам среды на ранних стадиях онтогенеза (период июнь-август) [Гуртяк, Лящев, 2013].

На показатель флуктуирующей асимметрии в городской среде огромное влияние имеет насыщенность транспортной нагрузки; расстояние от источника загрязнения; открытость и защищенность участка, а также уровень качества дороги. В.Ю. Солдатова [Солдатова, 2008] провела корреляционные анализы между ФА и среднемесячными данными загрязнения воздуха около автомобильных дорог. Высокие корреляции наблюдаются при действии пыли, особенно в мае месяце (коэффициент Пирсона — 0,95), а также оксида углерода (0,86). Это еще раз подтверждает, что влияние негативных факторов при закладке и распускании почек велико и играет первостепенную роль в

дальнейшем развитии листа. Дальнейшее загрязнение уже при сформировавшемся листе играет менее важную роль. Загрязнения воздуха в зимнее время (январь-апрель) также существенно влияют на показатель асимметрии. Это связано с климатическими условиями нашего города, т.е. при слабой аэрации воздуха в зимние месяцы идет накопление и оседание загрязняющих веществ. В течение года прослеживаются корреляционные связи с показателями содержания пыли и оксида углерода в атмосфере. Исходя из этих данных видно, что существенные изменения в развитии листа оказывают загрязнения воздуха зимне-весеннего периода до распускания почки. Загрязнение почвогрунтов тяжелыми металлами тоже играют существенную роль в повышении ФА.

В ряде научных работ берёза повислая рассматривается как индикатор качества городской среды признаками-маркерами выступают разные показатели - жизненный потенциал вида, морфометрические показатели, содержание сульфатной серы и показатель стабильности развития и др. [Ветчинникова, 2002; Колмогорова, 2012; Ибрагимова, 2014].

Результаты многолетних биохимических и морфологических исследований свидетельствуют, что у берёзы повислой низкая активность ферментов, повышенная водоудерживающая способность и высокая ксероморфность, что способствует приспособленности вида к неблагоприятным условиям урбосреды и особенно загрязнению ксенобиотиками. [Петункина, Сарсацкая, 2015].

Липа - род листопадных деревьев семейства липовых. *Липа мелколистная* - листопадное дерево 20 – 38 м высотой с шатровидной кроной. Листья очередные, сердцевидные, длинночерешковые, зубчатые, с оттянутой заострённой верхушкой, сверху зелёные, снизу сизоватые. Цветки пятичленные, обоеполые, беловатые или желтоватые, собраны в щитковидные или зонтиковидные, реже кистевидные, соцветия, общий цветонос которых в нижней части сростается с главной жилкой плёнчатого, продолговато-эллиптического верхушечного прицветного листа. Кора тёмная, на старых деревьях бороздчатая.

Цветки правильные, обоеполые, с двойным пятираздельным околоцветником, до 1-1,5 см в диаметре, желтовато-белые, пахучие, собраны в повислые щитковидные соцветия по 3-11 штук, при соцветиях имеется продолговатый желтовато-зелёный прилистник. Тычинок в цветке много. Цветёт с начала июля 10-15 дней [11]. Нектароносная ткань, расположенная на внутренней части оснований чашелистиков, выделяет 5-10 мг нектара [Бурмистров, Никитина, 1990]. В густых насаждениях начинает цвести в возрасте 20 – 25 лет, а на открытой местности — в 12 - 15. Цветёт в течение двух недель в июле, но в жаркое и сухое лето цветения может сократиться до 5 дней [Мадебейкин, Мадебейкин, 2010]. Мощная корневая система липы обуславливает устойчивость к ветру [Карандина, 1950]. Большая часть массы корней (около 97,4 %) сосредоточена в горизонте А, который характеризуется лучшими механическими свойствами и наличием основных элементов питания [Бу А.В., 1961].

Липа мелколистная занимает среди древесных пород городской среды важное место. Исследование этой породы является перспективным, поскольку липа является довольно устойчивой к различным антропогенным воздействиям породой имеет высокие эстетические качества. По ботаническим данным, Tiliaceae – семейство липовых, *Tilia cordata* – липа мелколистная или сердцелистная [Ботанический атлас, 1963; Головинская, 2000].

Изучение видов из рода *Tilia* занимались отечественные и зарубежные исследователи. Наиболее подробная характеристика *Tilia cordata* Mill представлена Миллером. Особенности произрастания данного вида в различных условиях Западной Сибири описаны в работах [Малеева, 1949; Попова, 1957; Васильева, 1958; Хлонова, 1965; Григорьева, 1998 и др.].

Изучение вида липы мелколистной осуществлялось учеными в различных аспектах. Авторами описан ареал распространения липы мелколистной [Крылов, 1891; Баранов, 1931; Малеев, 1949; Васильев, 1958; Попов, 1957; Хлонов, 1958, 1965; Горчаковский, 1968; Жаркова, 1972; Положий, 1977; Клеопов, 1990;

Григорьев, 1998 и др.]; раскрыты ее биологические особенности [Гроздов, 1952; Ткаченко, 1952; Болотова, 1953; Крылов, 1958; Зыков, 1960; Харитонович, 1968; Иванов, 1975; Булыгин, 1991; Григорьев, 1998; Арсланов 2008 и др.]; рассмотрены отличия от других видов липы [Гроздов, 1952; Буторина, Нащокин, 1958; Черепнин, 1963; Степанов, 1993 и др.]

К настоящему времени накоплен обширный материал по биологии, морфологии и экологии, лесообразующей роли липы мелколистной [Грохольская, 1950; Ткаченко, 1952; Литвяков, 1957; Козьяков, 1964; Хлонов, 1965, 2006; Рябчицкий, 1964; Назирова, 1968; Колыбина, 1970; Мушинская, 1977; Мурахтанов, 1977, 1981; Чистякова, 1978, 1979; Курнаев, 1980; Соколов, 1975, 1978; Карманова, 1983; Хайретдинов, 1990; Головинская, 2000; Султанова и др., 2002; Сорокин, 2006; Султанова, 2006 и др.]. Значительное количество исследований посвящено изучению продуктивности и хода роста древостоев липы [Матвеев-Мотин, 1931; Крайнев, 1935; Напалков, 1948; Богомоллов, 1954; Моисеенко, 1955; Верхунов, 1956, 1957, 1991; Буховцев, 1960; Козьяков, 1963; Соколов, 1968; Мурахтанов, 1972; Габделхаков, Имангулов, 2004; Михайлова, 2011; Габделхаков, Ситдинов, 2013; Хисматуллин, 2020; Выводцев и др., 2022; Габделхаков и др., 2022]. Изучению биологической продуктивности насаждений липы посвящено значительно меньшее количество работ [Рахтеенко, 1963; Лавриненко, 1965; Тимофеев, 1970, 1975; Смирнов, 1971; Смирнов, Семенова, 1968; Молчанов, 1971, 1980; Соколов, 1975, 1978; Карманова, 1983, 1984; Устинов, 1987; Евстигнеев, 1991, 1994; Болдырев, 1992; Хайретдинов, 1990; Габделхаков, 1998, 2001; Уварова, 2006; и др.]. Искусственные насаждения липы подобными исследованиями изучены еще в меньшей степени [Байтурина, Габделхаков, Салимьянова, 2023].

Анализ научной литературы показывает, что липа мелколистная широко распространена в разных регионах России, что говорит о высокой степени адаптации данного вида к различным условиям внешней среды [Шиманюк, 1964; Чистякова, 1989; Заугольнова, 2000; Пчелин, 2007]. Однако на снижение числа

древостоев липы мелколистной значительно влияние оказывают антропогенные факторы [Овсянников, 1931; Сорокин, 2006].

Рядом авторов отмечена высокая устойчивость липы мелколистной к загрязнению воздушного бассейна в условиях городской среды, а также о существенном снижении ее жизненного состояния в условиях промышленного загрязнения. В наибольшей степени у липы мелколистной повреждается листовая пластинка точечным некрозом. При этом групповые посадки повреждаются существенно сильнее, чем одиночные деревья. Вблизи крупных промышленных предприятий и транспортных артерий прирост ствола по объему у липы заметно снижается [Сейдафаров, 2008].

В работе Р.А. Сейдафарова «Эколого-биологические особенности липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в условиях техногенного загрязнения (на примере Уфимского промышленного центра)» представлены количественные данные, характеризующие эколого-биологические особенности ассимиляционного аппарата, радиального прироста стволовой древесины и корневых систем липы мелколистной в условиях нефтехимического загрязнения. Установлено, что при увеличении степени промышленного загрязнения происходит усиление ксероморфности листовой пластинки: уменьшается площадь листа, увеличивается устьичный индекс. Указанные изменения являются защитной адаптационной реакцией ассимиляционного аппарата липы к условиям техногенеза – при уменьшении площади листьев уменьшается и поступление поллютанов, а взаимосвязь адаптивных реакций надземной и подземной частей вегетативного тела липы обеспечивает высокую устойчивость данного вида к действию промышленных загрязнителей.

В диссертационной работе Т.Я. Головинской установлено, что воздействие транспортного загрязнения на зеленые насаждения примагистральных зон Центрального района г. Воронежа приводит к значительным изменениям в состоянии липы мелколистной, составляющей основу ассортимента древесных растений участков исследований. На

перекрестках и останковках 18 % растений входят в III группу жизнеспособности, снижаются морфометрические параметры растений - высота деревьев и размеры листовых пластинок [Головинская, 2000]. При этом установлено, что после обрезки крон липы мелколистной даже в примагистральных территориях повышается газоустойчивость растений: площадь некрозов листьев на необрезанных деревьях в условиях повышенного транспортного загрязнения достигает к началу осеннего расцветания 30 - 50 % площади всей листвы, дополнительно снижая фотосинтезирующую способность, а на листьях обрезанных деревьев наблюдались весьма незначительные некротические признаки. Фенологические исследования показали, в течение 8 лет после обрезки увеличивает период фотосинтезирующей активности листвы на 1.5 - 1.7 месяца, приближая его к показателям в экологически благополучные условия произрастания растений [Головинская, 2000].

Е.А. Ерофеева [Ерофеева, 2011]. изучала влияние автотранспортного загрязнения на скорость выхода из состояния зимнего покоя и окончание вегетации у липы мелколистной. У деревьев на всех исследованных участках, подвергавшихся автотранспортному загрязнению, отмечалось ускорение выхода из состояния зимнего покоя и более быстрое наступление окончания вегетации по сравнению с состоянием липы контрольного участка (0 авто/ч). Подобное влияние химического загрязнения на феноритмы древесных растений было показано и другим автором [Цандекова, 2009].

П.А. Тарасов изучал взаимовлияние почвы и древесных растений на примере липы мелколистной. Исследования показали, что липа мелколистная обладает значительным почвоулучшающим эффектом и может быть использована для повышения производительности почв [Тарасов, 1999].

М.Г. Воробьева в своей работе сравнивала липу мелколистную и сибирскую и сделала выводы: что признаки липы сибирской во многом похожи с липой мелколистной [Воробьева, 1969]. Результаты исследования, представленные в диссертационной работе В.Е. Наумовой показывают, что липа

сибирская может успешно применяться при создании зеленых насаждений в г. Красноярске, и его окрестностях и в населенных пунктах Средней и восточной Сибири, находящихся в аналогичном или даже несколько более суровых климатических условиях [Наумова, 1977].

Ю.В. Разумовский в диссертации описал онтогенез липы мелколистной в городских условиях и выявил ее поливариантность по темпам развития. Выделил 3 варианта онтогенеза: с последовательным прохождением всех возрастных состояний в ускоренном темпе; с объединением молодого и средневозрастного генеративного состояния; с пропуском молодого и средневозрастного генеративного состояния. Ход онтогенеза липы в городе с одной стороны зависит от типа насаждений, с другой стороны от ранга объекта озеленения, на котором они произрастают. Исследования позволили выявить комплекс структурных и биометрических параметров, использование которых дает возможность составлять прогнозы развития парковых насаждений, который выступает не только как композиционный элемент парка, но и как особый экологический фактор [Разумовский, 1991, 1992].

В.В. Скорбач и М.Н. Жиликова исследовали анатомические признаки листа липы мелколистной в условиях загрязнения среды в городе Белгороде. Установлено, что в районе ул. Студенческой и Аэропорта размеры основных эпидермальных клеток уменьшаются в наибольшей степени. Авторы сделали вывод, что основные эпидермальные клетки листа липы мелколистной можно использовать в качестве биоиндикатора уровня загрязнения городской среды [Скорбач, 2009].

И.Е. Зыков и Л.В. Федорова проанализировали параметры листовых пластин березы бородавчатой (*Betula pendula* L.) и липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в городской среде Ногинского района Московской области. Авторы сделали вывод, что оба вида древесных растений реагируют на состояние окружающей среды сходным образом и в равной степени могут использоваться для биодиагностики состояния окружающей среды [Зыков, 2012].

Фенологические исследования данных видов в условиях городской среды проведены рядом авторов в различных объектах озеленения парках, жилых дворах, автомагистралях [Вараксин, 2010, Залывская, 2011, Кулагин, 2014, Турмухометова, 2019, Цандекова, 2009].

Г.С. Вараксин изучал особенности фенологического развития липы мелколистной в различных экологических условиях города Красноярск. В результате анализа установлены следующие особенности: у экземпляров, произраставших на территории, прилегающих к городским магистралям, отмечено более раннее начало и завершение цветения, а также более раннее созревание плодов, опадание листьев также происходит неодновременно [Вараксин, 2010].

Анализ зимостойкости липы мелколистной в г. Красноярске проведен Г.С. Вараксиным и Ю.В. Кладько. В ходе наблюдения ими установлено, что подавляющее количество экземпляров данных видов (58 - 70%) вполне зимостойки на всех исследуемых территориях. Изучение жизнеустойчивости по визуальным признакам показало, что 50 % липы мелколистной получили оценку 3 балла из 5. Это означает, что их крона развита не симметрично и имеет значительную долю усохших ветвей. Данные растения нуждаются в проведении санитарных уходов. Таким образом, введение новых для озеленения г. Красноярска видов, такие как липа мелколистная является прогрессивным методом улучшения облика городских насаждений и состояния среды, но требует дальнейших исследований [Кладько, 2007, Вараксин, 2009; 2010].

В условиях г. Екатеринбурга зеленые насаждения произрастают не только в сложных климатических условиях, но и под прессингом антропогенных факторов. По результатам А.Л. Агафоновой балл санитарного состояния дерева, определяемый визуально, менее достоверно отражает реакцию деревьев липы мелколистной на изменение качества городской среды, по сравнению с коэффициентом флуктуирующей асимметрии. Коэффициентом асимметрии рассчитанный на основе морфологических показателей листовой пластины липы

мелколистной, достаточно чувствительный к внешним факторам, что позволяет использовать его при фитомониторинге урбосреды. Автором установлено, что для предварительной характеристики экологических условий среды в ряде случаев достаточно использовать только один показатель – длину черешка листа, так как коэффициент корреляции для показателей длины черешка и коэффициент асимметрии составляет $r = -0,59$. По мере удаления от крупных автодорог черешок листа удлиняется, в среднем увеличиваясь от $35,18 \pm 0,51$ до $46,86 \pm 0,78$ мм [Агафонова, 2011].

Установлено, что долговечность липы мелколистной зависит от условий произрастания [Разумовский, 1992; Лобова, 1999; Агафонова, 2011]. В пределах разных типов парковых насаждений и объектов озеленения выделяется ряд частных вариантов онтогенеза обусловленных конкретными условиями произрастания, жизненной формой, угнетением старовозрастными деревьями.

По исследованиям О. В. Лобовой, долговечность липы в насаждениях г. Москвы составляет; в парках 125 – 150 лет, на бульварах 80 лет, в уличных насаждениях на полосе газона - 70 лет, в лунках в асфальтовом тротуаре – 60 лет. Соблюдение всех требуемых нормативов при создании уличных посадок в Екатеринбурге даст возможность получить здоровые и устойчивые насаждения из липы мелколистной для формирования СЗЗ [Аткина, 2008, Агафонова, 2011].

Комплексная оценка липы мелколистной с точки зрения ее перспективного использования в санитарно-защитных зонах крупных промышленных предприятий и озеленении г. Екатеринбурга показала, что независимо от расположения улиц относительно сторон света, интенсивности движения транспорта липа мелколистная успешно произрастает в уличных посадках. Ухудшение санитарного состояния, в первую очередь, связано с асфальтированием приствольного круга и чрезмерно уплотненной схемой посадки (например, с интервалом 2 – 3 м) [Аткина, 2008, Агафонова, 2011].

Фенологические явления растений достаточно полно и наглядно отражают ход их жизнедеятельности в течение всего вегетационного цикла, они тесно

связаны с комплексом их функций и органов и служат наиболее важным средством, при помощи которого по внешним признакам можно судить об изменениях состояния особей липы мелколистную в условиях города Красноярска [Вараксин, Кладько, 2010].

Не смотря на высокую изученность данных видов, отсутствуют данные о возрастной динамике биометрических параметров деревьев данных видов, произрастающих на объектах озеленения города Красноярска в условиях с различным уровнем антропогенной нагрузки.

Выводы по главе

1. Натурный и картографический анализ показал, что в среднем по г. Красноярску обеспеченность скверами составляет 31 % от нормативных значений, при этом они крайне неравномерно распределены по территории города. Только в Центральном районе обеспеченность объектами данной категории отвечает нормативным значениям. В данном районе города расположено 50 скверов различного функционального назначения, отличающихся по площади, взаимосвязи с архитектурными ансамблями и по характеру благоустройства. На территориях остальных административных районов недостаток площадей скверов составляет от 53 % до 90 %. Анализ динамики обеспеченности скверами за последние 32 года показал, что прослеживается тенденция увеличения площадей скверов во всех районах города, за исключением Октябрьского района.

2. Пространственная структура и видовой состав скверов не всегда отвечает сложившимся условиям, а их планировочное распределение по территории города носит «дискретный» характер, они практически не взаимосвязаны с другими объектами озеленения и не образуют единой системы пешеходных пространств, не отвечают современным требованиям по уровню благоустройства, недостаточны по территории, не всегда являются частью сложившейся структурных связей жилых районов, однообразны по

ассортименту растений. Оценка обеспеченности скверами и их качественные и количественные характеристики предопределили выбор объектов озеленения для проведения исследований.

3. В настоящее время в озеленении городов Сибири ассортимент растений представлен незначительным количеством видов, в котором практически во всех городах все еще преобладает тополь бальзамический, а вопрос его массовой замене стоит достаточно остро. При этом успешное использование липы мелколистной и березы повислой в насаждениях таких сибирских городов как Екатеринбург, Новосибирск, Иркутск, Братск и других, а также рекомендации ряда авторов говорят о перспективности их использования в структуре городского озеленения и увеличение доли данных видов в насаждениях г. Красноярска.

Перспективность введения данных видов на объекты озеленения г. Красноярска связано с их высокими эстетическими качествами, с тем, что данные виды являются листопадными, что предопределяет их устойчивость к неблагоприятным факторам городской среды. При этом для их рационального использования в ландшафтном строительстве необходимы исследования изменений объемно-пространственных характеристик и жизненного состояния в возрастном аспекте. На основании этого в качестве объектов исследования нами выбраны данные виды.

2 ПРОГРАММА, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Программа исследований

Программой исследования предусматривалось:

- анализ природно-климатических ресурсов г. Красноярска и его зеленой зоны, загрязнения воздушной среды города;
- интегральная оценка состояния фитосреды на исследуемых объектах озеленения;
- инвентаризационная оценка скверов;
- исследование изменчивости биометрических показателей роста, ассимиляционного аппарата березы повислой и липы мелколистной;
- оценка состояния урбосреды методами дендроиндикации, апробация авторской методики;
- сравнительный анализ сезонного развития исследуемых видов в городских посадках с различными условиями произрастания;
- разработка научно обоснованных рекомендаций формирования насаждений с участием березы повислой и липы мелколистной как доминантного вида с целью повышения устойчивости, долговечности и биоразнообразия в городских посадках озеленения с учетом техногенных нагрузок, экологических и эстетических свойств растений.

2.2 Объекты исследований

Условия внешней среды оказывают существенное влияние на рост и развитие зеленых насаждений в городе, поэтому деревья одной и той же породы в одинаковом возрасте могут иметь различные биометрические показатели. Последние зависят от размещения зеленых насаждений на территориях с различной степенью антропогенного загрязнения; влияния типа, способа и густоты посадок, площади и благоустройства озелененных территорий, состава насаждений и ухода за ними [Авдеева, 2008].

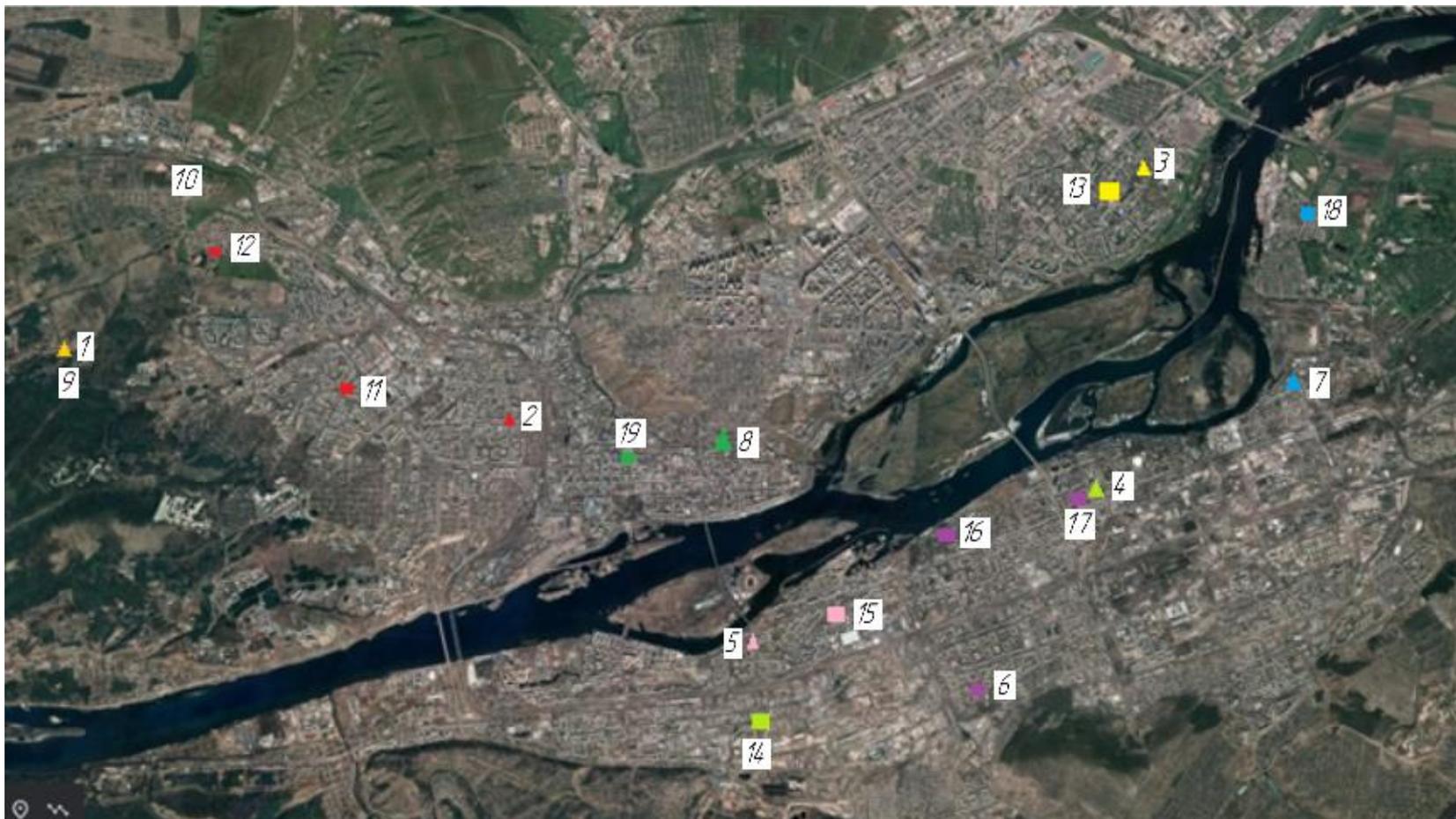
Инвентаризационная оценка проведена на 11 объектах озеленения города Красноярска, на которых обследовано 2,5 тысячи деревьев в 2017 – 2021 годах. Исследуемые насаждения располагаются в скверах - насаждениях общего пользования. Исходя из поставленных задач, отобрано девять скверов: «Лесок», «Серебряный», «Космонавтов», «Сказочный», «Панюковский», «Энтузиастов», «Юбилейный», «Одесский», «им. В.И. Сурикова» и два контрольных участка, расположенных в зеленой зоне г. Красноярска (Плодово-ягодная станция и питомник МП «УЗС») (рисунок 2.1).

Возрастная структура посадок березы повислой и липы мелколистной на объектах исследования. В качестве экспериментальной основы исследований использовались биометрические параметры деревьев двух видов – березы повислой и липы мелколистной, характеризующие их состояние в возрасте от 6 до 50 лет.

Для озеленения городских объектов общего пользования и специального назначения рекомендуется использовать саженцы в соответствии с ГОСТ 24909-81 «Саженцы деревьев декоративных лиственных пород. Технические условия» [ГОСТ 24909-81...]. В зависимости от биометрических показателей растений – высоты, диаметра штамба, величины кроны и корневой системы, саженцы делят на пять групп. По качественным показателям саженцы первой и второй групп делятся на два товарных сорта: 1-й и 2-й и при посадке на объекты озеленения, должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Качественные показатели саженцев лиственных пород

Наименование показателя	Норма для групп			
	первой		второй	
	1-го сорта	2-го сорта	1-го сорта	2-го сорта
1.Высота саженца, м	2,0 - 2,5	1,5 - 2	3,0 - 3,5	2,5 - 3,0
2.Высота штамба, м	1,0 - 1,3	-	1,3 - 1,8	1,3 - 1,8
3.Диаметр штамба, см	2,0 - 2,5	-	3,0	2,5 - 3,0
4.Кол-во скелетных ветвей, шт., не менее	4	-	6	5
5.Диаметр корневой системы, см, не менее	50	50	60	60
6.Длина корневой системы, см, не менее	35	35	40	40



- ▲ - ПН: 1 - ул. Минусинская, 14д, 2 - ул. Красномосковская, 32д, 3 - ул. Быковского, 4д, 4 - ул. Чайковского, 7д, 5 - ул. Матросова, бд, 6 - ул. Кутузова, 92ж, 7 - ул. Бакинских Комиссаров, 26д, 8 - ул. Сурикова, 54м;
- - скверы: 9 - Плодово-ягодная станция, 10 - питомник УЗС, 11 – сквер «Серебряный», 12 – сквер «Лесок», 13 – сквер «Космонавтов», 14 – сквер «Сказочный», 15 – сквер «Панюковский», 16 – сквер «Энтузиастов», 17 – сквер «Юбилейный», 18 – сквер «Одесский», 19 – сквер «им. В. И. Сурикова»

Рисунок 2.1 - Схема размещения изучаемых объектов озеленения и стационарных постов наблюдения за состоянием окружающей среды г. Красноярска

Саженцы 1-го сорта должны быть здоровыми, хорошо развитыми, без каких-либо повреждений и отклонений. Во 2-м сорте допускаются саженцы с изреженной или асимметричной кроной, с небольшими искривлениями ствола не более 5 см от вертикальной оси.

В соответствии с ГОСТ 24909-81 [ГОСТ 24909-81...] саженцы высаживаются на объекты городского озеленения 1, 2, 3, 4, и 5 группы, в соответствии с предъявляемыми требованиями: саженцы должны иметь здоровую, нормально развитую, симметричную крону, типичную для данного ботанического вида; прямой штаб и хорошо сформированную корневую систему, на саженцах не должно быть механических повреждений, а также внешних признаков повреждения вредителями и болезнями.

По данным специалистов МП «Управление зеленого строительства» г. Красноярск на территории объектов исследования возраст березы повислой и липы мелколистной находится в пределах от 6 до 50 лет. Однако определить точный возраст дерева не представлялось возможным, т.к. работы по благоустройству данных скверов проводились на протяжении 40 лет, различными ведомствами и населением, прилегающих территорий. При этом мониторинг зеленых насаждений на данных объектах не проводится.

При этом возраст отражает течение биологических изменений, претерпеваемых растением в онтогенезе. Возрастное состояние растений (этап онтогенеза) характеризуется появлением новых биологических структур, не присущих более ранним этапам развития растения и исчезновением прежних [Уранов, 1975, Ценопопуляции 1976, Диагнозы и ключи..., 1989]. В соответствии с определениями, принятыми в ботанических исследованиях, жизненных форм древесных растений береза повислая и липа мелколистная являются простыми индивидами, так как их жизненная форма представляет одноствольное дерево, а целостность преобладает над автономностью частей [Диагнозы и ключи..., 1989].

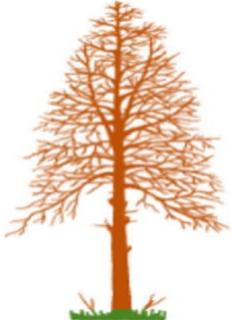
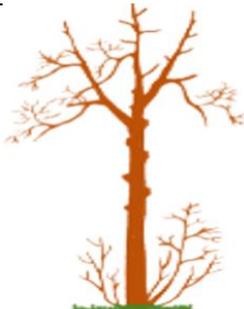
У деревьев по спилам ствола или кернам, взятым с помощью возрастных буров, можно определить абсолютный (или календарный) возраст. Однако в

условиях городских объектов озеленения данный метод определения возраста древесных растений практически не возможен. Для оценки возрастных состояний березы повислой и липы мелколистной нами принята классификация возрастных состояний, представленная в работе «Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники» под редакцией О.В. Смирновой [Диагнозы и ключи..., 1989]. Данная классификация разработана на основе результатов научных исследований Т.А. Работнова [Работнов, 1950, 1952], А.А. Уранова [Уранов, 1975] и его учеников [Ценопопуляции, 1975], учтены признаки, предложенные Л.Б. Заугольной [Вопросы морфогенеза..., 1968], А.А. Чистяковой [Чистякова, 1979]. Основные критерии выделения возрастных периодов непосредственно связаны с особенностями роста ствола и формирования кроны. Выделенные периоды возрастных состояний в развитии лиственных пород лесного типа в значительной степени проявляется при условии соответствия местообитания растений их экологическим нишам. Однако в онтогенезе дерева, в зависимости от сложившихся условий (природных и техногенных) могут наблюдаться различные отклонения в периодизации возрастных состояниях [Авдеева, 2007].

По материалам исследований рядом авторов предложена классификация возрастных состояний, связанных с особенностями роста ствола и формирования кроны. Возрастные состояния березы повислой и липы мелколистной для естественных условий произрастания средней полосы России представлены в таблице 2.2 [Диагнозы и ключи ..., 1989].

Таблица 2.2 - Возрастные состояния березы повислой (*Betula pendula* Roth.) и липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в естественных условиях произрастания (рисунки А.И. Широкова) [Диагнозы и ключи ..., 1989]

Береза повислая		
Виргинильные особи		
v		Узкокронные небольшие деревья, у которых произошла дифференциация побеговой системы на ствол и узкопирамидальную крону. Форма листовой пластинки становится яйцевидной или ромбической при суженном или клиновидном основании. Главная ось растет быстро в длину и нарастание березы, становится симподиальным вследствие того, что верхушечная почка побегов недоразвивается и подсыхает уже в середине лета. Покровная ткань ствола утрачивает красноватый оттенок и к концу состояния становится белой.
Молодые генеративные деревья		
g1		Островеишинная пирамидальная ажурная крона с небольшим количеством плодов в ее верхней трети. Симподиально нарастает не только главная ось, но и скелетные ветви. Побеги базальной части кроны настолько длинные и тонкие, что под действием собственной тяжести провисают вниз. Листья взрослого типа преимущественно с клиновидным основанием пластинки, ромбические. Корневая система придаточная, поверхностная.
Средневозрастные генеративные деревья		
g2		Округловершинная пирамидальная крона, так как к этому времени рост в высоту в основном закончен и увеличивается главным образом диаметр ствола. «Плакучесть» приобретают побеги не только нижних, но и несколько выше расположенных ветвей. Ствол на высоту до 1 - 2 м покрыт коркой с глубокими трещинами. Полодоношение обильное и регулярное, как правило, через год, но может быть и ежегодным
Старые генеративные деревья		
g3		Куполообразная широко округлая плакучая крона. Лидерная ось теряется среди ветвей в верхней части кроны. Ствол почти на одну треть покрыт коркой с глубокими трещинами. В корневой системе среди тонких корней преобладают процессы отмирания над новообразованием.
Сенильные деревья		
s		Вторичная крона из жизнеспособных спящих почек нижних сучьев и спящих почек ствола дерева. Вершина у дерева сухая.

Липа мелколистная		
Виргинильные растения		
v		Удлиненно пирамидальные, узкокронные деревья. Крона выражена за счет очищения стволика от боковых ветвей на высоту 0,3 - 3,5 м, в ней возрастает число скелетных сучьев (до 10 - 20), а также увеличиваются их размеры. Начало данного этапа развития совпадает с началом «большого периода роста». Возрастает емкость почки возобновления. Листья взрослого типа округло-яйцевидные.
Молодые генеративные особи		
g1		Остропирамидальные деревья. Нижняя часть ствола до высоты 0,2 - 5 м покрыта коркой с глубокими трещинами. Крона начинается на высоте 3,5 - 8 м, т. е. занимает около половины высоты дерева, ее наибольший диаметр в нижней части. Приросты остаются достаточно большими, однако несколько меньшими, чем в период, непосредственно предшествующий плодоношению. Листья округло-яйцевидные. Цветение и плодоношение необильное, в основном в средней части кроны.
Средневозрастные генеративные особи		
g2		Остропирамидальная крона, но более раскидистая. Ствол очищается от боковых ветвей на большую высоту от 5 до 15 м. Корка развита до половины ствола, с глубокими трещинами. Число листьев на годичном побеге 4 - 8 при одном периоде роста и 10 - 12 при двух-трех. Форма листа к концу этого возрастного состояния становится широко яйцевидной. Плодоношение обильное, с выраженной периодичностью, сосредоточено в верхней и средней частях кроны.
Старые генеративные особи		
g3		Крона широко пирамидальная, вторичная, т. е. первичные скелетные оси в большинстве полностью или частично усохли. Идет замена их ветвями, развивающимися из спящих почек. Благодаря ветвлению последних, возникающие из них побеги кажутся выходящими как бы из одного места пучками по 3 - 7 шт. Образование вторичной кроны способствует сохранению ее почти в прежних размерах. Однако максимальный диаметр находится не в самой нижней ее части, а на уровне нижней трети кроны. Главная ось не выделяется, ее догнали по высоте 3 - 4 ближайшие из верхних боковых. Эти процессы приводят к тому, что крона превращается из острой в кругловершинную, широко пирамидальную. Лист широко яйцевидный.
Сенильные особи		
s		Бывшие ранее генеративными, так же как и у других лиственных деревьев, имеют усохшую или сломленную верхушку, низкорасположенную живую часть вторичной кроны, листья полувзрослого типа, не плодоносят.

Биометрические параметры березы повислой и липы мелколистной с нормальным уровнем жизненности, произрастающие в естественных условиях средней полосы России, представлены в приложении А.

2.3 Методы исследований

Оценка условий произрастания насаждений в условиях городской среды проводилась с использованием доработанной нами методики Е.В. Авдеевой (2008), в которой качестве показателя состояния озелененных территорий принимается плотность негативных факторов, отрицательно влияющих на рост древесных растений, с учетом интенсивности их проявления и определяется как сумма баллов, отражающих негативное воздействие среды на зеленые насаждения. Вклад каждого фактора в общий баланс обоснован требованиями нормативных документов и результатами научных исследований. Обобщенный показатель позволяет оценить напряженность экологического состояния на данной территории в единой системе балльной оценки [Авдеева, 2008]. «Интегральная оценка состояния фитосреды на локальном уровне» позволяет получить оценку условий произрастания древесных растений на объектах озеленения (таблица приложения Б.1).

Обобщенная диаграмма, построенная в ходе анализа воздействия факторов урбосреды на зеленые насаждения, позволяет оценить вклад каждой группы факторов (ландшафтные, техногенные, автотранспортные, градостроительные, рекреационные), отражающих природный ресурсный потенциал и плотность техногенных нагрузок, отрицательно влияющие на определяющие рост и развитие городских зеленых насаждений, т.е. выявить уровень трансформации фитосреды, определяющий тип условий произрастания растений на объектах городского озеленения, а также сгруппировать объекты исследования по схожести условий произрастания растений. Тип условий произрастания отражает интенсивность антропогенного воздействия на объекты озеленения и позволяет прогнозировать продуктивность и трансформацию зеленых насаждений в данных условиях произрастания [Авдеева, 2008].

Натурные обследования с использованием данной методики позволили выделить в Красноярске четыре основных уровня состояния озелененных территорий города, которым присвоены категории удовлетворительного, напряженного, конфликтного и критического типов градорастительных условий.

Шкала плотности негативных факторов, влияющих на рост древесных растений в условиях городской среды, позволяет оценить напряженность экологического состояния данной территории, качество условий произрастания древесных растений, а также сгруппировать объекты озеленения со схожими условиями произрастания древесных растений (таблица приложения Б.2).

Удовлетворительный тип охватывает территории со значениями загрязняющих веществ близких к ПДК, на которых отсутствуют значительные источники нарушения природной среды. При этом насаждения испытывают влияния рекреации, особые метеорологические воздействия, возможно недостаточный агротехнический уход. Сумма баллов увеличивается за счет изменения ландшафтных условий и рекреационных нагрузок.

Напряженным типом условий произрастания характеризуются территории, на которых отмечается умеренное загрязнение атмосферного воздуха, отдельные негативные техногенные процессы и явления, нарушены технологические приемы по уходу за зелеными насаждениями, превышены нормы рекреационной нагрузки на объекты озеленения, снижено экологическое и эстетическое состояние зеленых насаждений. Увеличение плотности негативных факторов происходит в результате нарушения градостроительных норм, усиления автотранспортных нагрузок, несоответствия экологических ниш древесных растений параметрам ландшафтных зон.

Зоны *конфликтных* условий расположены на территориях вблизи промышленных предприятий, вдоль автомагистралей с интенсивным движением транспорта. На данных территориях отмечается сильное загрязнение атмосферы, почв, рекреационное, вибрационное и другие виды воздействий, имеются овраги, оползни и другие явления, значительно увеличены урботехногенные нагрузки.

Экологический фон городских территорий в целом и в отдельных его районах формируется при совместном воздействии промышленных и транспортных выбросов, а также в результате их вторичного взаимодействия. Концентрация выбросов зависит от ландшафтных, градостроительных и погодных условий. Вычисление плотности негативных факторов определялось наличием фактора и оценивалось в соответствии с принятой системой балльной оценки, затем вводились поправки на экстенсивность и интенсивность, т.е. количество баллов зависит от занимаемой площади и интенсивности воздействий [Авдеева, 2008]. Интегральная оценка состояния фитосреды на локальном уровне представлена в таблице приложения Б.1.

Индекс формы объекта озеленения оценивает уровень рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости насаждений на данной территории. Пространственная форма объекта озеленения оценивается соотношением между площадью и периметром индексом формы участка. Наиболее эффективной геометрической формой в объектах озеленения является круг, так как он охватывает наибольшую площадь, периметр при этом минимален. В целом индексом формы рассчитывается по формуле

$$I = \frac{P}{2\sqrt{S\pi}}, \quad (2.1)$$

где P – периметр, м;
 S - площадь участка, м².

Если формой объекта озеленения является круг, то индекс его формы равен 1. При отличных очертаниях, данный индекс приобретает значения $I > 1$, причем, чем больше значение индекса, тем меньшей экологической устойчивостью обладают озелененные территории, что влечет за собой разработку комплекса мероприятий по оптимизации территории.

Индексы, достигающие значений от 2 до 5, говорят о вытянутой или изрезанной конфигурации, сложных границах территории и о значительной

незащищенности внутренних пространств данных озелененных территорий. [Полякова, 2004].

При значении индекса формы:

- от 1 до 1,20 – способствует повышению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости насаждений на данном объекте. Пространственная форма объекта при данных значениях является экологически эффективной;

- от 1,21 до 1,40 – пространственная форма объекта способствует снижению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости зеленых насаждений;

- от 1,41 и больше – пространственная форма объекта способствует снижению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости зеленых насаждений – очень низкая экологическая устойчивость озелененных территорий из-за незащищенности внутренних пространств объекта (как правило узкая линейная или изрезанная форма объекта) [Полякова, 2004].

Видовой состав и количественное участие древесных растений на объектах исследования. Оценка встречаемости видов древесных растений на объекте озеленения рассчитывается как отношение числа учетных площадей с наличием особей данного вида к общему числу учетных площадей [Полякова, 2004].

Для количественного описания встречаемости используется шкала оценки данного показателя:

- часто встречающиеся виды – абсолютная встречаемость < 5%;
- умеренно встречающиеся виды – абсолютная встречаемость от 5 до 25%;
- редко встречающиеся виды – абсолютная встречаемость более 25%.

Доля участия вида рассчитывается как отношение количества экземпляров данного вида к общему числу всех учтенных видов на исследуемом объекте озеленения. При этом выделяется 3 категории: низкая с долей участия до 1%, средняя – от 1 до 5%; высокая – более 5%. [Полякова, 2004]

Устойчивость видов оценивалась по показателю жизненного состояния - параметру, наиболее адекватно отражающему ответную реакцию растений на комплексное воздействие факторов городской среды [Шихова, 2006].

Оценка жизненного состояния проводилась по методике А.А. Алексева (1990).

Расчет относительного жизненного состояния насаждения по числу деревьев L_n производился по формуле

$$L_n = \frac{100*n_1 + 70*n_2 + 40*n_3 + 5*n_4}{N}, \quad (2.2)$$

где n_1 – количество здоровых деревьев, шт.;

n_2 – количество ослабленных деревьев, шт.;

n_3 – количество сильно ослабленных деревьев, шт.;

n_4 – количество отмирающих деревьев на объекте исследования, шт.;

N – общее количество деревьев (включая сухостой), шт.

При показателе относительного жизненного состояния насаждения L_n : от 100 до 80 % жизненное состояние деревьев оценивалось как «здоровое», при $L_n = 79 - 50$ % деревья считались поврежденными (ослабленным), при $L_n = 49 - 20$ % – сильно поврежденными (сильно ослабленными), при 19 % и ниже – отмирающими. А.А. Алексеевым предложена следующая шкала категорий жизненного состояния деревьев по визуальным характеристикам кроны:

1. *Здоровое* дерево. Не имеет внешних повреждений кроны и ствола, густота кроны обычная для господствующих деревьев, мертвые и отмирающие ветви сосредоточены в нижней части кроны и отсутствуют в верхней её половине. Закончившие рост листья и хвоя зеленого или темно-зеленого цвета, их продолжительность жизни типична для региона. Повреждения листьев и хвои незначительны (<10%) и не сказываются на состоянии дерева

2. *Поврежденное* (ослабленное) дерево. Обязателен хотя бы один из следующих признаков: снижение густоты кроны на 30% за счет преждевременного опадения или недоразвития листьев (хвои) или изреживания скелетной части кроны; наличие 30% мертвых и (или) усыхающих ветвей в верхней половине

кроны; повреждение (объедание, ожог, хлорозы, некрозы и т.д.) и выключение из ассимиляционной деятельности 30% листовой поверхности.

3. *Сильно поврежденное* (сильно ослабленное) дерево. Обязателен хотя бы один из следующих признаков: снижение густоты облиствления кроны на 60 % за счет преждевременного опадения листьев (хвои) или изреживания скелетной части кроны; наличие 60% мертвых и (или) усыхающих ветвей в верхней половине кроны; повреждение различными факторами и выключение из ассимилирующей деятельности 60% площади листьев; отмирание верхушки кроны.

4. *Отмирающее* дерево. Крона разрушена, её густота - не менее 15-20 % по сравнению со здоровой; более 70 % ветвей, в том числе в верхней половине, сухие или бледно-зеленого, желтоватого, оранжево-красного цвета. Некрозы белесого, коричневого или черного цвета. При загрязнении атмосферы большая часть некротизированных листьев быстро отмирает. В комлевой и средней части ствола возможны признаки заселения стволовыми вредителями.

5а. *Свежий сухостой*. Деревья, погибшие менее года назад. У них возможны остатки сухой хвои или листьев, кора и мелкие ветви часто бывают целы. Как правило, заселены насекомыми-ксилофагами.

5б. *Старый сухостой*. Деревья, погибшие в прошлые годы. Постепенно утрачивают ветви и кору. Сухостойные растения удаляются при проведении санитарной обрезки, поэтому этого исключены из расчетов [Алексеев, 1990].

Урбанизированная среда характеризуется многообразными, влияющими на процессы роста древесных растений, факторами, с учетом которых построена система рядов роста, описывающая изменение с возрастом отдельных биометрических параметров в абсолютных величинах. Ряд роста деревьев включает совокупность однородных насаждений, достигающих одинаковой средней высоты в определенные возрасты и характеризующихся общностью развития по другим биометрическим параметрам.

На каждом объекте выполнена фотофиксация деревьев с масштабным устройством (рисунок 2.2 и 2.3); в программе «КОМПАС-3D V20» (рисунок 2.4)



Рисунок 2.2 - Фотофиксация деревьев березы повислой на объектах озеленения г.Красноярска с масштабным устройством для расчета биометрических параметров



Рисунок 2.3 - Фотофиксация деревьев липы мелколистной на объектах озеленения г.Красноярска с масштабным устройством для расчета биометрических параметров

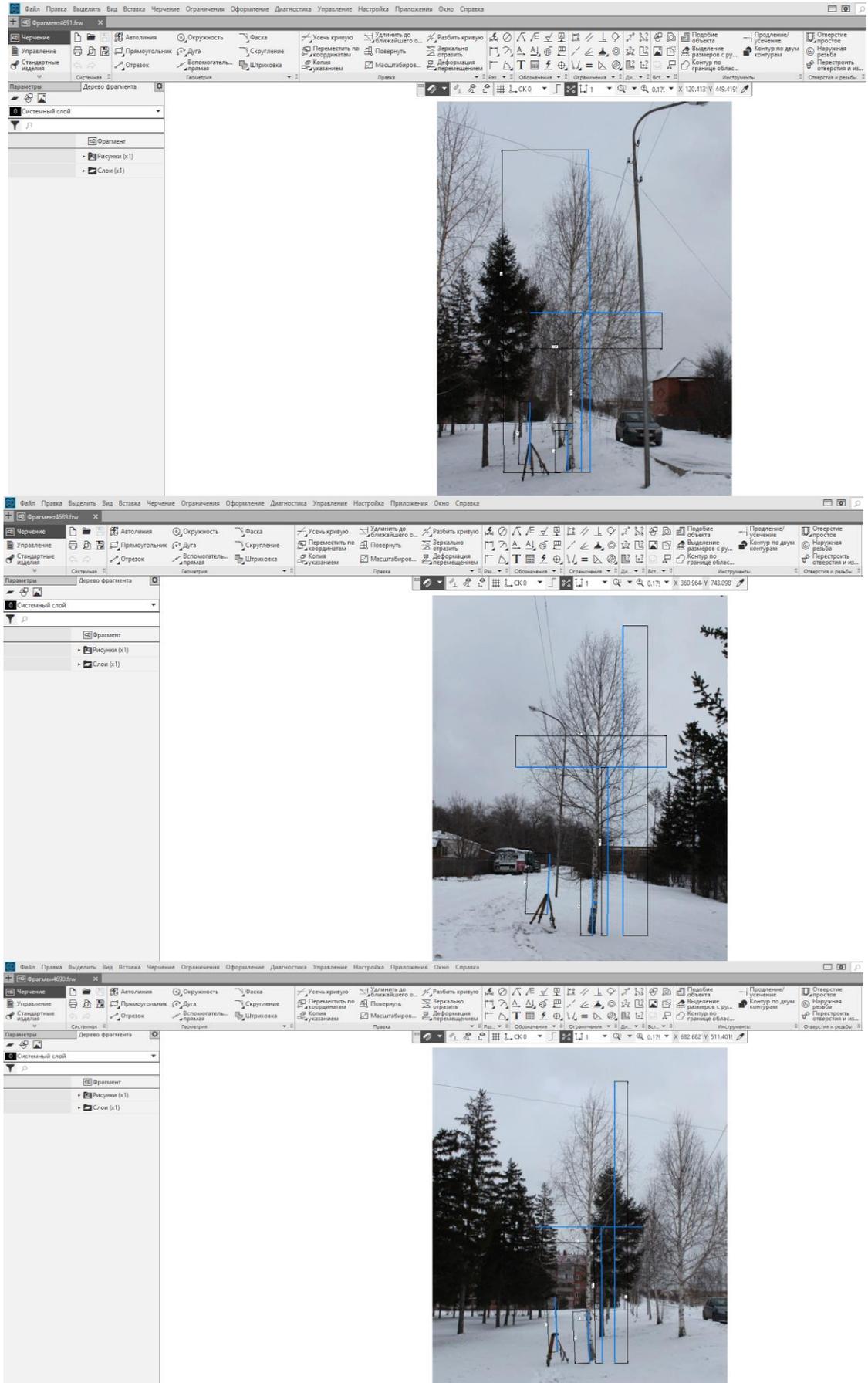


Рисунок 2.4 - Измерения биометрических параметров деревьев липы мелколистной на объектах озеленения г. Красноярска в программе «КОМПАС-3D V 20»

проведены измерения биометрических параметров: высота дерева, высота до максимального диаметра кроны, высота до начала кроны, диаметр кроны; обработано более 3000 цифровых фотографий. На каждом объекте были обмерены все деревья и получены следующие биометрические параметры: высота дерева, высота до максимального диаметра кроны, высота до начала кроны, диаметр дерева на высоте 1.3 м, диаметры кроны, обмеренные в двух взаимно перпендикулярных направлениях, необходимые для вычисления характеристик дерева, таких, как длина кроны и ее освещенной поверхности, объем ствола и кроны.

Учитывая различия условий произрастания деревьев в пределах участка, по результатам обмеров получили средние значения всех биометрических параметров. Средний диаметр деревьев определялся через площадь сечений стволов, усредненную по участку. Средняя высота деревьев определялась по графику зависимости высот деревьев от диаметров через средний диаметр. Для остальных биометрических показателей рассчитаны средние арифметические значения.

Построение рядов роста деревьев в высоту проведено статистическим методом [Анучин, 2004, Загреев, 1978, Кузьмичев, 1977, 2013]. Для построения оценочных шкал роста деревьев весь массив средних значений высот разделен на количество рядов роста в соответствии с результатами оценки фитисреды. Для описания взаимосвязи средних значений высот деревьев с возрастом в пределах рядов роста по высоте использовалась формула Мичерлиха

$$H = b_1 \cdot (1 - (\exp(-1(A/b_2)))^{b_3}), \quad (2.3)$$

где A – возраст,

b_1, b_2, b_3 – коэффициенты уравнения.

Диаметр древостоя, является более изменчивым параметром, чем высота. Даже в насаждениях одного возраста и равной высоты, диаметры деревьев могут колебаться в значительных пределах. Причиной большей изменчивости диаметров является то, что динамика роста по данному параметру зависит от значительно

большого числа факторов, чем роста в высоту [Кофман, 1986, Кузьмичев, 1977, 2013]. При построении зависимостей роста по диаметру использовалась группировка насаждений по условиям местопроизрастания, полученная в ходе анализа данных по высоте. Для выравнивания взаимосвязи средних значений диаметров деревьев и возраста в пределах рядов роста использовалась степенная функция вида

$$D = b_1 \cdot (A - A_{1.3})^{b_2} \quad (2.4)$$

где b_1 и b_2 – коэффициенты уравнения,

A – возраст, лет;

$A_{1.3}$ – возраст достижения высоты 1,3 м.

Методика исследования оценки техногенных воздействий на состояние городской среды методами дендроиндикации. В основу методики биоиндикации, положена теория «стабильности развития» («морфогенетического гомеостаза»), разработанная А.В.Яблоковым, В.М.Захаровым и др., которые доказали, что стрессовые воздействия вызывают в живых организмах изменения стабильности развития, которые могут быть оценены по нарушению морфогенетических процессов [Здоровье среды: практика оценки..., 2000].

Главными показателями изменений гомеостаза морфогенетических процессов являются показатели флуктуирующей асимметрии - ненаправленных различий между правой и левой сторонами различных морфологических структур, в норме обладающих билатеральной симметрией. Такие различия обычно являются результатом ошибок в ходе развития организма. При нормальных условиях их уровень минимален, а при стрессовом воздействии приводит к увеличению асимметрии.

Оценка флуктуирующей асимметрии билатеральных организмов хорошо зарекомендовала себя при определении общего уровня антропогенного воздействия. Традиционные методы, оценивающие химические и физические показатели, не дают комплексного представления о воздействии на биологическую систему, тогда как биоиндикационные показатели отражают реакцию организма на

всё многообразие действующих на него факторов, имея при этом биологический смысл.

Объектами дендроиндикации антропогенных воздействий данным методом являются древесные растения (деревья и кустарники). Растения в течение всей жизни привязаны к локальной территории и подвержены влиянию почвенной и воздушной сред, которые отражают весь комплекс воздействий на окружающую среду.

В качестве объектов исследования использовали берёзу повислую и липу мелколистную, так как данные виды произрастают практически на всех объектах озеленения города Красноярска и отвечают требованиям, предъявляемым к растениям-биоиндикаторам. Сбор материала проводился в начале сентября, после завершения интенсивного роста листьев, но до начала периода опадения листвы. Сбор листьев проводился со средневозрастных растений, находящихся в одинаковых условиях по уровню освещенности, влажности, но с различной интенсивностью антропогенной нагрузки, в двух местах каждого сквера: в центре сквера и на его периферии. Листья собирались из нижней части кроны, с укороченных побегов, с ветвей разно ориентированных по всем сторонам света. Собранный материал был сканирован с разрешением 300 dpi (рисунок 2.5 – 2.8).

Для повышения точности обработка собранного материала проводилась с использованием программ КОМПАС и MS Excel. С каждого листа снимались показатели по 5-ти параметрам с левой и правой стороны листа (рисунок 2.9). Оценка развития стабильности исследуемых видов проводилась по двум показателям: коэффициенту асимметрии по пяти параметрам листьев (по методике В.М. Захарова) и показателю асимметричности по площади половинок листьев (по методике авторов).



Рисунок 2.5 - Места сбора листьев

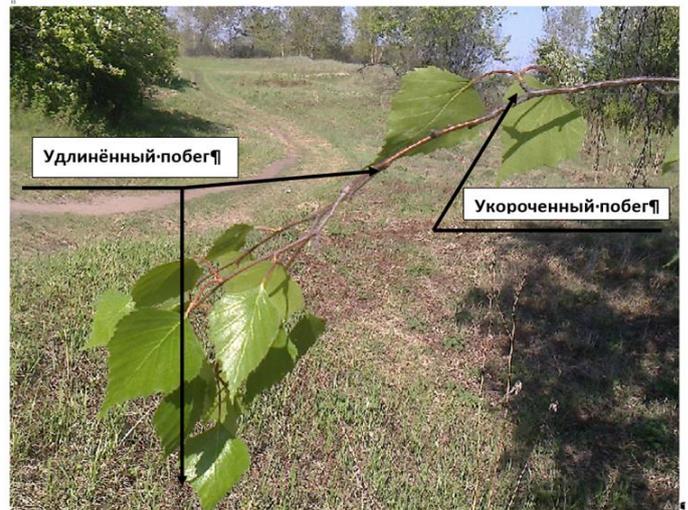


Рисунок 2.6 - Типы побегов у березы повислой



Рисунок 2.7 – Пример выборки листовых пластинок липы мелколистной

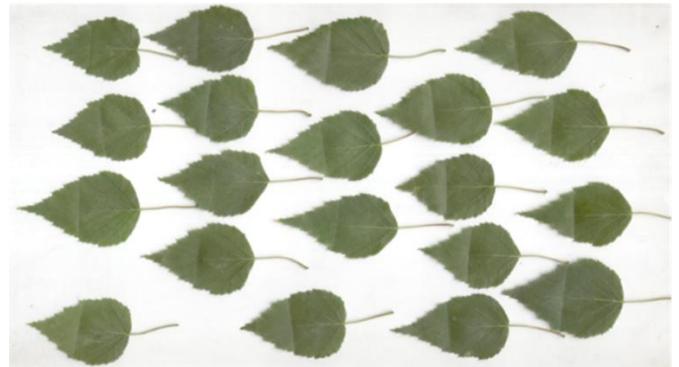
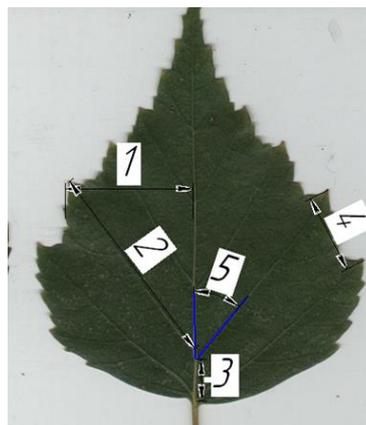


Рисунок 2.8 – Пример выборки листовых пластинок березы повислой



1 - ширина половинки листа, 2 - длина второй жилки второго порядка от основания листа, 3 - расстояние между основаниями первой и второй жилки второго порядка, 4 - расстояние между концами этих жилок, 5 - угол между главной жилкой и второй от основания жилкой второго порядка

Рисунок 2.9 - Параметры измерений листовых пластинок

Измеряемые параметры листа березы повислой и липы мелколистной представлены на рисунке 2.10.

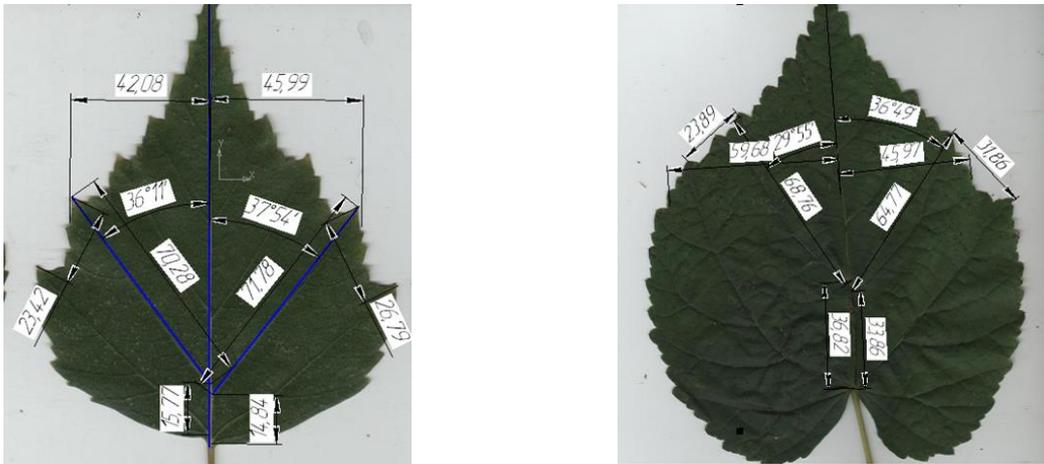


Рисунок 2.10 – Примеры измерения параметров (признаков) листовых пластин березы повислой и липы мелколистной

В основу методики оценки флуктуирующей асимметрии листовых пластин положена теория «Стабильности развития морфогенетического гомеостаза», разработанная В.М. Захаровым, А.В. Яблоковым и другими.

Коэффициент асимметрии оценивался с помощью интегрального показателя – величины среднего относительного различия на признак (параметр). Значения промеров с левой и с правой стороны обозначаются как X_l и X_n , соответственно. Оценка флуктуирующей асимметрии листовых пластин определялась как отношение разности значений с левой и правой сторон к их сумме. Относительное различие между значениями признака слева и справа – для каждого признака по каждому листу определяем по формуле

$$Y_i = \frac{X_{il} - X_{in}}{X_{il} + X_{in}}, \quad (2.5)$$

где $i = 1, 2, 3, 4, 5$

Y_i - относительное различие между значениями признака:

iY_1 - ширина половинки листа,

Y_2 - длина второй жилки второго порядка от основания листа,

Y_3 - расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка,

Y_4 - расстояние между концами этих жилок,

Y_5 - угол между главной жилкой и второй от основания жилкой второго порядка.

Далее определяем относительное различие между сторонами на признак для каждого листа ($Z_{j=1...N}$). Вычисления производим для каждого листа каждого дерева по формуле

$$Z_j = \frac{Y_{1j}+Y_{2j}+Y_{3j}+Y_{4j}+Y_{5j}}{N}, \quad (2.6)$$

где Z_j - относительное различие на признак между сторонами для каждого листа;
 $Y_{1j}, Y_{2j}, Y_{3j}, Y_{4j}, Y_{5j}$ - относительное различие между значениями признака по i -му дереву, рассчитанному по формуле 2.5;
 $N=5$ - число измеряемых признаков.

Среднее относительное различие на признак для всей выборки (X) вычисляем по формуле

$$X = \frac{\sum Z}{N} = \frac{z_1+z_2+\dots+z_N}{N}, \quad (2.7)$$

где N - количество значений
 Z - объем выборки.

Значение относительного различия между сторонами на признак для каждого листа определялось как среднее арифметическое значение относительных различий между признаками левой и правой сторон. Среднее относительное различие на признак для всей выборки определялось как среднее арифметическое значение относительных различий между сторонами на признак для всего листа.

Полученный показатель характеризует степень асимметричности организма, для которого В.М. Захаровым и др. разработана шкала отклонений, в которой значения показателя асимметрии до 0,055 характеризуют состояние среды как условную норму, а значение более 0,7 оценивают ее как критическое состояние среды (таблица 2.3) [Захаров, 2000].

Таблица 2.3 - Оценка качества среды

Балл	Значения показателя асимметрии	Оценка качества среды
1 балл	до 0,055	Условная норма
2 балл	от 0,056 до 0,06	Начальные отклонения от нормы
3 балл	от 0,061 до 0,065	Средний уровень отклонений от нормы
4 балл	от 0,066 до 0,07	Существенные отклонения от нормы
5 балл	более 0,071	Критическое состояние

Нами предложен метод определения оценки качества условий произрастания растений по показателю асимметричности площади половинок листовых пластин древесных растений.

Как отмечалось выше листовые пластины исследуемых видов, обладают билатеральной симметрией, которая как вид согласованности отдельных частей живых организмов имеет общебиологическое значение. При этом под воздействием техногенных факторов городской среды у древесных растений происходит нарушение симметрии листовых пластин, проявляется флуктуирующая асимметрия – незначительные ненаправленные отклонения от билатеральной симметрии [Van Valen L., 1962]. При этом объекты, обладающие билатеральной симметрией, обладают свойством подобия.

Подобие характеризует наличие у геометрических фигур одинаковой подобной формы, независимо от их размеров. В геометрии фигуры одинаковой формы, независимо от их размеров, принято называть 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 называется коэффициентом подобия. Отношение площадей ограниченных подобных фигур равно квадрату коэффициента подобия [Математический энциклопедический словарь..., 1988].

Авторский метод определения типа условий произрастания растений (оценки качества среды) заключается в оценке показателя асимметричности площади половинок листовых пластин древесных растений, который аналогично методу В.М. Захарова, базируется на принципе подобия частей живых организмов, обладающих билатеральной симметрией. При этом отношение площадей ограниченных подобных фигур равно квадрату коэффициента подобия.

Показатель асимметричности листовых пластин является аналогом коэффициента подобия и равен квадратному корню отношения площадей половинок листовых пластин. 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. Предлагаемый нами метод является эквивалентным методу по пяти параметрам, так как оба метода связаны с геометрическим подобием и с помощью определенных замеров позволяет перейти от одного к другому.

Для повышения точности и достоверности результатов площадь половинок листа определялась с точностью до 1 мм^2 с использованием программы LeafProg «Анализ листовой пластины древесных растений» (рисунок 2.11 и 2.12),

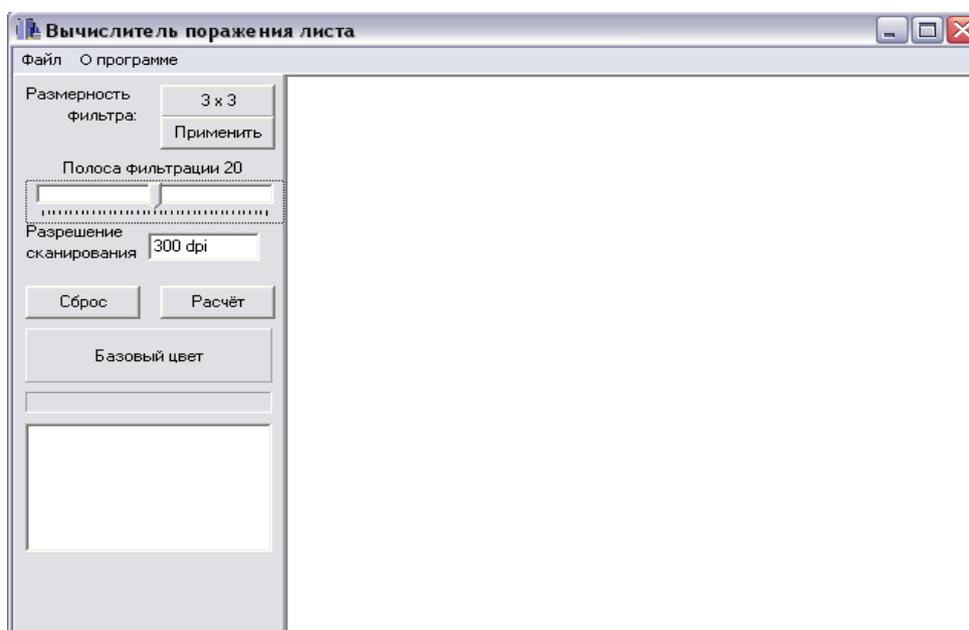


Рисунок 2.11 - Основные поля программы LeafProg «Анализ листовой пластины древесных растений»

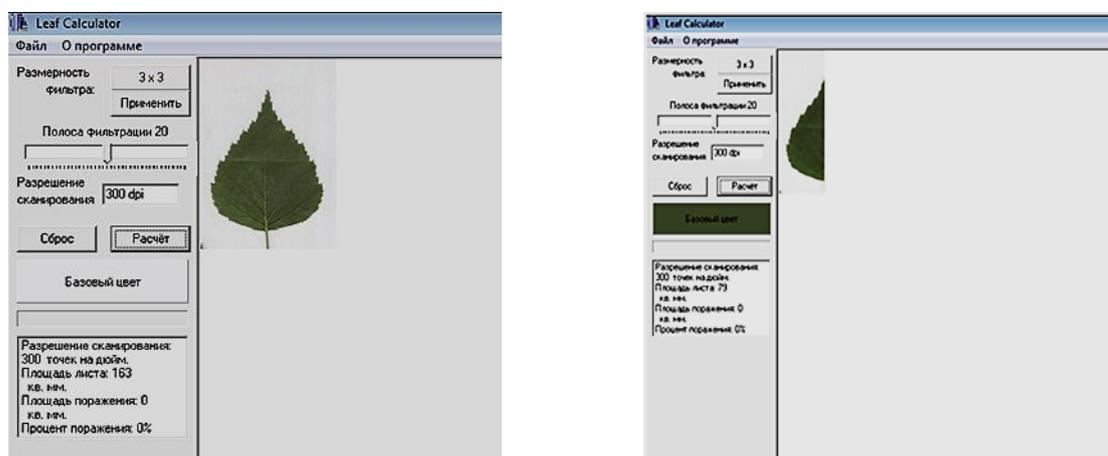


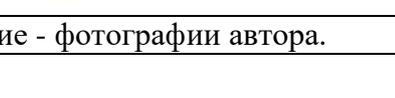
Рисунок 2.12 – Определение площади листовых пластины в программе LeafProg «Анализ листовой пластины древесных растений» на примере листа березы повислой

разработанной на кафедре лесного инжиниринга Сибирского государственного университета науки и технологий им. ак. М.Ф. Решетнева (свид. о гос. регистрации № 2009614523), авторы Е.В. Авдеева, А.А. Карпов. Для этого исследуемые листовые пластины разделялись на левые и правые половинки, с помощью программы LeafProg определяется площадь каждой.

Показатель асимметричности листовой пластины по площади половинок листа определяется как корень квадратный отношения площадей меньшей половины листа к большей. Асимметрия листовых пластин по площади для всей выборки определялась как среднее арифметическое значение. Общая площадь листовой пластины S определяется путем сложения площадей половинок листовых пластин. Средняя асимметрия листовых пластин по площади всей выборки определяется как среднее арифметическое значение. Аналогичным способом определяем параметры для липы мелколистной. В итоге проводится сравнительный анализ изменения коэффициентов асимметрии листовых пластин по двум методикам.

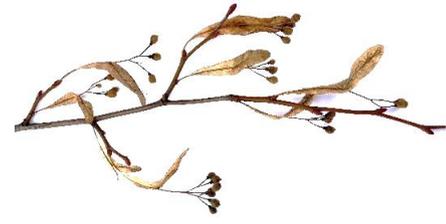
Сравнительный анализ фенологического развития аборигенного (Береза повислая) и интродуцентного (Липа мелколистная) видов выполнен с целью установления влияния урбанизированной среды, уточнения сроков проведения посадочных и работ по уходу в зеленом строительстве для исследуемых видов, произрастающих в различных техногенных условиях на объектах озеленения г. Красноярска и в его пригородной зоне. Для изучения фенологической изменчивости древесных видов при прохождении фаз сезонного развития в условиях городской среды были выбраны основные фазы, представленные в таблицах 2.4 – 2.5.

Таблица 2.4 - Основные фенологические фазы развития березы повислой

№	Рисунок	Описание
Береза повислая		
1		Пб⁰ - растение в <i>состоянии покоя</i> - почки не имеют признаков роста
2		Начало сокодвижения
3		Пб¹ - Пб² - <i>рост вегетативных материнских почек</i>
4		Пб¹ - <i>набухание почек</i> – почки увеличиваются в размере, появляются светлые просветы между чешуями
5		Пб² - <i>распускание почек</i> - начинается с появления из набухших почек кончиков листьев
6		Пб³ - Пб⁶ - <i>рост и формирование побегов:</i>
7		Пб³ - <i>начало роста побегов в длину</i>
8		Пб⁶ - <i>окончание роста побегов в длину</i>
9		Л¹ - Л⁴ - <i>формирование и отмирание листьев:</i>
10		Л¹ - <i>распускание листьев</i>
11		Л⁴ - <i>опадение листьев</i>
12		Л³ - <i>расцветивание отмирающих листьев</i>
13		Ц⁴ - Ц⁵ – <i>цветение растения:</i>
14		Ц⁴ - <i>начало цветения</i>
15		Ц⁵ - <i>окончание цветения</i>

Примечание - фотографии автора.

Таблица 2.5 – Основные фенологические фазы развития липы мелколистной

Липа мелколистная		
1		Пб⁰ - растение в <i>состоянии покоя</i> - почки не имеют признаков роста
2		Пб¹ - Пб² - <i>формирование почек</i> Пб¹ - <i>набухание почек</i> – почки увеличиваются в размере, появляются светлые просветы между чешуями
3		Пб² - <i>распускание почек</i> - начинается с появления из набухших почек кончиков листьев
4		Пб³ - Пб⁶ - <i>рост и формирование побегов:</i>
5		Пб³ - <i>начало роста побегов в длину</i> Пб⁶ - <i>окончание роста побегов в длину</i>
6		Л¹ - Л⁴ - <i>формирование и отмирание листьев:</i>
		Л¹ - <i>распускание листьев</i>
7		Л³ - <i>расцветчивание</i> отмирающих листьев
8		Л⁴ - <i>опадение листьев</i>
9		Ц⁴ - Ц⁵ – <i>цветение растения:</i>
		Ц⁴ - <i>начало цветения</i>
10		Ц⁵ - <i>окончание цветения</i>
Примечание - фотографии автора.		

Начало фенологического цикла формирования листьев отмечалось датой при появлении признака у двух – трех первых деревьев данного вида; окончание – наличие менее 10% листьев на растении. За начало цветения принималась дата раскрытия 10% цветков, а за конец – 75% их опадения. Наблюдения за развитием вегетативных органов проводились два раза в неделю в течение вегетационного периода. В период прохождения границ фенофаз наблюдения проводились каждый день. У данных видов фенологическим индикатором начала вегетации принято распускание вегетативных почек, а окончание – полное опадение листьев [Булыгин, Ярмишко, 2003].

Интенсивность цветения оценивалась по методике, предложенной В.Г. Каппером (таблица 2.6) [Павлов, 2006].

Таблица 2.6 - Шкала для оценки интенсивности цветения

Степень цветения		Характер расположения на дереве цветов
Балл	Градация	
0	Отсутствует	Цветения нет
1	Очень малая	Очень слабое цветение (цветки в небольшом количестве на деревьях, растущих по опушкам, на единично стоящих деревьях и в ничтожных количествах в насаждениях)
2	Малая	Слабое цветение (наблюдается довольно удовлетворительное и равномерное цветение на свободно стоящих деревьях и на деревьях, растущих по опушкам, и слабое в насаждениях)
3	Средняя	Среднее цветение (довольно значительное цветение на свободно стоящих деревьях и на деревьях, растущих по опушкам, и удовлетворительное в средневозрастных и спелых насаждениях)
4	Большая	Хорошее цветение (обильное цветение на свободно стоящих деревьях, растущих по опушкам, и хорошее в средневозрастных и спелых насаждениях)
5	Очень большая	Очень хорошее цветение (обильное цветение на деревьях, растущих по опушкам, и на свободно стоящих деревьях, а также в средневозрастных и спелых насаждениях)

Анализ статистических параметров проведен по методике Мамаева [Мамаев, 2006]:

- уровень изменчивости признака при значении коэффициента вариации до 7% - очень низкий; 8 ... 12% - низкий; 13 ... 20 % - средний; 21 ... 30% - повышенный; 31 ... 40% - высокий; 40 % и более - очень высокий;
- точность опыта при $P > 5\%$ - низкая точность опыта; при $P < 5\%$ - точность допустима; при $P < 2\%$ - точность опыта высокая;

- достоверность среднего значения - если $t_{\text{фак}} > t_{\text{табл}}$ ($t_{0,5} = 2,04$), то уровень достоверности результатов – высокий.

Необходимое и достаточное количество экспериментов обусловлено тремя показателями: изменчивостью признака; точностью оценки генеральной средней по выборочной средней величине; уровнем вероятности статистического заключения. Уровень вероятности для биологических экспериментов может быть принят от 0.68 до 0.95. В таблице 2.7 представлены расчетные данные (исходные данные - ИЗА₅ по приоритетным загрязняющим веществам за 5 лет с 2014 – 2022 гг. [О состоянии окружающей природной среды..., 2014-2022]), в соответствии с общепринятой методикой.

Таблица 2.7 – Необходимое и достаточное количество экспериментов

Объем выборки	Среднее арифметическое значение	Средне-квадратичное отклонение	Ошибка средней величины	Коэффициент вариации	Необходимое и достаточное количество экспериментов с вероятностью $p = 0,85$
N	\bar{X}	σ	m_x	ϑ	n
5	16,1	1,681	0,752	7,609	0,863

Таким образом, для получения объективных показаний с вероятностью 0,85 необходимо и достаточно проведение однократного эксперимента, результаты которого достоверно отражают состояние древесных растений на территории г. Красноярска.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Природно-климатические ресурсы г. Красноярска и его зелёной зоны

В настоящее время в системе флористического районирования г. Красноярск принадлежит Среднесибирской провинции Циркумбореальной области Голарктического флористического царства [Тахтаджян, 1978], по «Геоботаническому районированию СССР» [Геоботаническое..., 1947] территория относится к Евразийской хвойной области, Европейско-Сибирской подобласти, Средне-сибирской стране, Урало-алтайской провинции. В соответствии с геоботаническим районированием юга Красноярского края [Черепнин, 1963], левобережная территория города граничит с Красноярским лесостепным районом, а правобережье – с отрогами Восточного Саяна [Рябовол, 2007].

Характер растительного покрова г. Красноярска обусловлен местонахождением его территории на границе лесостепной и таежной природных зон и антропогенным воздействием. Основным фактором, обуславливающим развитие различных типов растительности, является климат, в особенности количественные показатели тепла и влаги. Мощным трансформатором всех климатических факторов выступает рельеф, он определяет размещение растительных сообществ. Существенный отпечаток на закономерности распределения растительности накладывает химический состав почвообразующих пород [Шумилова, 1962; Рябовол, 2007].

Основными типами естественной растительности города, в соответствии с классификацией, принятой для южной части Красноярского края [Черпнин, 1963], Хакасии [Куминова и др., 1976], Забайкалья [Дулепова, 1970, 1985, 2004; Малышев, Пешкова, 1984], северных лесостепей Средней Сибири [Антипова, 2004, 2016], являются леса, степи, луга, кустарниковая и водная растительность, болота. С.В. Рябовол отмечает, что пока на территории города сохраняются участки

естественной растительности, можно говорить о сохранении городской флорой определенных зональных черт [Рябовол, 2007].

Динамичность процесса городского развития не проходит бесследно для природного окружения, которое подчиняется функциям освоения территорий и достаточно резко реагирует на возрастающую техногенную нагрузку. Развитие транспортной инфраструктуры, внося очевидные преимущества в возможности свободного перемещения в пределах и за пределами города, обуславливает избыточное воздействие от коммуникационных коридоров, которые, в основном, прокладываются без учета ценности природных ландшафтов. При этом участки наиболее ценного ландшафта, нарушенные созданием автодорог, испытывают и дополнительную рекреационную нагрузку, что приводит к их ускоренному разрушению, а в целом – к нарушению экологического равновесия среды. Наибольшую рекреационную нагрузку озелененные территории испытывают в теплое время года. Отдельные лесные участки подвергаются усиленной рекреации круглогодично, особенно расположенные в непосредственной близости к жилым кварталам, несущие нагрузки от транзитного движения жителей, чаще всего это скверы. При этом они имеют незначительные территории (до 2 га), не способные к саморегулированию.

Соответствие экологических ниш березы повислой и липы мелколистной ресурсам среды. Зеленые насаждения, произрастающие в урбанизированной среде, формируются под воздействием природно-климатических и антропогенных факторов. На основании этого, рекомендации по подбору ассортимента пород для ландшафтного строительства должны опираться, в первую очередь, на соответствие экологических ниш древесных растений и дендроклиматических ресурсов местности. Анализ литературных источников [Авдеева, 2007, Пузаченко, Скулкин, 1981; Природный комплекс большого города..., 2000; и др.] показал, что установить степень соответствия ресурсов среды с экологическими нишами растений возможно по следующим параметрам:

- термические ресурсы: сумма активных температур воздуха, определяющая активную вегетацию растительности; средняя многолетняя температура января, определяющая адаптацию растений к зимним условиям;
- условия увлажнения территории: гидротермический коэффициент Селянинова, относительная влажность воздуха наиболее активного периода вегетации (июля) во время суток с минимальными ее показателями (13 часов дня); высота снежного покрова.

В качестве материала для анализа использовались опубликованные в литературе [Пузаченко, Скулкин, 1981] параметры экологических ниш березы и липы, а также климатические параметры территорий по данным метеостанций: «Красноярск, Опытное поле» и «Красноярск, город». Нами проведено исследование соответствия дендроклиматических ресурсов среды и параметров экологических ниш растений по семи критериям: гидротермический коэффициент, сумма активных температур, температура января, сумма осадков за теплый период, сумма осадков за холодный период, относительная влажность воздуха, высота снежного покрова.

В таблице 3.1 представлена оценка соответствия экологических ниш березы повислой – аборигенного вида и липы мелколистной – вида-интродуцента климатическим ресурсам городских и пригородных пространств. Степень соответствия параметров экологических ниш древесных растений и климатических характеристик местности характеризует чувствительность растений к определенным параметрам среды.

Таблица 3.1 - Оценка соответствия параметров экологических ниш березы повислой и липы мелколистной климатическим ресурсам городских и пригородных пространств [Пузаченко, Скулкин, 1981]

Вид, метеостанция	Сумма активных температур, °С	Средняя температура января, °С	Сумма осадков, мм		Гидротермический коэффициент	Относительная влажность воздуха, %	Высота снежного покрова, см
			Теплого периода	Холодного периода			
Липа мелколиственная	1800-2600	-8 - (-16)	300-500	127-175	до 3,4-более 6,1	45-60	40-60
Береза повислая	600 800-1000 1400-2600	-8 - (-20) ниже -40	150 - 175 300-500	75-175	1,1-1,2 1,6-2,3 более 6,1	40-60	20-60
мст. Красноярск, Опытное поле	1790	-17,1	329	51	1,35	58	40
мст. Красноярск, город	1987	- 17,8	286	52	0,96	56	68

Сравнительный анализ показал, что природные условия представленных ландшафтных зон соответствуют всем параметрам экологической ниши березы повислой (данный вид является одним из основных лесообразующих видов ландшафтных зон г. Красноярск и его окрестностей). Сумма активных температур, рассчитанных по данным метеостанции Красноярск, Опытное поле, отражает пограничные условия между средой и показателями экологической ниши липы мелколистной. Климатические параметры ландшафтов степи (мтс. Красноярск, Город.) по условиям сочетания температуры и влажности (гидротермический коэффициент Селянинова), а также сумме осадков находятся на границе требований для роста липы мелколистной. Таким образом, лимитирующими факторами для развития липы мелколистной в городских и пригородных пространствах выступают режимы увлажнения [Пузаченко, Скулкин, 1981]. Моделирование структуры растительности по условиям местообитания приводит к выбору ассортимента древесных растений, наиболее соответствующих условиям среды. Результаты анализа содержат информацию о чувствительности растений к определенным климатическим параметрам, которая должна учитываться в зеленом строительстве при создании насаждений и выборе технологий по уходу за ними.

3.2 Специфика микроклиматических особенностей г. Красноярска

Климатические условия урбанизированных территорий заметно отличаются по сравнению с окружающей природной средой. Анализ литературных данных показал, что к числу главных факторов, влияющих на метеорологический режим в городах, относятся: выделение тепловой техногенной энергии; изменение альbedo земной поверхности, которое для застроенных районов меньше альbedo загородной местности; увеличение в черте города шероховатости земной поверхности по сравнению с естественными ландшафтами местности; изменения среднего испарения с поверхностей городских территорий, которое в черте города значительно ниже (при этом сразу после дождей испарение с твердых городских покрытий может быть больше, чем с природных поверхностей пригородной зоны); техногенное загрязнение атмосферы и водных акваторий [Будыко, 1971, 1972, 1977; Берлянд, 1972; Климат..., 1982]. Поэтому при современном уровне техногенного влияния промышленности, энергетики и транспорта городское зеленое строительство не может вестись без учета антропогенного влияния на метеорологический режим.

В качестве исходных материалов для анализа метеорологических условий нами использовались данные многолетних наблюдений на метеостанциях Красноярск, Опытное поле; Красноярск город; «Справочника по климату СССР», микроклиматические наблюдения, представленные в монографии «Климат Красноярска», СНиП 2.01.01 – 73 «Строительная климатология и геофизика», данные Красноярского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (КЦГМС-Р) и другие источники [Чистякова, 1988].

На территории г. Красноярска 9 стационарных постов, на которых проводятся постоянные наблюдения по влажности воздуха, скорости и направления ветра, температуре воздуха. Месторасположение постов наблюдения, их назначение и средние климатические характеристики представлены на рисунке 2.1 и в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Месторасположение постов наблюдения, их назначение и средние климатические характеристики территорий г. Красноярска

Ландшафтно-техногенные районы города								
Градостроительная ситуация	Левый берег р. Енисей				Правый берег р. Енисей			
	Пригородная зеленая зона	Плотная застройка исторической части города		Свободная застройка жилых районов	Селитебный район	промышленно-селитебные узлы		
		Западный	Центральный			Восточный		
№	1	2	3	5	7	8	9	20
Размещение пунктов наблюдения за состоянием воздушной среды	Ул. Минусинская, 14, д	ул. Красномосковская 32, д	ул. Сурикова, 54, м	ул. Быковского, 4, д	ул. Магросова, 6, д	ул. Кулузова, 92, ж	ул. Чайковского, 7, д	ул. 26 бакинских комиссаров, 26, д
Тип ландшафта (рисунок 3.1, таблица 3.3)	подтайга	северная лесостепь	лесостепь	южная лесостепь	южная лесостепь	подтайга	южная лесостепь	южная лесостепь
Назначение контроля станции	Фоновая	За состоянием среды в жилой застройке			За автотранспортной нагрузкой	За состоянием среды в жилой застройке и воздействием промышленных предприятий		
Климатические характеристики								
Средняя скорость ветра, м/с	2,33	1,4	1,5	3,9	1,3	1,7	3,1	2
Господствующее направление ветра	ЮЗ	СВ	З	СЗ	ЮЗ	ЮЗ	СЗ	ЮЗ
Средняя влажность воздуха за вегетационный период (май-сентябрь), %	66,3	74,3	64,2	69,3	67,2	54,9	61,1	72,6
Средняя температура воздуха за вегетационный период, °С	13,7	16,5	17,0	17,2	15,4	16,7	16,5	17,0
Сумма осадков за вегетационный период, мм	329	286 мгс Красноярск, Город						

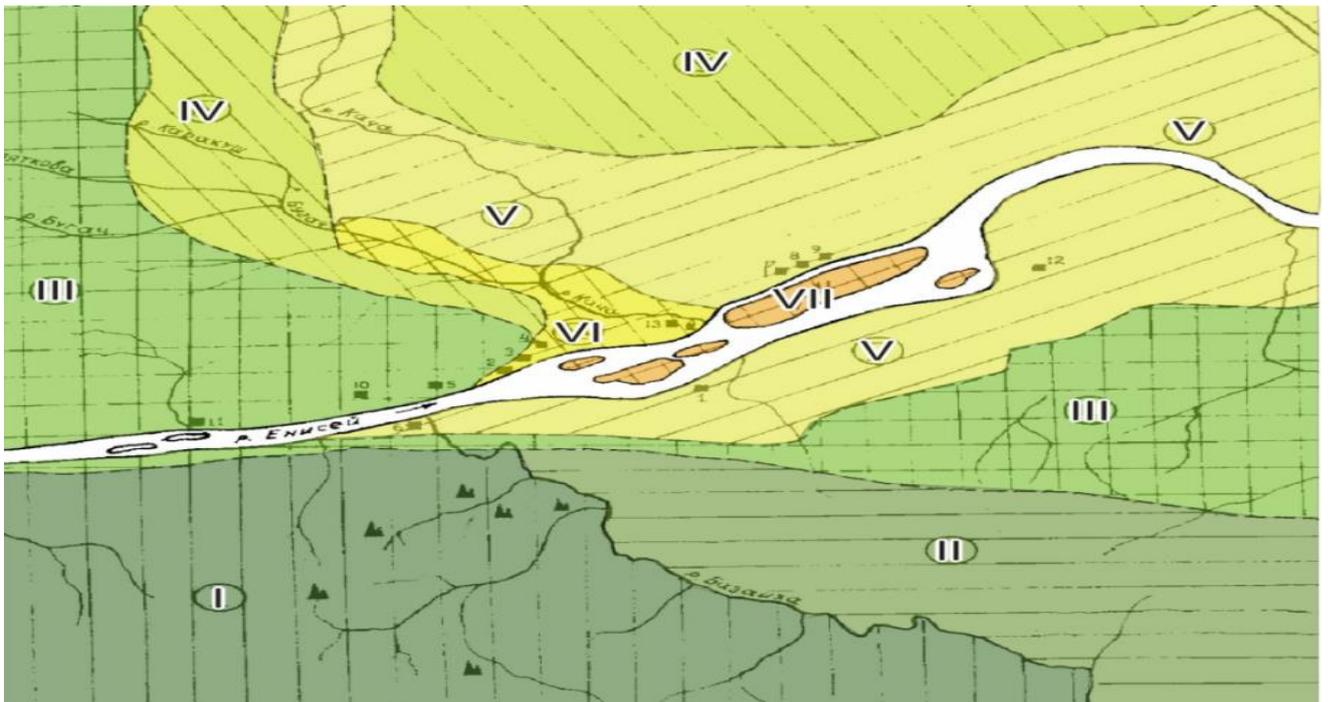


Рисунок 3.1 - Схема ландшафтной структуры территории г. Красноярска и его окрестностей [Кириллов, 1988].

Прослеживается возрастание термических различий между городом и пригородными пространствами и даже в различных микроклиматических районах в пределах городской черты. При этом зимой во время отопительного сезона контрасты температурных различий наибольшее. Разность температур составляет до 6°C [Климат..., 1982].

Таблица 3.3 - Ландшафтная структура территории г. Красноярска и его окрестностей

Ландшафтные зоны	Темнохвойная тайга, светлохвойная тайга, подтайга	Лесостепь, степь
Типы ландшафтов (см. рисунок 3.1)	<p>I – ландшафт горной темнохвойной тайги Куйсумских гор,</p> <p>II – ландшафт светлохвойной тайги Торгашинского хребта,</p> <p>III – ландшафт подтайги</p>	<p>IV – ландшафт северной лесостепи,</p> <p>V – ландшафт южной лесостепи,</p> <p>VI – ландшафт степи,</p> <p>VII – ландшафт поймы реки</p>

Даты первого и последнего заморозков также значительно различаются. В осенний период, до начала отопительного сезона, температурные различия сглаживаются. В летнее время значительную часть дополнительного тепла

добавляет твердое покрытие улиц и магистралей, крыши и каменные здания [Климат..., 1982].

На рисунке 3.2 и 3.3 представлены среднемесячные значения температуры и влажности воздуха за вегетационный период (май - сентябрь) по данным Красноярского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (КЦГМС-Р) на стационарных постах г. Красноярска.

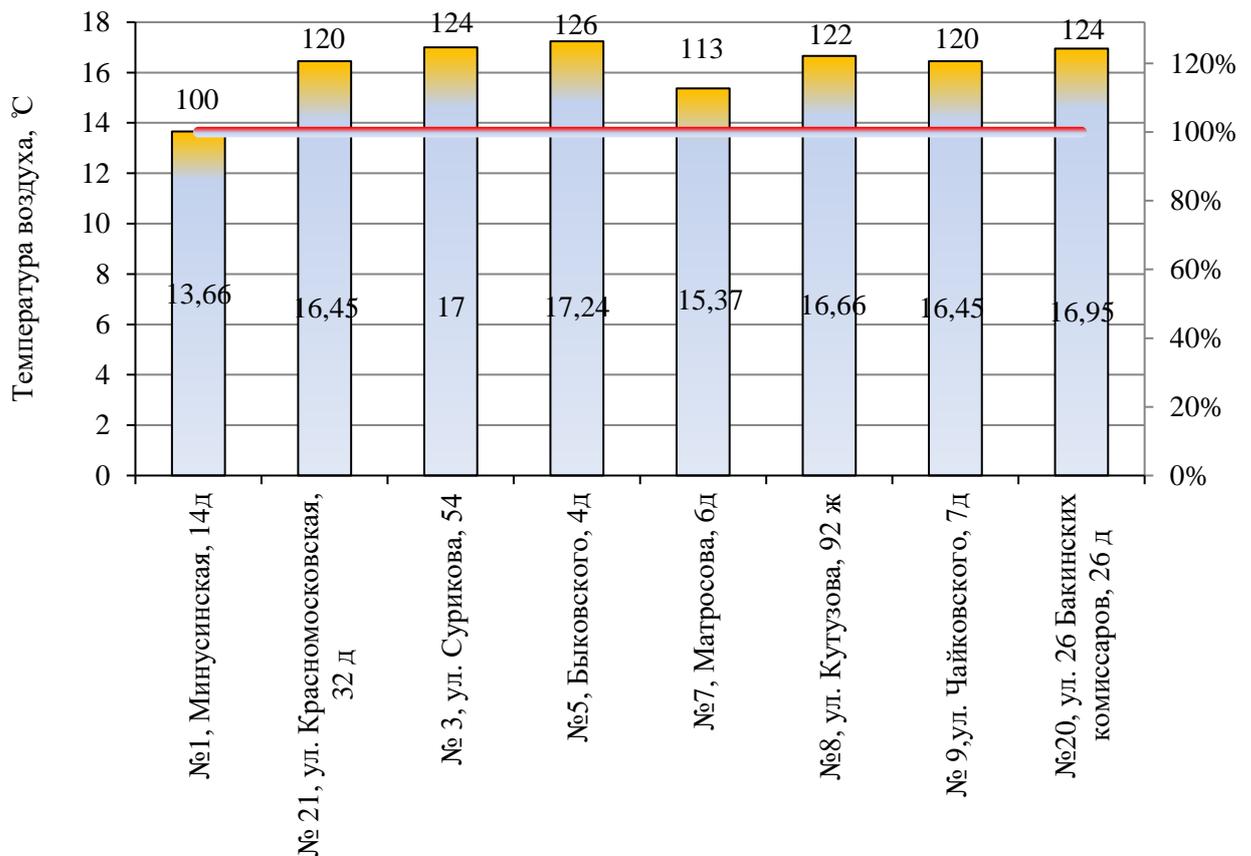


Рисунок 3.2 – Среднемесячные температуры воздуха за вегетационный период и их отклонения на городских постах относительно «фоновых» данных мтс. Опытное поле (Плодово-ягодная станция)

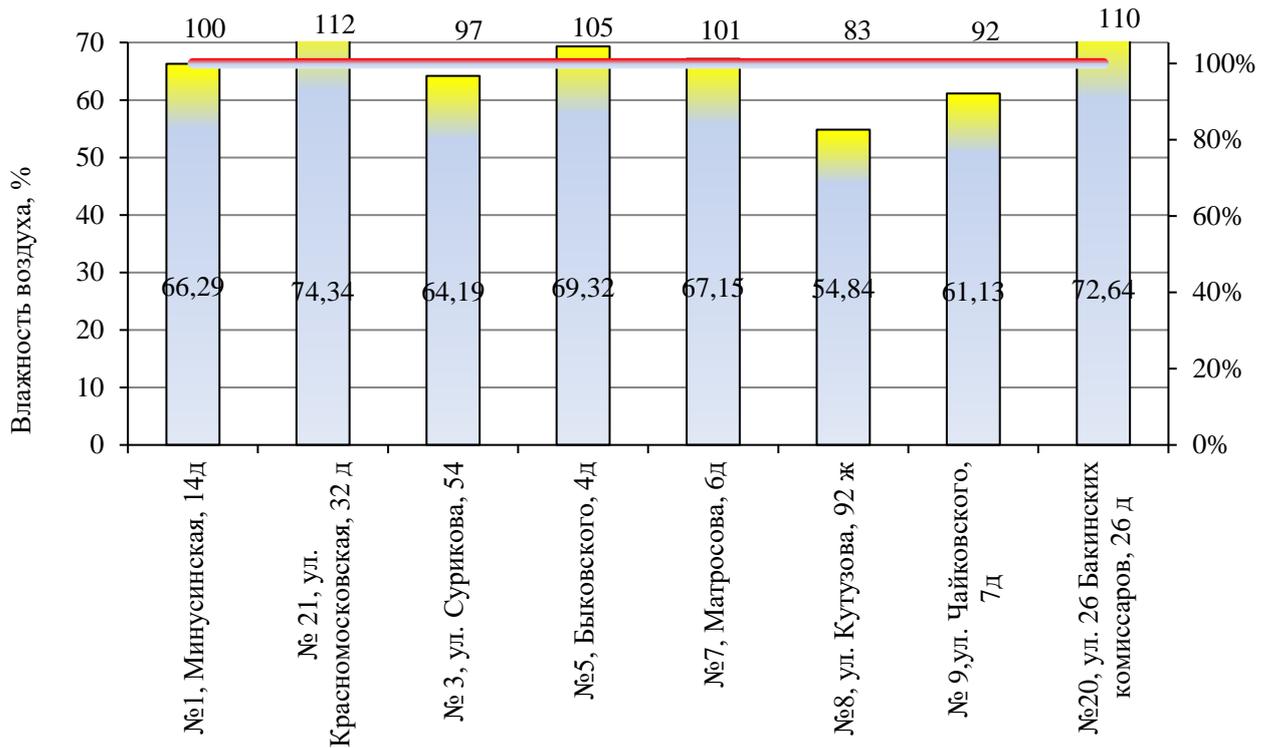


Рисунок 3.3 – Среднемесячные значения влажности воздуха за вегетационный период и их отклонения на городских постах относительно «фоновых» данных мтс. Опытное поле (Плодово-ягодная станция)

Анализ температурных условий показывает, что прослеживается увеличение термических различий от 13 до 26 % между различными районами города и пригородной зоной (Плодово-ягодная станция). Минимальное превышение температуры составляет 1,7 °С на посту, расположенном по ул. Матросова возле р. Енисей. Вероятно, на снижение температуры воздуха охлаждающее влияние оказывают низкие температуры воды реки Енисей в летнее время. На остальных постах отмечается увеличение температуры на 20 – 26 % (2,8 – 3,6 °С) относительно фоновых значений. Максимальные превышения температуры составляют 3,6 °С и наблюдаются на постах, расположенных в жилых массивах по ул. Быковского, ул. Сурикова и ул. 26 Бакинских комиссаров, вероятно из-за больших площадей запечатанных твердыми покрытиями улиц и магистралей, кирпичными и, особенно, железобетонными зданиями, которые повышают тепловой режим.

Влажность воздуха ниже «фонового» уровня наблюдается на постах, расположенных в районах с высоким уровнем «запечатанных» твердых покрытий и высокой плотностью застройки (кирпичные и бетонные многоэтажные здания)

по ул. Чайковского, ул. Кутузова. На остальных постах показатели не значительно отличается от «фоновых» значений. На постах наблюдения на ул. Красномосковская и по ул. 26 Бакинских комиссаров влажность воздуха за вегетационный период на 20 – 30 % выше относительно территорий с высоким уровнем твердых покрытий и высокой плотностью застройки, вероятнее всего, за счет наличия деревянных зданий, грунтовых дорог и озеленения частной застройки.

На территории г. Красноярска количество выпадающих осадков измеряется только на двух метеостанциях: Красноярск, Опытное поле и Красноярск, Город. На рисунке 3.4 представлен график количества осадков за год.

Сравнительный анализ данных показал, что количество осадков за вегетационный период в пригородной зоне на 17% больше, чем в районе мтс. Красноярск. Город, расположенной в микрорайоне «Взлетка».



Рисунок 3.4 – Среднегодовые значения суммы осадков по данным метеостанций Красноярск, Опытное поле и Красноярск, Город

С распределением атмосферного давления и его сезонными изменениями непосредственно связан режим ветра. Для территории г. Красноярска характерна однородность «фонового» режима ветра в течение всего года [Климат..., 1982].

Среднегодовые скорости и господствующие направления ветров представлено на рисунке 3.5.

Господствующим «фоновым» направлением ветра является юго-западное, которое определяется по данным мтс. Красноярск, Опытное поле (Плодово-ягодная станция). Данное направление сохраняется господствующим на трех постах наблюдения, расположенных в городе: по ул. Кутузова, ул. Матросова, ул. 26 Бакинских комиссаров. На постах по ул. Чайковского и ул. Быковского господствующим направлением ветра является северо-западное. На посту №21 по ул. Красномосковская - северо-восточное, направленное в противоположную сторону относительно «фоновом» юго-западного направления.

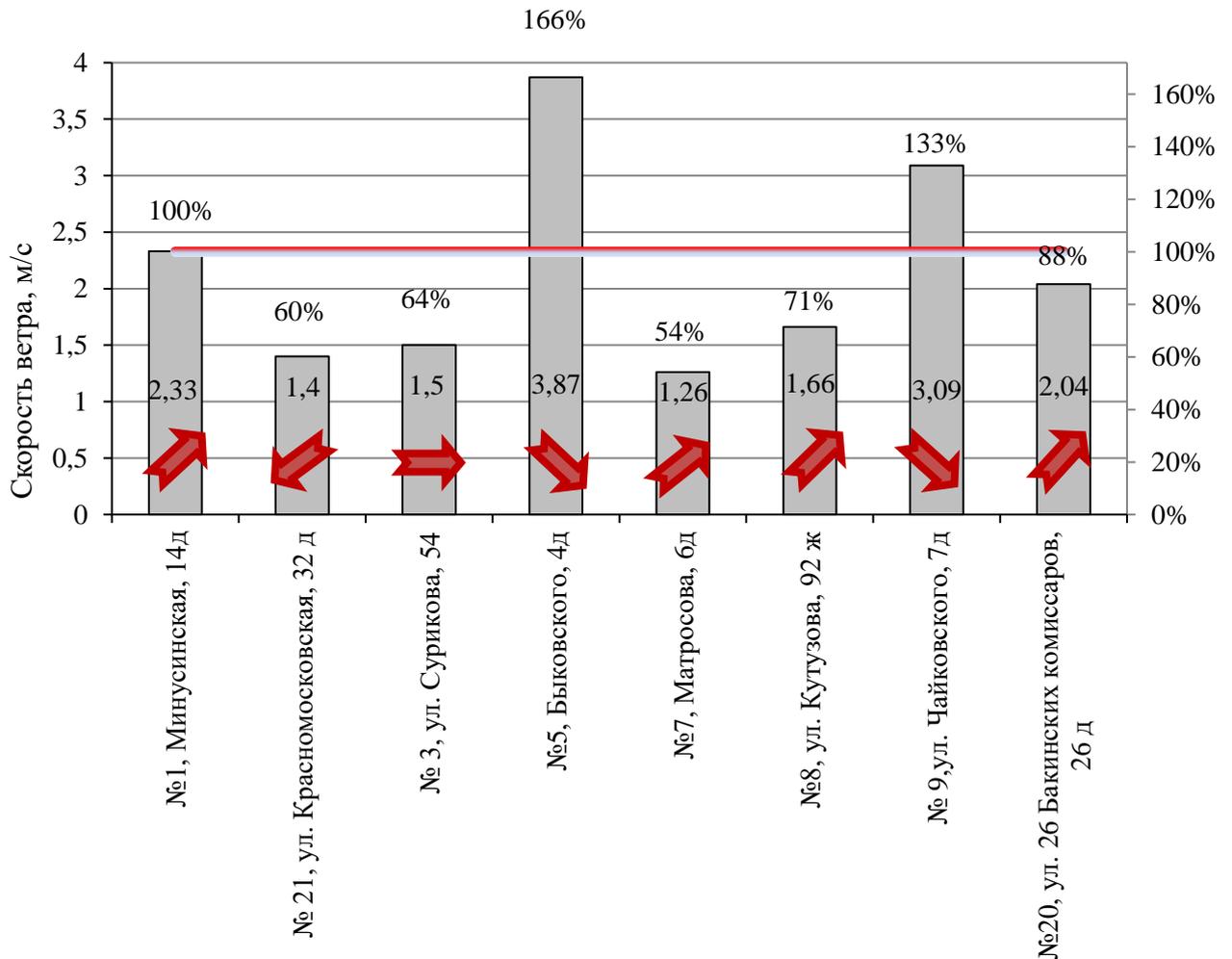


Рисунок 3.5 - Среднегодовые скорости и господствующие направления ветров по данным стационарных постов наблюдения

Анализ полученных данных показывает, что под влиянием застройки, элементов благоустройства, зеленых насаждений изменяется скорость воздушного потока как в сторону увеличения скоростей ветра до 70% в районе ул. Быковского, так и в сторону ее снижения на 60 % в районе ул. Матросова и ул. Красномосковская. При этом оценку ветрового режима жилой застройки необходимо проводить с двух позиций: во-первых, рассматривать ветер как фактор биоклиматической комфортности окружающей среды для населения и, во-вторых, ветер как условие рассеивания примесей в атмосфере [Авдеева, 2007]. В зависимости от скорости ветра на территории г. Красноярск можно выделить три зоны:

- застойные зоны, в которых скорость воздушного потока не превышает 1 м/с. Воздушные массы в этих зонах практически не обновляются, способствуя застою вредных веществ [Климат..., 1982];

- комфортные зоны, в которых скорость воздушных потоков изменяется от 1 до 3 м/с. При таких скоростях ветра происходит циркуляция воздуха, при этом дующий ветер не представляет неудобств пешеходам. Практически на всех стационарных постах г. Красноярска скоростные режимы соответствуют данным характеристикам [Климат..., 1982];

- допустимые зоны, в которых скорость ветра находится в пределах от 3 до 5 м/с. Данные значения приближаются к критическим, но все, же остаются приемлемыми для пешеходов. На территории города Красноярска только в районе ул. Быковского складываются ветровые условия (3,87 м/с), несколько превышающие предел комфортности по скорости ветра [Климат..., 1982].

Необходимо отметить, что в г. Красноярске помимо низких отмечаются и высокие скорости ветровых потоков, которые приходится на месяцы с усиленной циклонической деятельностью – апрель, май, октябрь и ноябрь. В период продолжительных циклонов скорости ветра возрастают, отдельные порывы достигают 30 м/с. Сильные ветры, со скоростью 15 м/с и более, наблюдаются в течение всего года (до 30 дней в году). Шквалы (усиление ветра более 36 м/с)

сопровожаются грозами. При этом в Красноярске практически ежегодно под воздействием ветровых нагрузок происходят повреждения деревьев: облом ветвей, ветровал, что создает травмоопасную ситуацию и снижает их декоративность. В лесоведении установлено, что критическая скорость ветра для леса составляет 25 - 27 м/с (90 - 97 км/ч), дальнейшее ее увеличение ведет к ветровалу и ветролому растений [Луганский, 2010].

Данные условия необходимо учитывать при создании городских зеленых насаждений, так как искусственно созданные городские посадки по своей пространственной структуре и видовому ассортименту не всегда соответствуют природным лесным массивам, способным противостоять сложившимся ветровым нагрузкам. Функцию снижения скорости ветра могут выполнять ветрозащитные экраны: ветрозащитные полосы из древесно-кустарниковой растительности, протяженные здания, фасадом обращенные к основному направлению ветра.

Наряду с годовым ходом скорости ветра в городе отчетливо проявляется суточный ход, в котором максимум наблюдается днем, минимум – в утреннее и ночное время. Суточный ход скорости ветра в городе Красноярске представлен на рисунке 3.6.

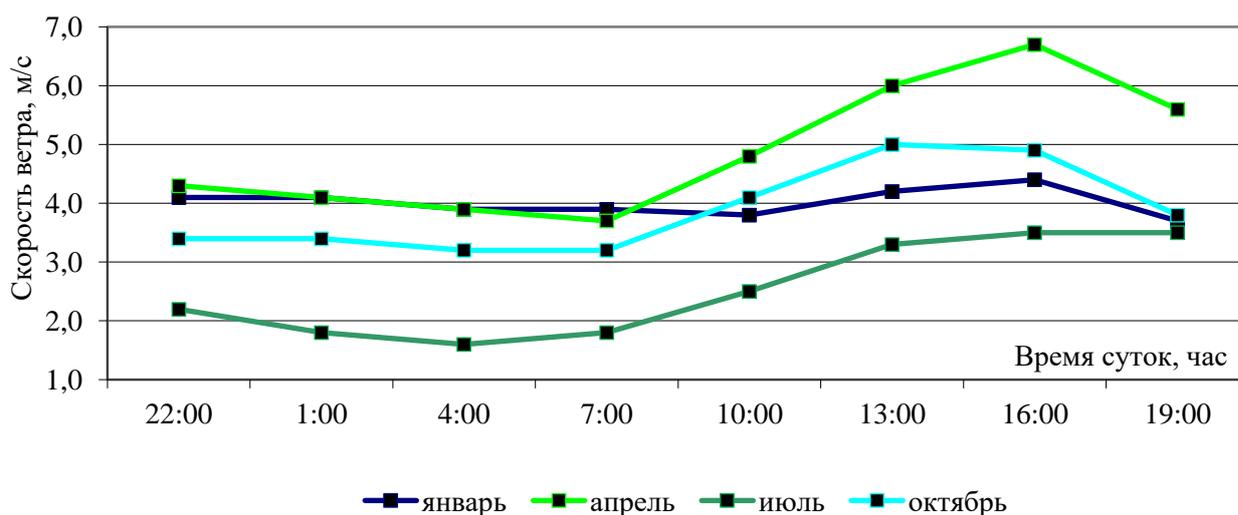


Рисунок 3.6 - Суточный ход скорости ветра в городе Красноярске

На территории г. Красноярска сочетание суточного хода ветровых условий и техногенных нагрузок приводят к следующей ситуации: утром минимальные

скорости ветра совпадают с «пиком» автомобильной нагрузки, что увеличивает загазованность на дорогах города, к 15 - 18 часам ветровые потоки усиливаются и способствуют рассеиванию вредных выбросов от вечернего «пика» движения автотранспорта.

Таким образом, на территории города Красноярска формируется микроклимат, который характеризуется особым радиационным, тепловым и аэрационным режимом. Климат города отличается не только от климата окрестностей, но и значительно различается по территории города. Это связано с неоднородностью рельефа, плотностью застройки, высотой зданий, расстоянием между ними, шириной улиц и площадей, качественными и количественными характеристиками озелененных пространств. Разность температур на метеостанции в пригородной зоне и в городской застройке достигает 4°С и зависит от плотности застройки. Влажность зависит от степени озеленения пространства и близости реки. Наиболее изменчив в условиях городской застройки ветровой режим: изменяется как скорость, так и направление ветра.

Анализ планировочной структуры г. Красноярска показал, что функцию проветривания правобережного района выполняют аэродинамические коридоры по ул. Свердловской, пр. им. Газеты Красноярский рабочий, ул. 60 лет Октября. При западном и юго-западном направлении ветер приносит свежий воздух с территории природного парка «Столбы», березовой рощи, пригородных территорий что, является благоприятным моментом аэрации застройки. Внедрение ландшафтных методов при реконструкции городских территорий позволит создать более комфортные условия для проживания населения.

На основании полученных метеоклиматических характеристик таких как температура, скорость ветра, влажность методом кластерного анализа проведена оценка значимости различий сочетаний данных параметров и построена схема объединения постов наблюдения по схожести микроклиматических условий. Результаты анализа, проведенного в программе (Statistica 10.0) представлены на рисунке 3.7.

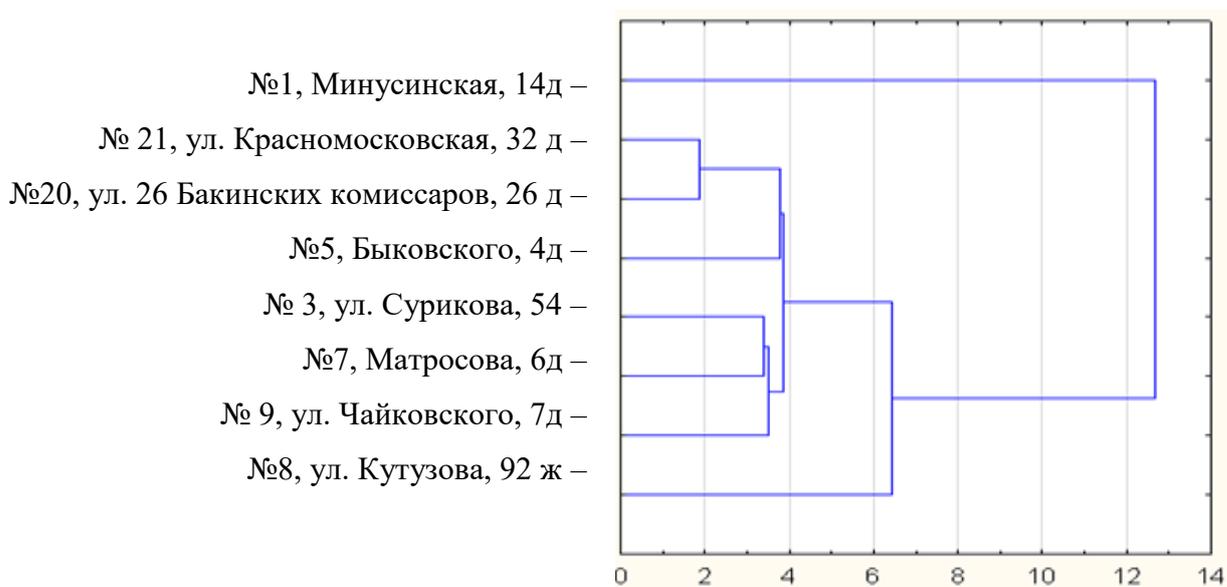


Рисунок 3.7 – Группировка территорий по схожести климатических условий

Анализ полученных данных показал, что климатические условия в районе мтс. Опытное поле, расположенной в зелёной зоне города достоверно отличаются от всех городских территорий, на которых расположены стационарные посты наблюдения. На территории города по схожести климатических характеристик выделилось две основные группы:

- схожие условия по климатическим характеристикам наблюдаются на территориях города в районе постов наблюдения, расположенных по ул. Красномосковская и ул. 26 Бакинских комиссаров. Данные территории располагаются на периферии города;

- во вторую группу объединились территории, расположенные в плотных жилых массивах, вблизи промышленных предприятий с высоким уровнем твердых «запечатанных» поверхностей (посты по ул. Сурикова, ул. Матросова, ул. Чайковского, ул. Быковского); несколько отличаются климатические условия на посту наблюдения по ул. Кутузова (вероятнее всего за счет низких значений влажности воздуха).

3.3 Динамика загрязнения воздушной среды г. Красноярск

Город Красноярск расположен на берегах р. Енисей и с 1934 г. является столицей и одним из главных промышленных центров Красноярского края.

В годы Великой отечественной войны в Красноярск было эвакуировано большое количество промышленных предприятий, способствующих началу индустриализации города.

Государственный экологический мониторинг в городе ведется с 1970 года Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). На территории г. Красноярска расположено 8 постов государственной и 9 постов краевой наблюдательной сети. Схема расположения постов представлена на рисунке 2.1. Помимо метеорологических параметров (направление и скорость ветра, температура и влажность воздуха, атмосферное давление) в г. Красноярске проводится оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха по 21 загрязняющему веществу, при этом на каждом посту набор измеряемых параметров различен. Перечень наблюдаемых показателей на постах государственной наблюдательной сети представлен в таблице 3.4. В соответствии с РД 52.04.186-89 [РД 52.04.186-89...] и ГОСТ 17.2.3.01-86 [ГОСТ 17.2.3.01-86...] на стационарных постах организуются наблюдения за содержанием основных загрязняющих веществ.

Таблица 3.4 - Перечень наблюдаемых показателей на постах государственной сети мониторинга

Условное обозначение поста	Адрес	Программа наблюдений за состоянием атмосферного воздуха*
ПНЗ №1	ул. Минусинская, д. 14д	SO ₂ , CO, PM, NO, NO ₂ , CH ₂ O, C ₂₀ H ₁₂ , H ₂ S, фенол, HF, HCl, NH ₃ , ароматические углеводороды.
ПНЗ №3	ул. Сурикова, д. 54м	CO, SO ₂ , fenol, NO ₂ , NO, HF, HCl, CH ₂ O, ksilol, toluol, etilbenzol, PM
ПНЗ №5	ул. Быковского, д. 4д	SO ₂ , CO, PM, NO, NO ₂ , CH ₂ O, C ₂₀ H ₁₂ , фенол, HF, HCl, NH ₃
ПНЗ №7	ул. А. Матросова, д. 6д	CO, NO ₂ , PM, CH ₂ O
ПНЗ №8	ул. Кутузова, д. 92ж	CH ₂ O, PM, SO, NO ₂ , HCl, H ₂ S, CO
ПНЗ №9	ул. Чайковского, д. 7д	PM, SO ₂ , fenol, NO ₂ , NO, HF, HCl, ksilol, toluol, etilbenzol, CH ₂ O, CO
ПНЗ №20	ул. 26 Бакинских Комиссаров, д. 26д	PM, SO ₂ , fenol, NO ₂ , NO, HF, HCl, ksilol, toluol, etilbenzol, NH ₃ , H ₂ S, CO, CH ₂ O
ПНЗ №21	ул. Красномосковская 32д	NO, HF, PM, SO, NO ₂ , CH ₂ O

Примечание – * CO – оксид углерода, SO₂ – диоксид серы, PM – взвешенные вещества, NO – оксид азота, NO₂ – диоксид азота, CH₂O – формальдегид, C₂₀H₁₂ - бенз(а)пирен, H₂S – сероводород, NH₃ – аммиак, HF – гидрофторид, HCl – гидрохлорид, PM 2,5 – взвешенные частицы (до 2,5 мкм), Pb - свинец

На всех постах измеряются следующие загрязняющие вещества CO – оксид углерода, РМ – взвешенные вещества, NO₂ – диоксид азота, CH₂O – формальдегид, на основании этого данные загрязняющие вещества выбраны для сравнительного анализа загрязнения воздушной среды различных районов г. Красноярск.

По функциональной специализации посты наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха подразделяются на следующие типы: - «*фоновые*» (ПНЗ №1); «*авто*» - вблизи автомагистралей в районах с интенсивным движением транспорта (ПНЗ №3); «*жилые*» - в районах жилой застройки (ПНЗ № 5, 7, 21); «*промышленные*» - вблизи предприятий и на границе санитарно-защитных зон (ПНЗ № 8, 9, 20) [Состояние загрязнения..., 2011].

Для характеристики уровня загрязнения атмосферы территории за продолжительный период времени используется фоновая концентрация отдельных загрязняющих веществ и ее обобщенный показатель - индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), который рассчитывается как сумма значений концентраций приоритетных загрязнителей (как правило по пяти веществам, ИЗА₅), нормированных на значения их ПДК. ИЗА₅ - комплексный индекс загрязнения атмосферы по 5 приоритетным для города загрязняющим веществам. Для г. Красноярск приоритетными загрязняющими веществами являются: формальдегид, бенз(а)пирен, взвешенные вещества, диоксид азота, аммиак]. При ИЗА₅ – 0 – 4 уровень загрязнения *низкий*; при ИЗА₅ – 5-6 - *повышенный*; при ИЗА₅ – 7-13 - *высокий*; при ИЗА₅ ≥14 - *очень высокий* [О состоянии окружающей природной среды..., 2007-2022].

Современное экологическое состояние городской среды г. Красноярск сформировалось в течение длительного периода нарастания промышленного потенциала до 1991 г. и последующего периода спада производства, что отражается на составе и уровне загрязнения атмосферы города. Динамика уровня загрязнения атмосферы г. Красноярск представлена на рисунке 3.8.



Рисунок 3.8 – Динамика уровня загрязнения атмосферы г. Красноярск

Анализ полученной информации свидетельствует о снижении уровня загрязнения начиная с 1992 года. Минимальное значение ИЗА₅ загрязнения атмосферы за данный период наблюдался в 2000 г. и составлял 8, что по сравнению с максимальным значением, зарегистрированным в 1991 году в 8 раз ниже (ИЗА₅ в 1991 году составлял 64,6) [О состоянии окружающей природной среды..., 2015 - 2022].

К зонам максимального загрязнения перечисленными веществами относятся районы с наиболее интенсивным движением автотранспорта - исторический центр, район вдоль пр. им. газеты Красноярский рабочий, промышленные районы на которых располагаются предприятия промышленности и теплоэнергетики. Оксиды азота участвуют в фотохимических реакциях образования смога, оказывают отрицательное воздействие на растительность. При взаимодействии с водой на листовые пластины растений попадают растворы азотной и азотистой кислот. Основным техногенным источником оксида углерода в настоящее время служат выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания и выбросы предприятий.

Перечень специфических загрязняющих веществ для проведения наблюдений согласно п. 2.4 РД 52.04.186-89 устанавливается на основе сведений о составе и характере выбросов от источников загрязнения в городе и метеорологических условий рассеивания примесей.

3.4 Сравнительный анализ воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Красноярска по отношению к зеленым насаждениям и человеку

В соответствии с п.1 ст.22 ФЗ-7 «Об охране окружающей среды» нормативы допустимых выбросов и сбросов для предприятий определяются в отношении загрязняющих веществ расчетным путем на основе нормативов предельно допустимых концентраций, с учетом фоновое состояние компонентов природной среды. Однако, даже при соблюдении принятых норм, древесные растения деградируют и гибнут, что свидетельствует о их повышенной чувствительности к поллютантам [Николаевский, 1979, 1989, 2002; Павлов, 2006].

На данный момент область установления предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ для зеленых насаждений недостаточно проработана. Только для 12 загрязняющих из 46 веществ разработаны предельно допустимые концентрации (ПДК) – фитотоксичные [ТСН 30-307-2002 Нормы и правила..., 2002; Быков, 2011]. Они имеют аналогичную структуру нормирования, однако их применение затруднено в связи с многообразием видов растений и их физиологическими различиями (например, травянистые, кустарники, деревья - лиственные или хвойные и т.д.), влияющими на устойчивость того или иного вида по отношению к различным загрязнителям. ПДК содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест по отношению к зеленым насаждениям и человеку приведены в таблице 3.5, из которой видно, что растения являются более устойчивыми к соединениям неметаллов (кроме сернистого ангидрида) и менее устойчивыми к органическим соединениям [ТСН 30-307-2002

Нормы и правила..., 2002; ГН 2.1.6.3492-17 Предельно допустимые концентрации..., 2017; Загрязнение атмосферного воздуха..., 1962].

Таблица 3.5 – ПДК загрязняющих веществ, мг/м³

Наименование загрязняющего вещества	Среднесуточное значение ПДК	
	Для человека	Для растений
Взвешенные вещества	0,15	0,05
Оксид углерода	3,0	3,0
Диоксид азота	0,1	0,02
Формальдегид	0,01	0,003

Различия предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ для человека и растительности по некоторым веществам отличаются в десятки раз. Исследования авторов подтверждают, что уровень опасности и качественный состав загрязнителей для населения и растений также значительно различается [Николаевский, 1998].

Для человека и теплокровных животных ряд токсичности из наиболее распространенных примесей, начиная с наиболее вредного, выглядит следующим образом $Cl > SO_2 > NH_3 > HCN > H_2S$. Для зеленых насаждений наиболее опасными являются Cl , SO_2 , NO_2 , NH_3 , фториды. Менее опасны CO , H_2S , углеводороды. Трехкратное превышение нормативно допустимого загрязнения воздушной среды для зеленых насаждений вызывает снижение фотосинтеза, пятикратное – нарушение морфогенеза и продуктивности растений, десятикратное – гибель чувствительных видов (хвойные породы) и деградацию насаждений [Авдеева, 2007, Неверова, 2003]. Характеристики и источники поступления в атмосферу г. Красноярска наиболее токсичных веществ представлены в Приложении В.

Наибольшей вклад в загрязнение атмосферного воздуха г. Красноярска, с точки зрения влияния на растительность вносит диоксид азота (27,5 %), основное поступление которого связано с использованием автотранспорта. Около 25 % от всех загрязнений приходится на фториды. Их поступление в атмосферу города в основном связано с работой ОАО «РУСАЛ» (Алюминиевый завод). При этом распространение фторидов наблюдается во всех районах города, несмотря на то, что завод расположен в северо-восточной части города по направлению «фоновых»

юго-западных господствующих ветров. При его строительстве предполагалось, что выбросы не должны распространяться на жилую территорию города. Однако, как показал анализ ветровых условий, на территории города изменяется и скорость, и особенно, направление ветра, что и объясняет распространение фторидов по всей территории города. Оставшиеся 50% загрязнений приходится на пыль, гидрохлорид и формальдегид. При этом 20% загрязнения создается за счет запыленности воздуха. Концентрация взвешенных частиц практически в четыре раза выше нормативных значений. Часть поступления твердых загрязняющих веществ в атмосферу города Красноярск происходит за счет пыли, которая образуется в результате природных явлений, однако в большей мере – в ходе производственной деятельности: от механической обработки материалов, истирания дорог, в процессе сжигания топлива, в результате промышленного производства гранулируемых веществ (цемент, гипс, мука, лекарства). Значительный вклад в загрязнение среды твердыми частицами вносит автомобильный транспорт. Таким образом, анализ загрязнения воздушной среды показал, что одни и те же концентрации вредных веществ воздействуют на растения в несколько раз сильнее, чем на человека.

На основе результатов инструментального мониторинга проведена оценка загрязнения воздуха г. Красноярска в отношении веществ, для которых установлены фитотоксичные предельно допустимые концентрации. Среднемесячные, среднегодовые (2017 – 2019 гг.) данные по загрязнению воздушной среды в долях ПДК для человека и растительности по постам наблюдения в г. Красноярске представлены в Приложении В и на рисунках 3.9 – 3.19.

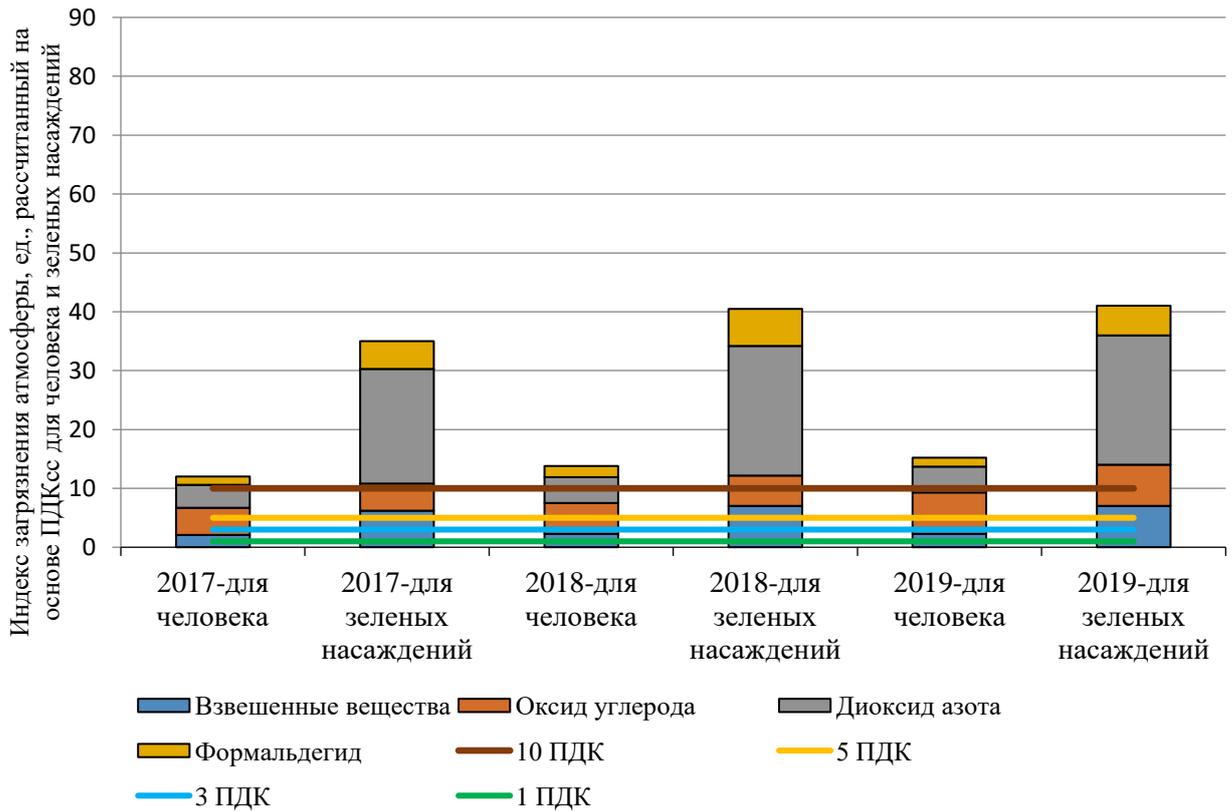


Рисунок 3.9 - Динамика индекса загрязнения атмосферного воздуха по данным ПН №1 (140106 – ул. Минусинская) - среднегодовые ПДК для человека и растений

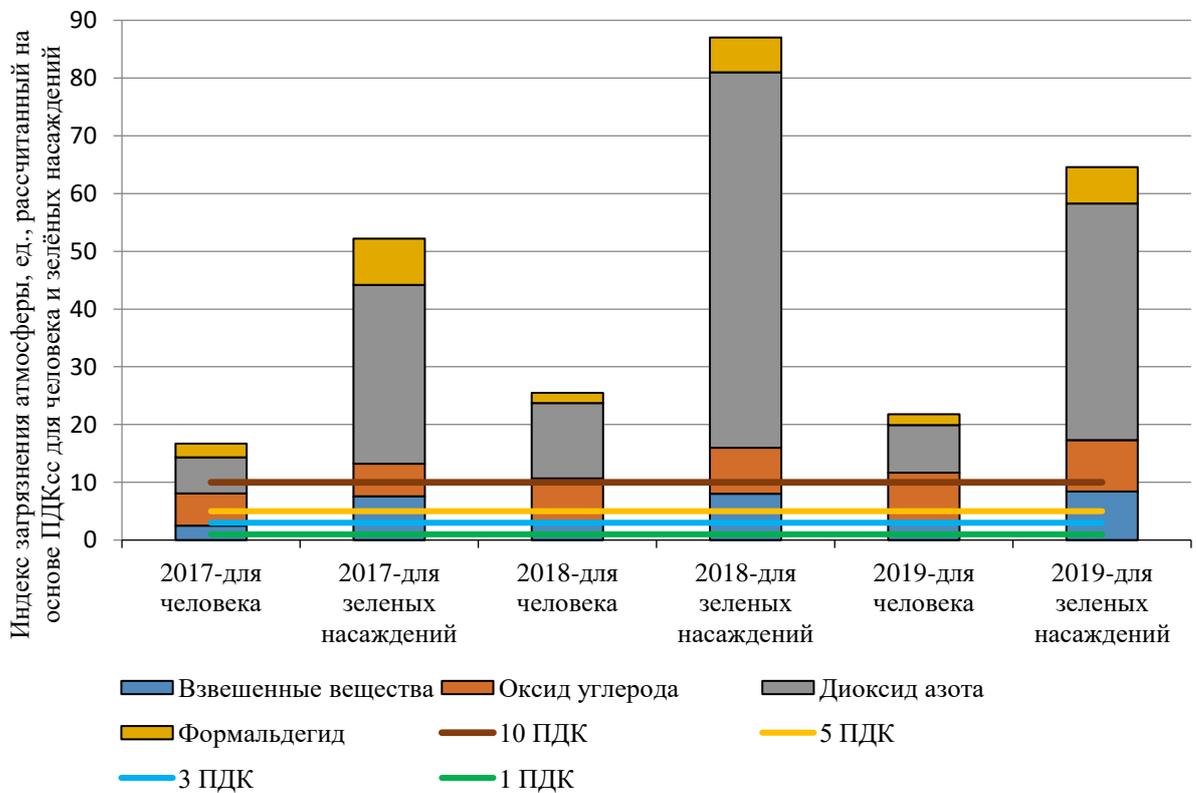


Рисунок 3.10 - Динамика индекса загрязнения атмосферного воздуха по данным ПН №3 (340807) – ул. Сурикова, среднегодовые ПДК для человека и растений

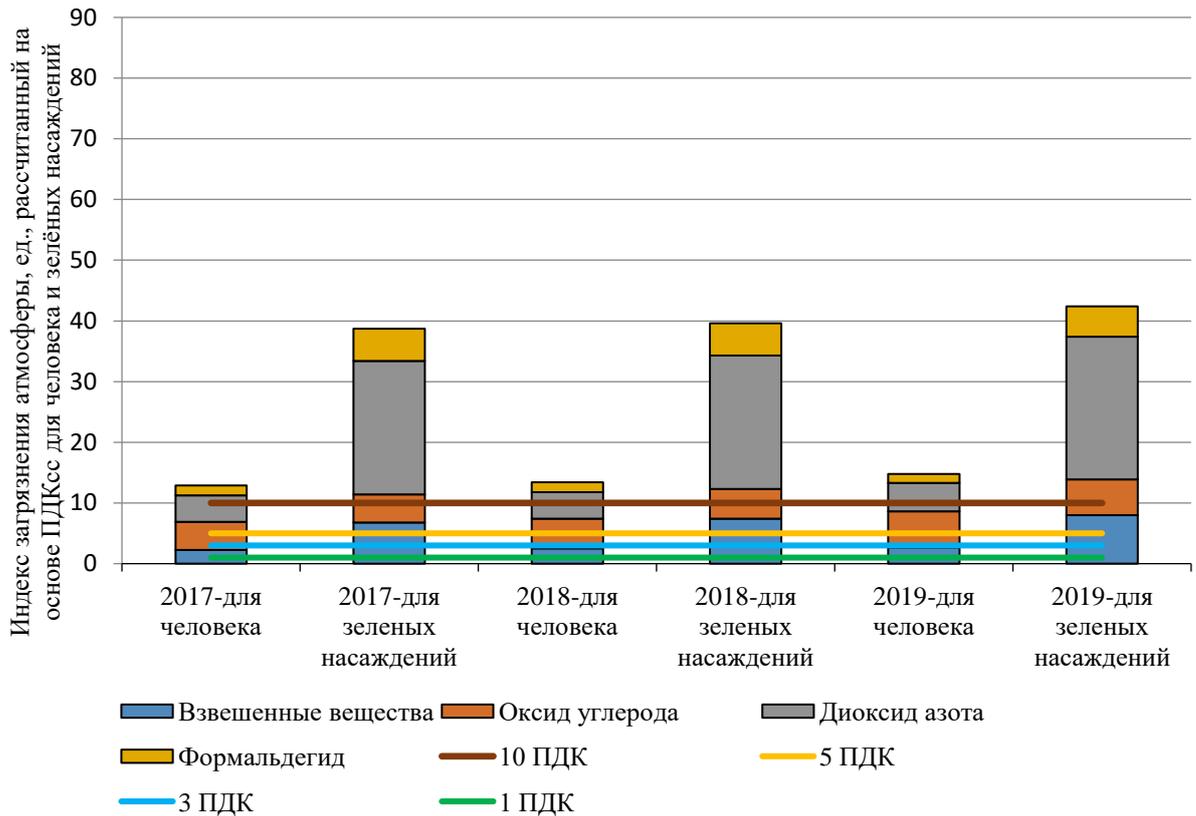


Рисунок 3.11 - Динамика индекса загрязнения атмосферного воздуха по данным ПН №5 (541404) – ул. Быковского - среднегодовые ПДК для человека и растений

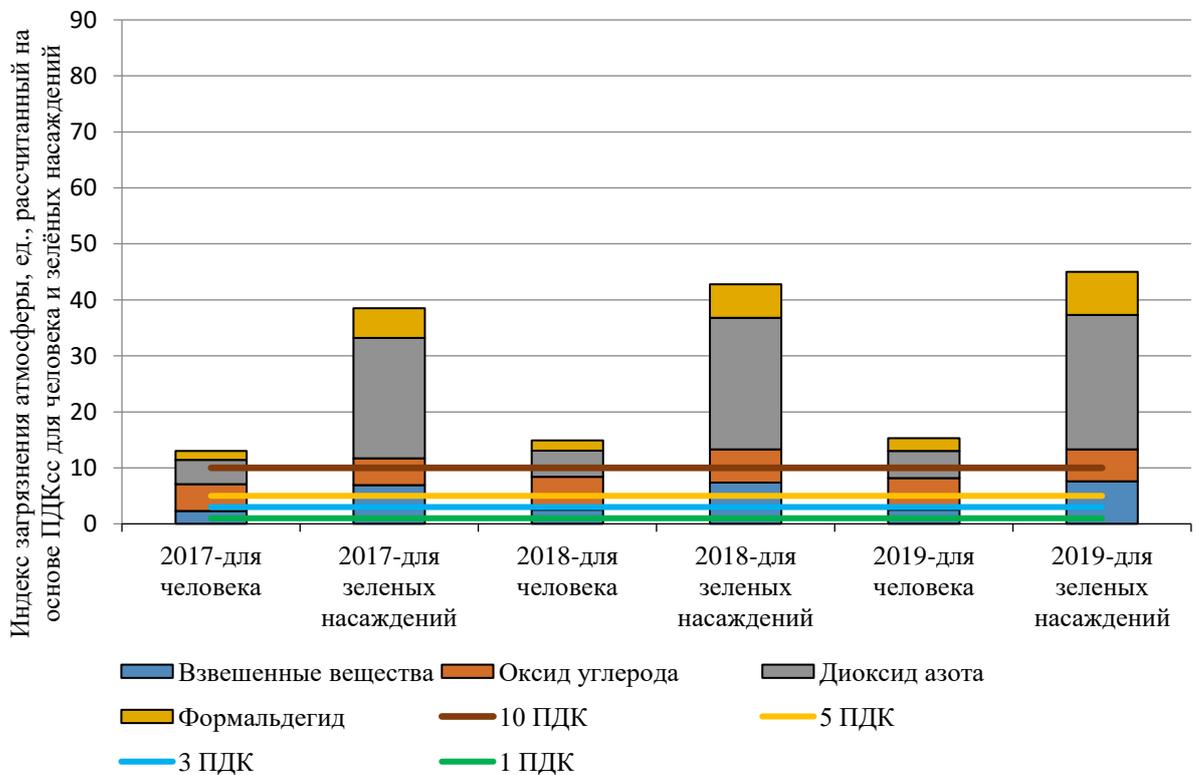


Рисунок 3.12 - Динамика индекса загрязнения атмосферного воздуха по данным ПН №7 (740310) – ул. Матросова, среднегодовые ПДК для человека и растений

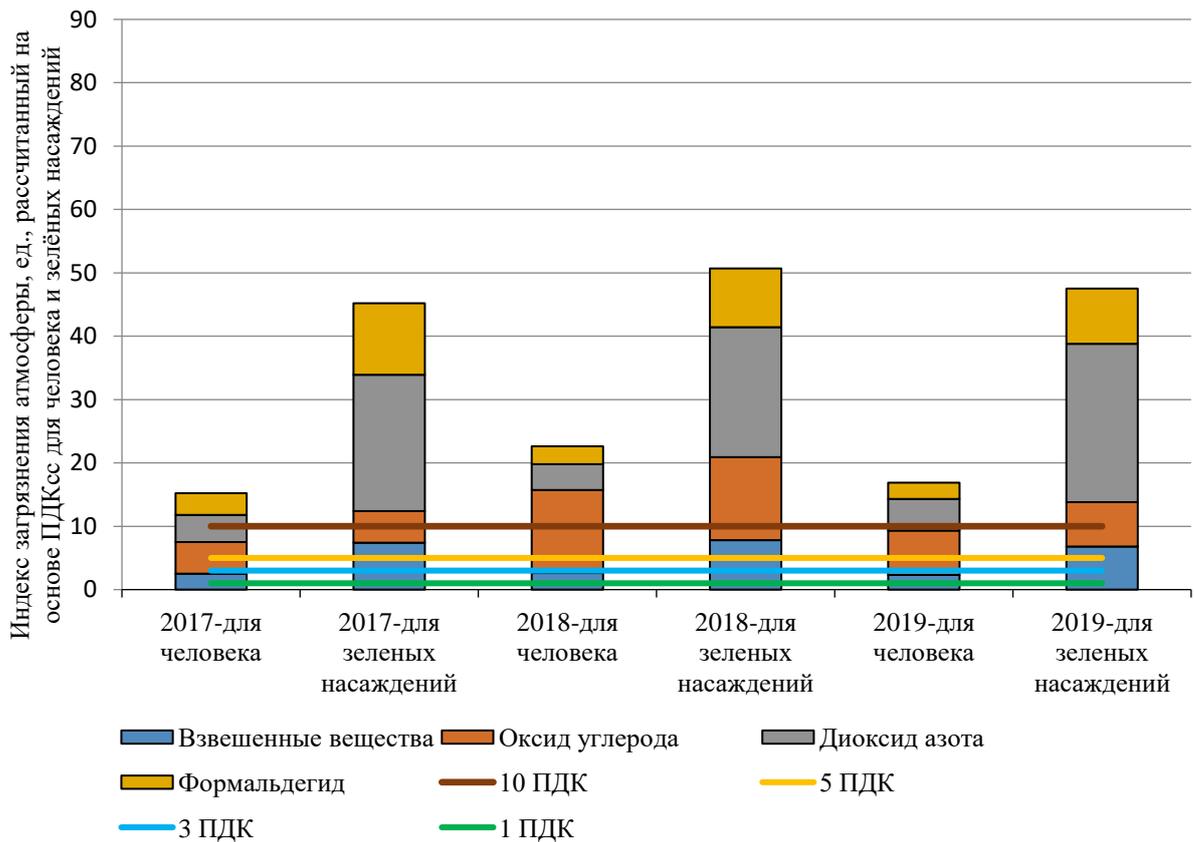


Рисунок 3.13 - Динамика индекса загрязнения атмосферного воздуха по данным ПН №8 (841210) – ул. Кутузова, среднегодовые ПДК для человека и растений

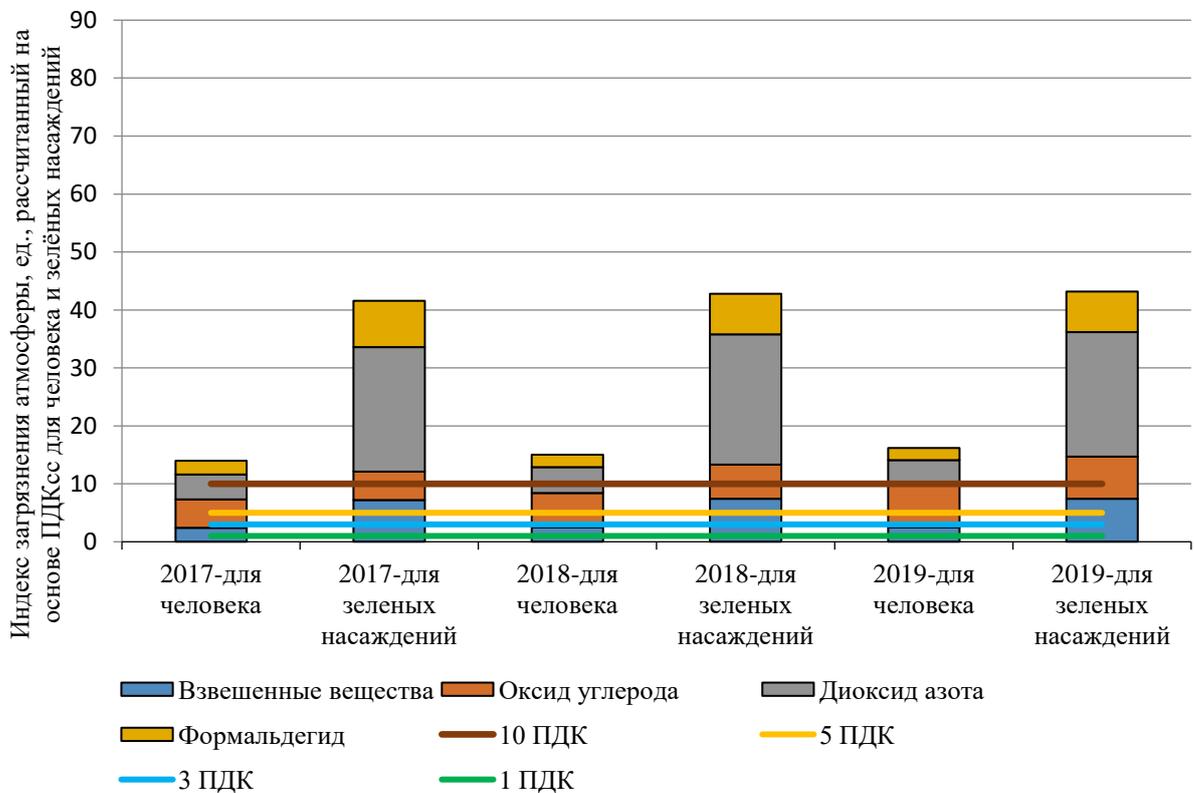


Рисунок 3.14 - Динамика индекса загрязнения атмосферного воздуха по данным ПН №9 (941308) – ул. Чайковского - среднегодовые ПДК для человека и растений

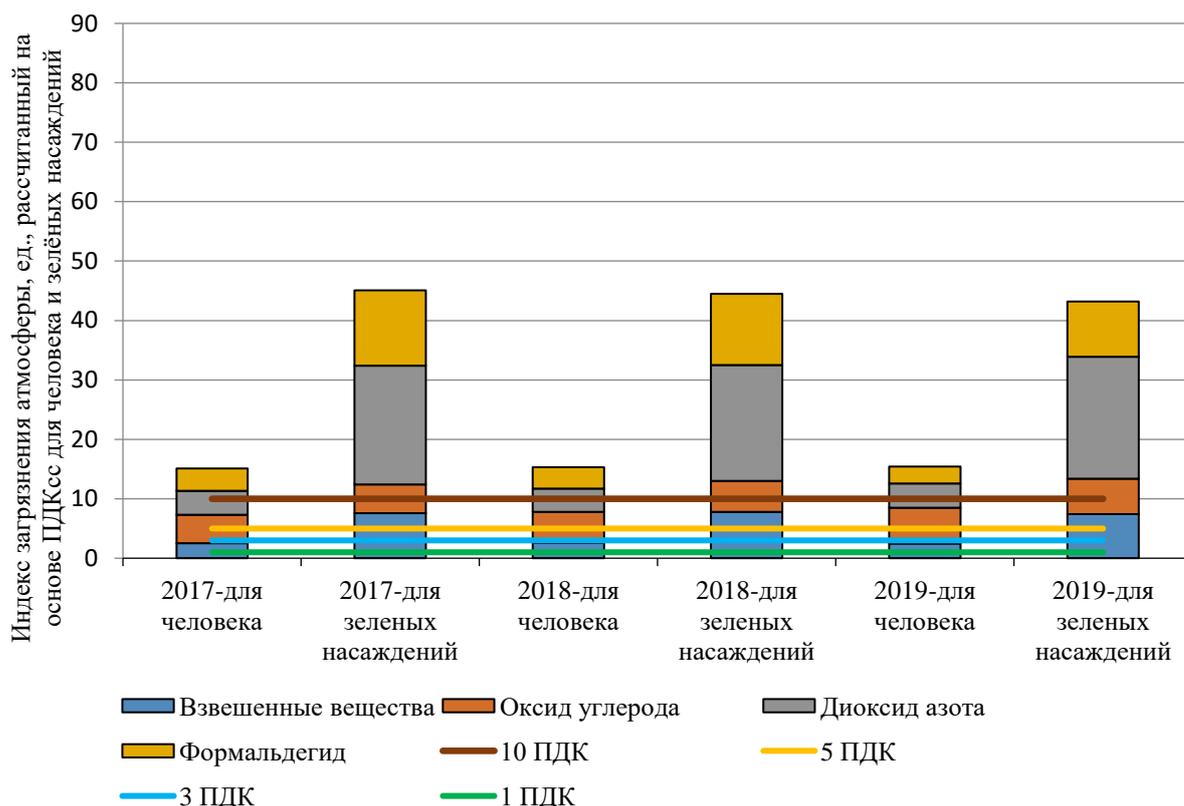


Рисунок 3.15 - Динамика индекса загрязнения атмосферного воздуха по данным ПН №20 (2041606) – ул. 26 Бакинских комиссаров - среднегодовые ПДК для человека и растений

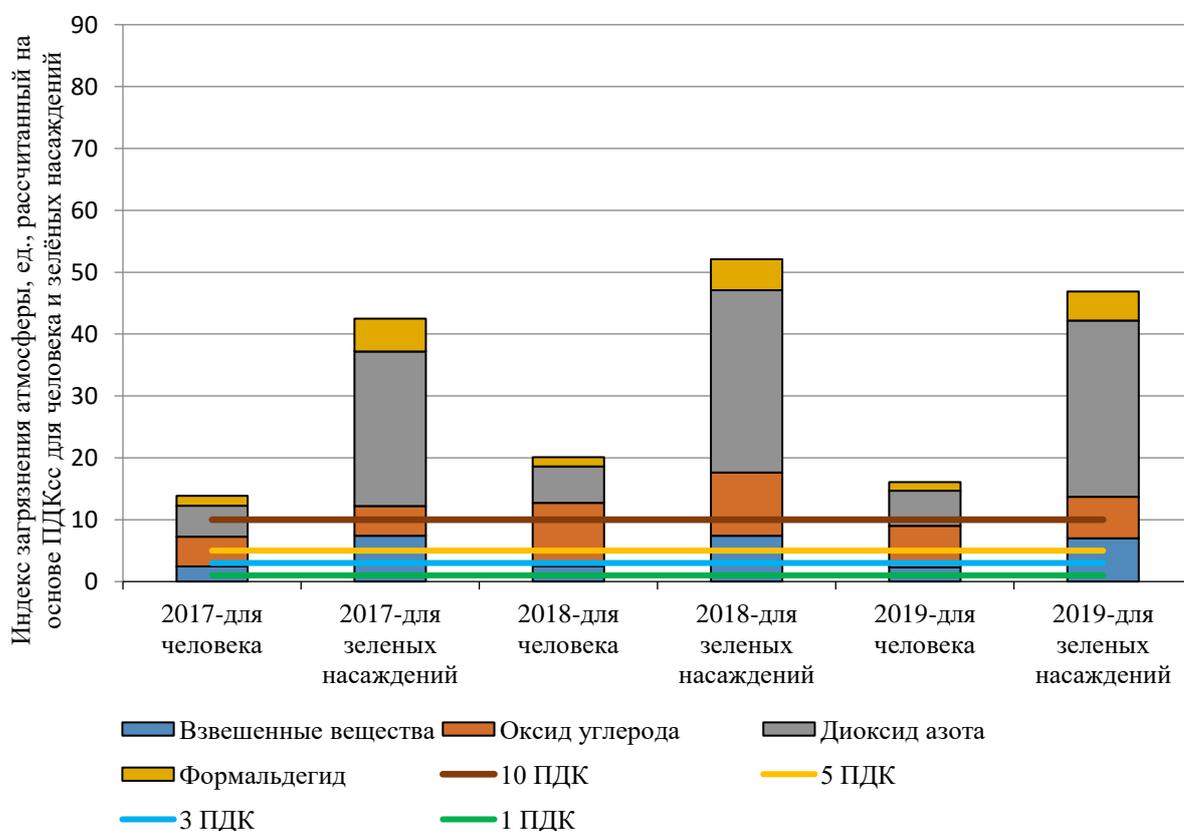


Рисунок 3.16 - Динамика индекса загрязнения атмосферного воздуха по данным ПН №21 (2140507) ул. Красномосковская - среднегодовые ПДК для человека и растений

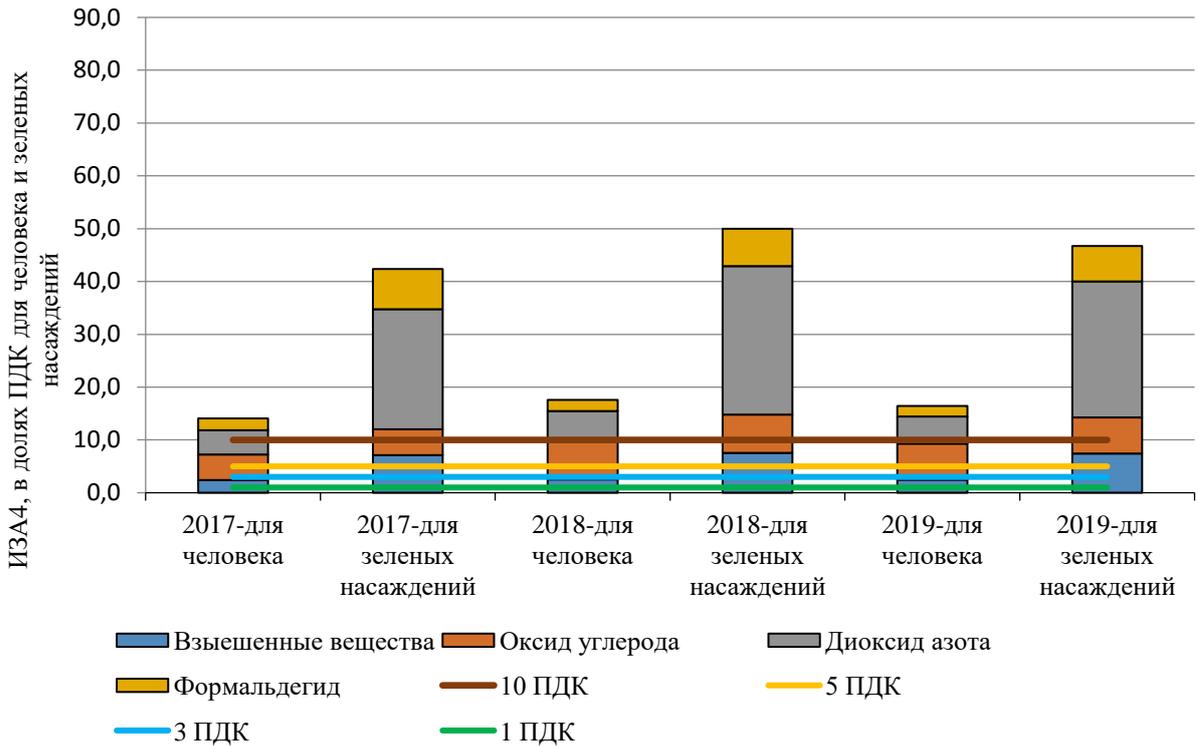


Рисунок 3.17 - Динамика индекса загрязнения атмосферного воздуха по городу в целом по 4 примесям (среднегодовые ПДК для человека и растений)

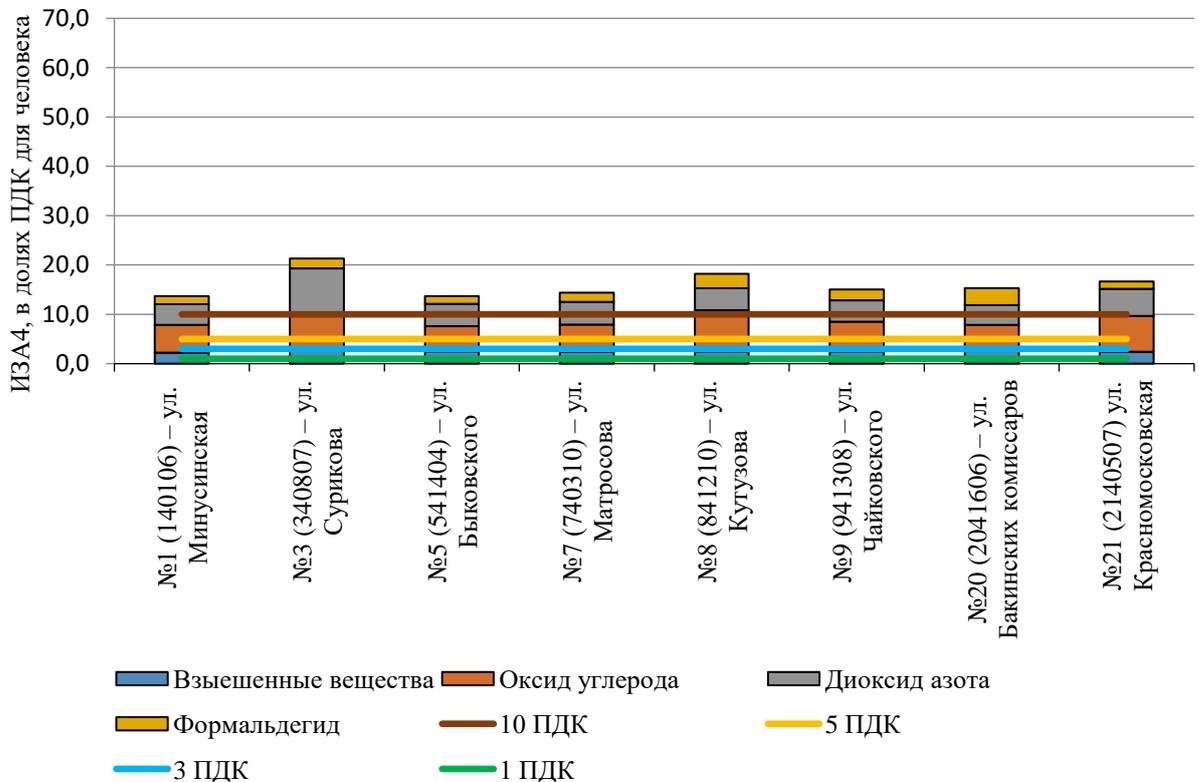


Рисунок 3.18 – Средние значения индекса загрязнения атмосферного воздуха по постам наблюдения за 3 года по 4 примесям (среднегодовые ПДК для человека)

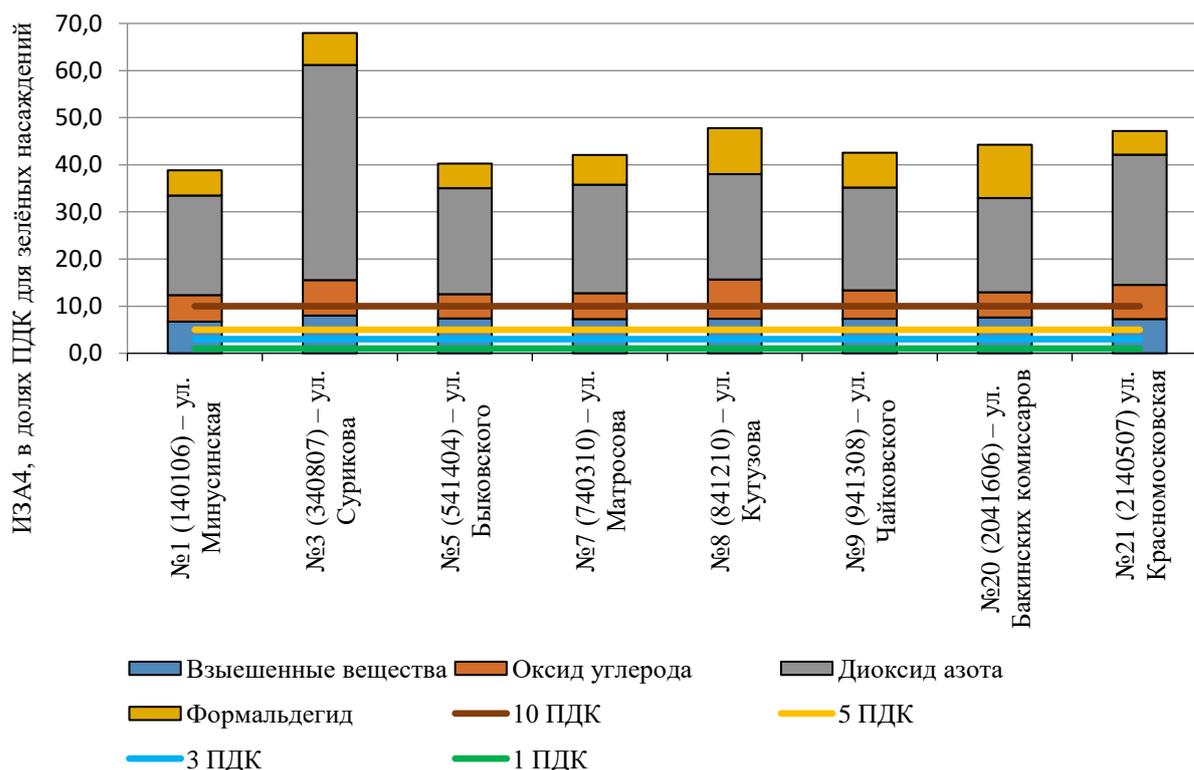


Рисунок 3.19 – Средние значения индекса загрязнения атмосферного воздуха по постам наблюдения за 3 года по 4 примесям (среднегодовые ПДК для растений)

Анализ состава загрязняющих веществ показал, что наибольший вклад в загрязнении атмосферного воздуха вносит диоксид азота, максимальное значение по ПДК уставлено на посту №3 (ул. Сурикова – исторический центр города) и составляет для человека 13, для растений - 65, минимальное - уставлено на посту №1 (ул. Минусинская) и составляет для человека 3,9, для растений – 19,5. Основным источником выделения NO_2 в г. Красноярске являются выхлопные газы автомобилей, выбросы ТЭЦ, также преобразуется из NO при реакции с кислородом.

Воздействие диоксида азота на окружающую среду:

- почва - при взаимодействии с влагой во время дождя NO_2 превращается в азотную кислоту, которая увеличивает кислотность почвы.
- растения - длительное воздействие диоксида азота в концентрации $0,47-1,88 \text{ мг/м}^3$ может подавлять рост некоторых растений. Образующаяся в

клетках азотистая кислота оказывает мутагенное действие, выражающееся в нарушениях хромосомного аппарата и проявлениях наследственных уродств.

- смог - диоксид азота играет важную роль в образовании фотохимического смога, который значительно ухудшает видимость и портит эстетику окружающей среды в целом.

Если проблема ограничения выбросов летучей золы и диоксида серы может решаться на тепловых электростанциях путем очистки дымовых газов, то выбросы оксидов азота могут быть уменьшены только за счет специальной организации топочного процесса.

Анализ загрязнения воздушной среды г. Красноярска показал, что наибольшие концентрации диоксида азота уставлены на посту №3 (ул. Сурикова – исторический центр города) и составляют $1,3 \text{ мг/м}^3$, минимальные - на посту №1 (ул. Минусинская) и составляет $0,39$, на постах – представлено на рисунке 3.20.

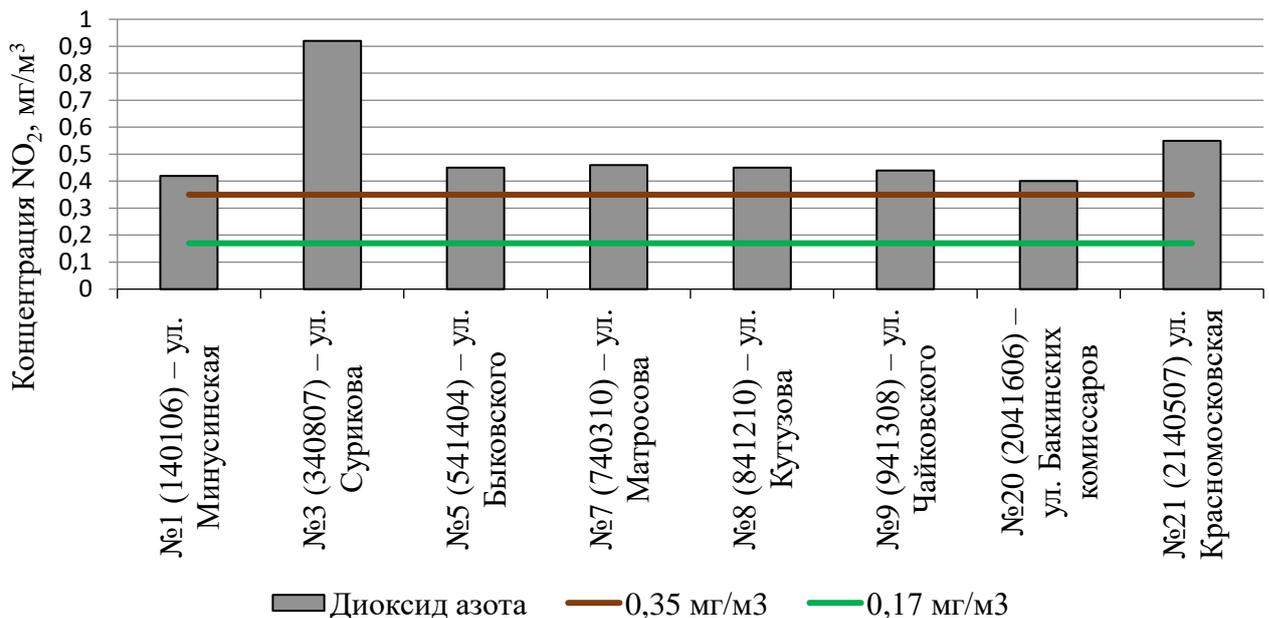


Рисунок 3.20 – Среднегодовая концентрация NO₂ по постам, мг/м³

Основным источником данных загрязнений в этом районе является автотранспорт, что подтверждает состояние загруженности автодорог Центрального района города. Особенно остро это проявляется в «час-пик», состояние автодорог в это время практически ежедневно оценивается как

критическое (рисунок 3.21).

За 2017 год количество «пробок» в 10 баллов на дорогах Центрального района зафиксировано в два раза больше, чем на магистралях Советского района (пост наблюдения по ул. Тельмана) [probki-online.ru]. К тому же данные районы различаются по ветровым условиям в Центральной части города средняя скорость ветра составляет 1,5 м/с, это в два раза ниже, чем на ул. Тельмана (3,9 м/с), что способствует рассеиванию вредных выбросов в атмосферу в Советском районе и его застою в Центральном. На основании полученных данных методом кластерного анализа (в программе «Statistica 10.0») проведена группировка условий мест произрастания растений по совокупности влияния техногенного загрязнения, результаты которого представлены на рисунке 3.21.



Рисунок 3.21 - Состояние загруженности автодорог Центрального района города

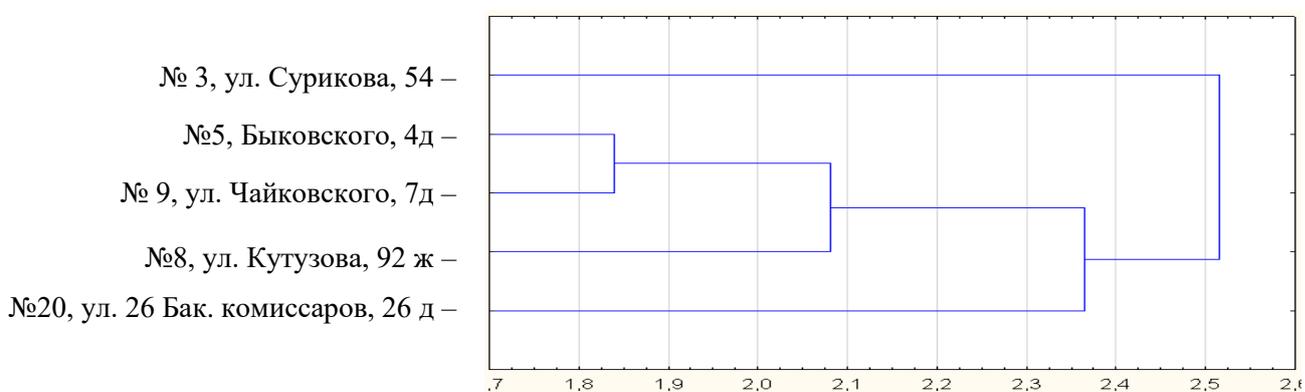


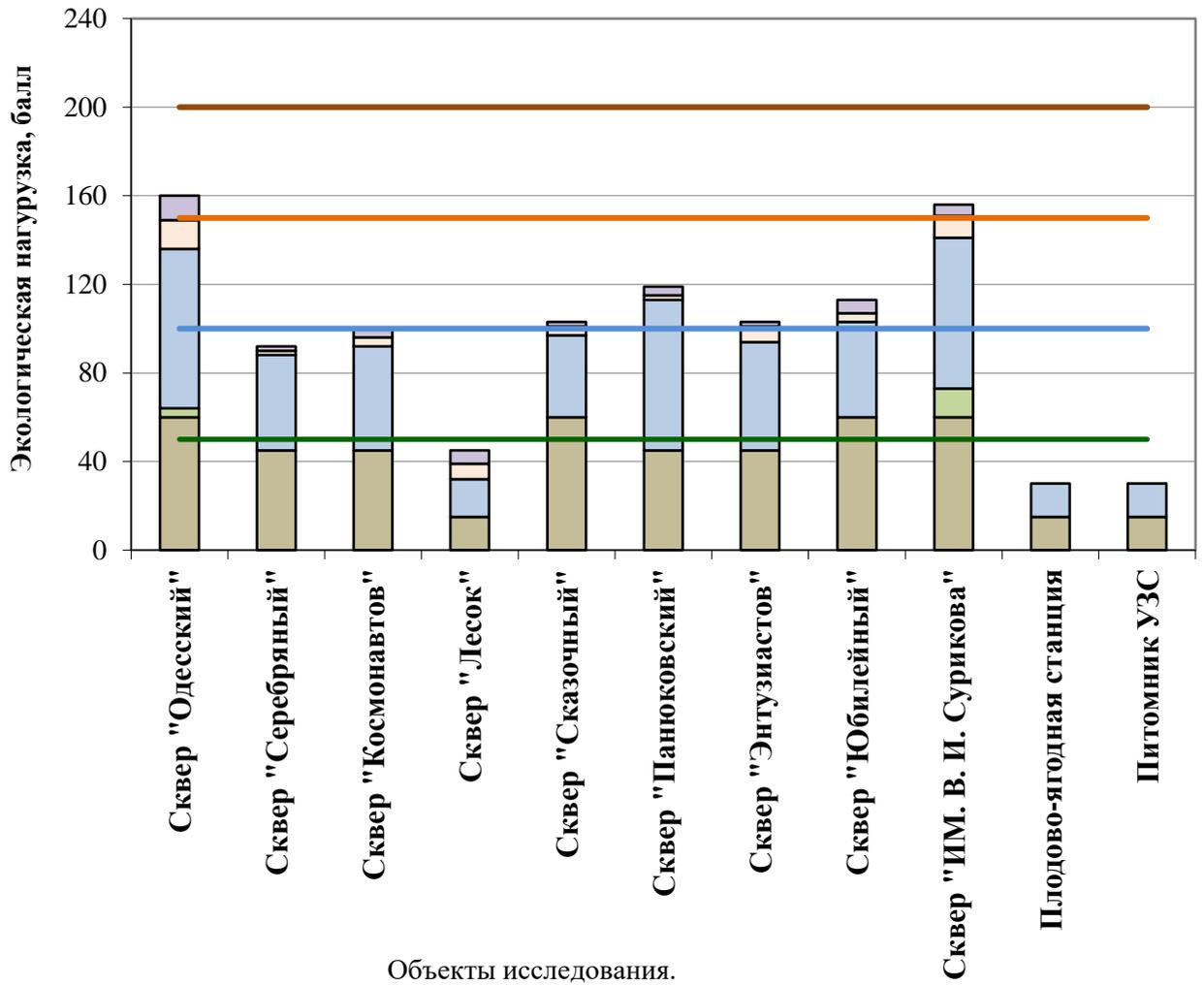
Рисунок 3.22 - Группировка постов наблюдения по схожести аэротехногенной нагрузки на рост древесной растительности

Группировка данных по сложности аэротехногенной нагрузки и схожести ее влияния на древесную растительность расставила посты наблюдения по возрастанию техногенных воздействий в следующем порядке: посты на ул. Быковского, и Чайковского, имеют одинаковый уровень, далее посты - по ул. Кутузова, 26 Бакинских комиссаров и по ул. Сурикова, на котором зарегистрирован максимальный уровень загрязнения атмосферного воздуха.

3.5 Интегральная оценка состояния фитосреды на объектах озеленения г. Красноярска

Оценка условий произрастания березы повислой и липы мелколистной на объектах озеленения проводилось на основе анализа техногенных, рекреационных, автотранспортных и градостроительных нагрузок, в соответствии с методикой «Интегральная оценка состояния фитосреды на локальном уровне». Результаты оценки представлены на рисунке 3.23 и таблице 3.6.

Полученные данные позволяют классифицировать территории с учетом изменения условий произрастания растений. В результате анализа полученных данных на территории города Красноярска можно выделить четыре типа условий произрастания растений: удовлетворительный, напряженный, конфликтный и критический. Анализ показал, что на обследованных объектах наибольший вклад в экологическую нагрузку вносит автотранспорт. Следующими по негативному воздействию, факторами являются техногенные нагрузки от стационарных источников загрязнения (промышленные предприятия), меньший вклад вносят рекреационные, градостроительные и ландшафтные условия.



Экологические факторы, влияющие на изменения фитисреды

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

Рисунок 3.23 – Интегральная оценка состояния фитисреды на объектах озеленения г. Красноярск

Таблица 3.6 - Интегральная оценка состояния фитосреды на объектах озеленения г. Красноярска

Раздел экологии	Факторы экологического состояния городской среды	Сквер "Одесский"	Сквер "Серебряный"	Сквер "Космонавтов"	Сквер "Лесок"	Сквер "Сказочный"	Сквер "Панюковский"	Сквер "Энтузиастов"	Сквер "Юбилейный"	Сквер "ИМ. В. И. Сурикова"	Плодово-ягодная станция	Питомник УЗС
Ландшафтная	Ландшафтные	4	0	0	0	0	0	0	0	13		
Урбоэкология	Техногенные (фоновое состояние среды)	60	45	45	15	60	45	45	60	60	15	15
	Автотранспортные	72	43	47	17	37	68	49	43	68	15	15
	Градостроительные	13	2	4	7	4	2	7	4	10	0	0
	Рекреационные	11	2	4	6	2	4	2	6	5	0	0
Итого		160	92	100	45	103	119	103	113	156	30	30
Оценка местопроизрастания растений	Тип градорастительных условий	IV - критический	II - напряженный	II - напряженный	I - удовлетворительный	III - конфликтный	III - конфликтный	III - конфликтный	III - конфликтный	IV - критический	I - удовлетворительный	I - удовлетворительный

Таким образом, в 2-х объектах (скверы «Одесский» и «Сурикова») из 11 растения произрастают в критических условиях произрастания, в 4-х (скверы «Панюковский», «Сказочный», «Энтузиастов», «Юбилейный») – в конфликтных, в 2-х (скверы «Серебряный» и «Космонавтов») – в напряженных и в 3-х (сквер «Лесок», плодово-ягодная станция, питомник «УЗС») – в удовлетворительных. Полученные данные позволили объединить насаждения в обобщение группы по сходству влияния факторов среды, результаты оценки положены в основу дальнейших исследований.

Выводы по главе

1. Микроклиматические условия г. Красноярска значительно изменяются по территории города и достоверно отличаются от пригородных территорий, что связано с неоднородностью рельефа, плотностью застройки, качественными и количественными характеристиками озелененных пространств. Наиболее изменчивыми в условиях городской застройки является ветровой режим: изменяется как скорость, так и направление ветра, что в значительной степени сказывается на уровне аэротехногенного загрязнения.

2. Экологическая ниша березы повислой соответствует климатическим параметрам ландшафтных зон города и его окрестностей. Лимитирующими факторами для роста липы мелколистной выступают режимы сочетания температуры и влажности. Подбор ассортимента древесных растений по степени соответствия ресурсов среды с параметрами их экологических ниш позволит подобрать растения, наиболее соответствующие условиям среды, а также скорректировать технологии по уходу за ними.

3. За последние 10 лет уровень загрязнения воздуха в г. Красноярске характеризуется как «очень высокий». Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ для населения и растительности существенно различаются (по некоторым веществам до 40 раз). При этом различия уровней аэротехногенных нагрузок достоверно различаются в разных районах города

составляют до 50 % и в 2,5 раза «фоновый» уровень (по данным МТС Красноярск. Опытное поле). Наиболее опасным для растений и вносящий наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха города Красноярска является диоксид азота.

4. В результате анализа полученных данных на территории города Красноярска выделено четыре типа условий произрастания растений: удовлетворительный, напряженный, конфликтный и критический. Полученные данные позволили объединить насаждения в обобщение группы по сходству влияния факторов среды, результаты оценки положены в основу дальнейших исследований.

4 ИНВЕНТАРИЗАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ГОРОДСКИХ ОБЪЕКТОВ ОЗЕЛЕНЕНИЯ

Мониторинг объектов озеленения – это система оперативного контроля за нарушением их устойчивости, повреждением вредителями, поражением болезнями и другими природными и антропогенными факторами среды, а также система слежения за динамикой этих процессов, обеспечивающая раннее выявление неблагоприятного состояния насаждений, оценку и прогноз развития экологически неблагоприятных ситуаций, получение достоверной информации о нежелательных изменениях природы под влиянием антропогенного воздействия и материалов для обоснования и принятия своевременных законодательных, управленческих, хозяйственных, технологических и других решений, выбора оптимальных вариантов стратегии и тактики защитных и природоохранных мероприятий и обеспечения рациональной и экологически обоснованной деятельности системы городского хозяйства с использованием эколого-экономических критериев и с учетом средообразующих функций и целевого назначения насаждений [Информационно-аналитическая система..., 2015, Якубов, 2005, Авдеева, Черникова, 2021].

Технологической основой мониторинга состояния городских объектов озеленения является сочетание биологических и технических методов получения информации с применением выборочных методов исследования и система обработки, анализа и хранения информации с использованием тематических и картографических банков данных и иерархически соподчиненных, взаимосвязанных, адекватно отражающих наблюдаемую в городе экологическую ситуацию показателей [Информационно-аналитическая система..., 2015, Авдеева, Черникова, 2021].

Периодическая фиксация состояния объектов озеленения и сравнительный анализ современных материалов с предшествующими позволяют оценить динамику состояния изучаемых объектов, изменения качества и количества

древесных растений, а также установить причины происходящих процессов. На основании этого, для каждого исследуемого объекта озеленения, составлен экологический паспорт, в котором отражены следующие характеристики: категория объекта по функциональному назначению, значимость в структуре города, месторасположение, площадь, периметр, видовой состав древесных растений, их жизненное состояние, тип условий произрастания на объекте. Далее представлен фрагмент паспорта сквера «Космонавтов».

Фрагмент экологического паспорта Сквер «Космонавтов»

1 Общие характеристики объекта

Наименование объекта: *сквер «Космонавтов»*

Категория объекта по функциональному назначению: *общего пользования*

Значимость объекта: *объект районного значения*

Дата обследования объекта: *апрель 2018 г.*

“Адрес” объекта:

- Административный район города: *Советский*
- Адрес объекта (ориентиры): *пр. Metallургов, 27*

Общая площадь объекта: *69648 м²*

2 Ситуационный план



Рисунок 4.1 – Ситуационный план сквера «Космонавтов»

3 Баланс территории объекта

Периметр объекта: *1336 м*

Общая площадь объекта: *69648 м² (6,96 га)*

Индекс пространственной формы объекта: *1,43*

Вывод: *пространственная форма объекта способствует снижению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости зеленых насаждений – очень низкая экологическая устойчивость озелененных территорий из-за незащищенности внутренних пространств объекта - узкая линейная.*

Тип условий произрастания растений – *напряженный.*

4 Количественные показатели озелененности объекта

Количество древесных растений на объекте

- Деревьев – *830 шт.*
- Кустарников – *858 шт.*

5 Оценка жизненного состояния насаждений на объекте озеленения -

индекс жизненного состояния насаждений сквера «Космонавтов» составляет 81,6% и состояние растений оценивается как «здоровые».

6 Видовой состав растений



Рисунок 4.2 – Видовой состав растений

7 Жизненное состояние древесных растений на объекте озеленения

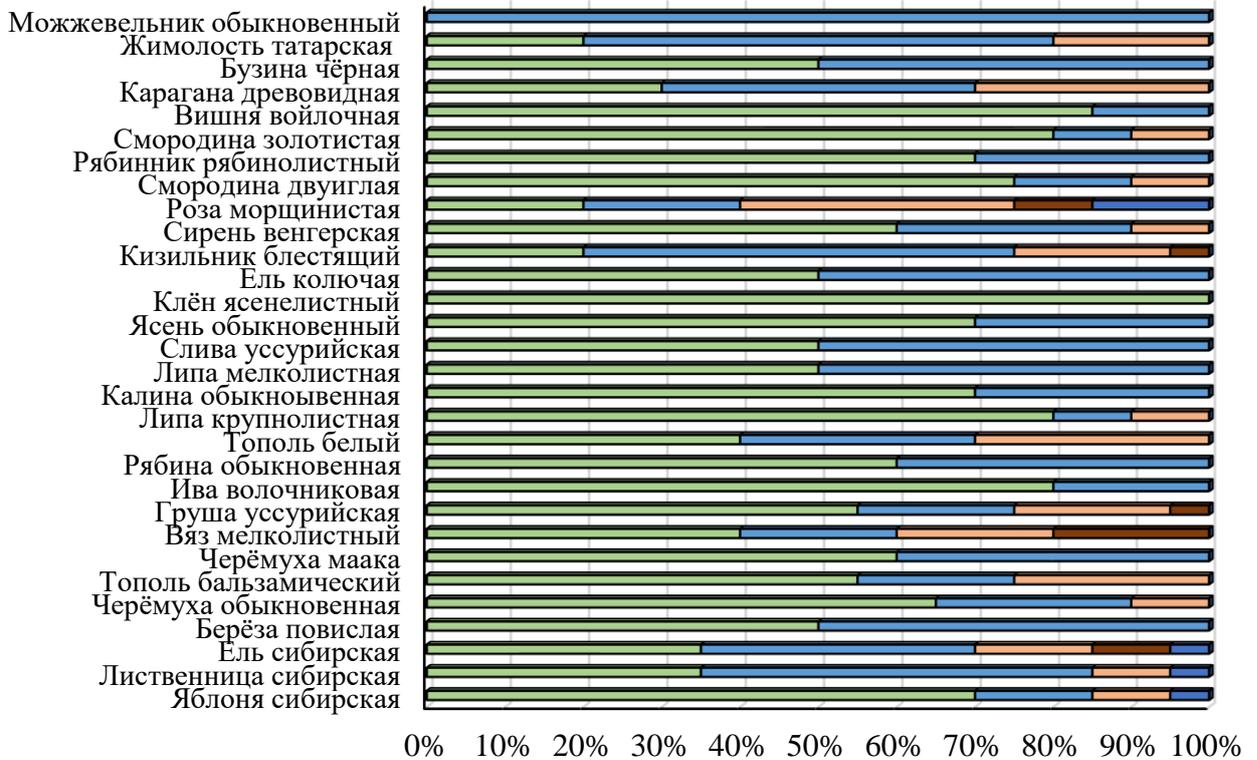


Рисунок 4.3 – Жизненное состояние растений

Фрагменты экологических паспортов других исследуемых объектов озеленения представлены в приложении Д.

Анализ экологических паспортов исследуемых скверов показал, что:

- все представленные скверы являются объектами озеленения общего пользования и относятся к объектам районного значения;
- площади данных скверов находятся в пределах от 0,81 до 2,95 га, за исключением сквера «Космонавтов», площадь которого составляет 6,96 га. При этом установлено, что в скверах площадью до трех гектаров зона комфортной среды может составлять только 9%, на объектах озеленения площадью от 7 до 20 га - до 30% при условии компактности территорий [Краснощекова, 1974], таким образом, в сквере «Одесский» зона комфорта отсутствует, т.к. имеет вытянутую форму и расположен вдоль проезжей части автодороги с интенсивным движением с грузовым автотранспортом, сквер «Лесок» – наоборот, при незначительных размерах расположен в жилой зоне вдали от автомагистралей, и практически 100% его территории является комфортной для отдыхающих, наибольшую площадь комфорта имеет сквер «Космонавтов», в связи с большой территорией и удаленности основной его части от автодороги (рисунок 4.4);

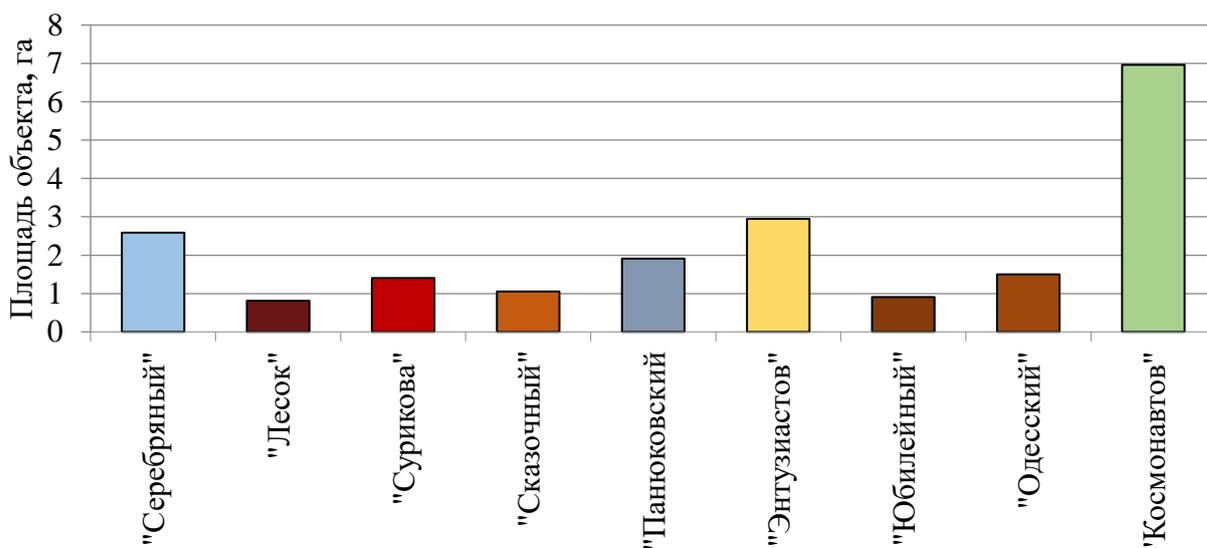


Рисунок 4.4 - Пространственная форма исследуемых объектов озеленения

- пространственная форма объектов достаточно компактная, в

четырёх скверах из девяти индекс кругообразности находится в пределах от 1,1 до 1,20, это означает, что пространственная форма объекта является экологически эффективной, т.е. способствует повышению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости насаждений на данной территории. В двух скверах «Лесок» и «Панюковский» индекс пространственной формы находится в пределах от 1,21 до 1,40 – пространственная форма объекта способствует снижению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости зеленых насаждений. В трёх скверах («Юбилейный», «Одесский» и «Космонавтов») - от 1,41 и более – очень низкая экологическая устойчивость озелененных территорий из-за незащищенности внутренних пространств объекта (узкая линейная форма объекта) (рисунок 4.5);

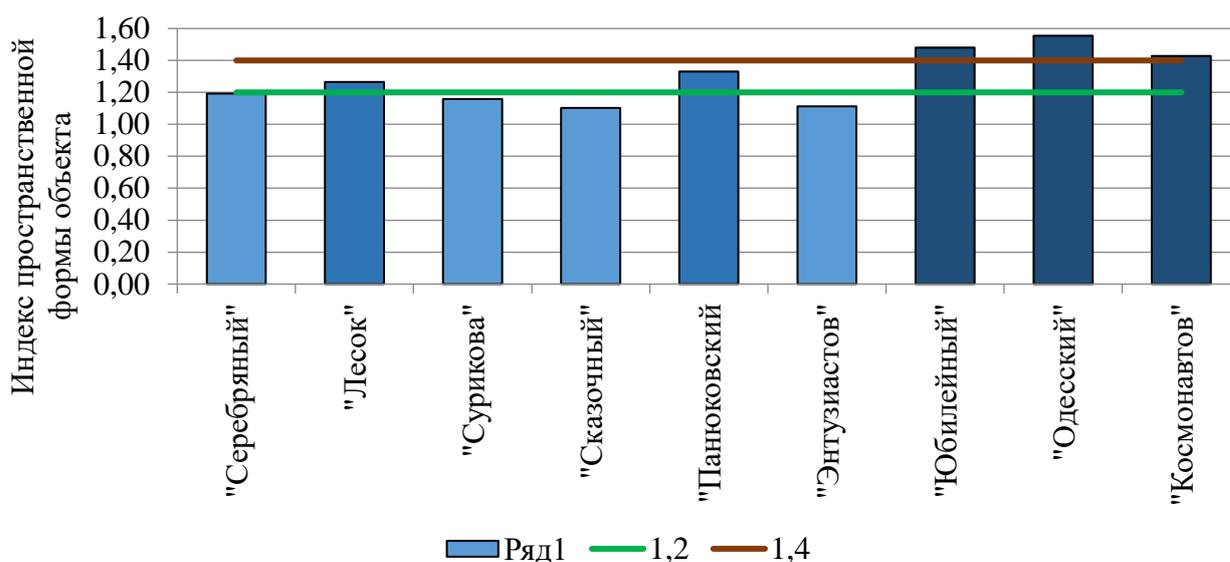


Рисунок 4.5 – Пространственная форма объектов

- биоразнообразие насаждений определяется количеством видов древесных растений и разнообразием растительных группировок (однорядные посадки, аллеи, куртины и т.п.). В изучаемых скверах их количество значительно варьирует и по мере приближения к центральной части города увеличивается: от семи (сквер «Сказочный») до тридцати (сквер «Космонавтов») видов растений и от трех до шести типов насаждений (рисунок 4.6);

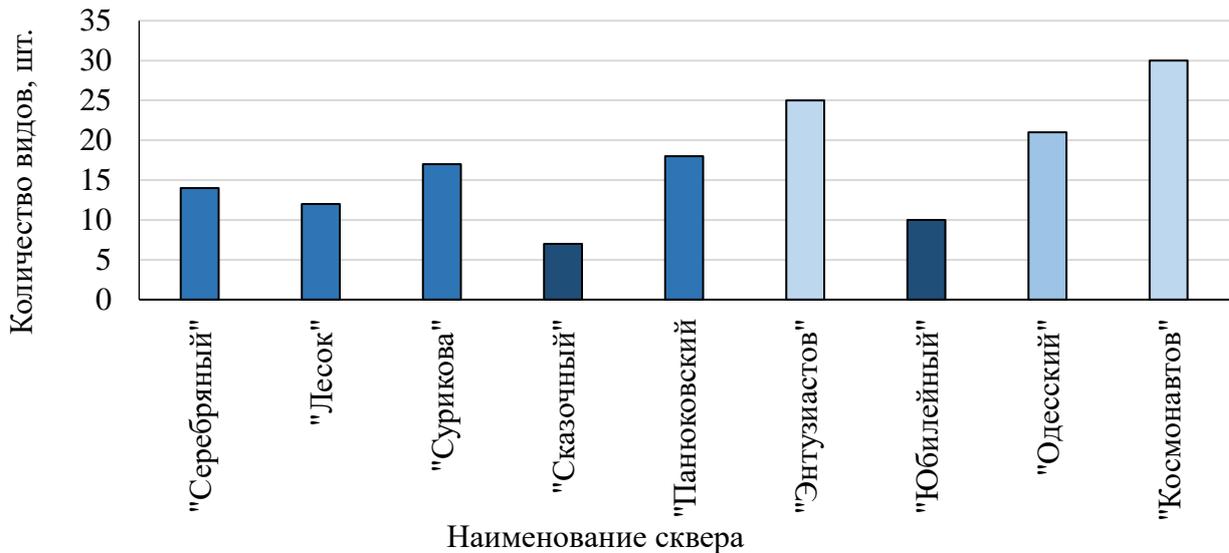


Рисунок 4.6 - Видовое разнообразие растений на исследуемых объектах озеленения

- на всех объектах озеленения встречаются такие виды как: береза повислая, ель сибирская, лиственница сибирская, яблоня сибирская, есть виды, которые встречаются только на одном объекте пузыреплодник калинолистный (сквер «Юбилейный»), орех маньчжурский (сквер «Энтузиастов») и т.д., встречаемость видов представлена в таблице приложения Г.1;

- в ассортименте древесных растений всех исследуемых скверов представлена береза повислая, липа мелколистная отсутствует в скверах «Серебряный» и «Юбилейный». Доля участия березы повислой выше, чем липы мелколистной в насаждениях данных скверов и изменяется от средней до очень высокой, составляет от 0,6 до 45 % (сквер «Юбилейный») (рисунок 4.7);

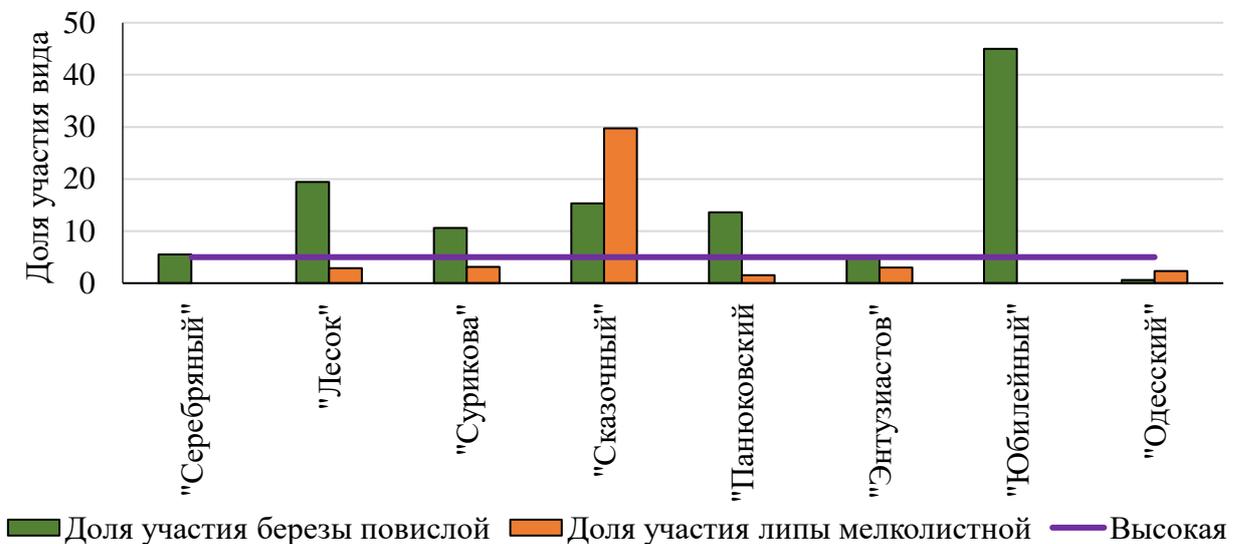


Рисунок 4.7 - Доля участия березы повислой и липы мелколистной на исследуемых объектах озеленения

• жизненное состояние березы повислой и липы мелколистной изменяется от «отличного» до «крайне неудовлетворительного». Наибольшее количество деревьев березы повислой «отличного» состояния - 88 % произрастает в сквере «Энтузиастов», «неудовлетворительного» состояния - 47 % отмечено в сквере «им. В. И. Сурикова». Максимальное количество - 91 % деревьев липы мелколистной «отличного» состояния отмечено в сквере «Энтузиастов», «неудовлетворительного» - 26 % в «им. В. И. Сурикова» (рисунок 4.8 – 4.9).

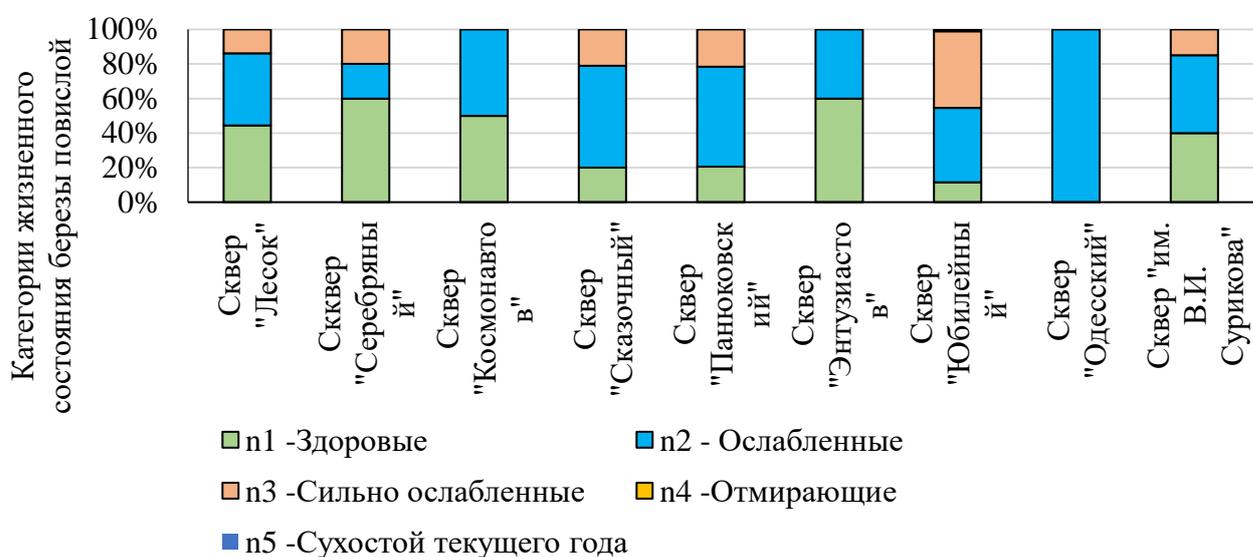


Рисунок 4.8 - Жизненное состояние березы повислой

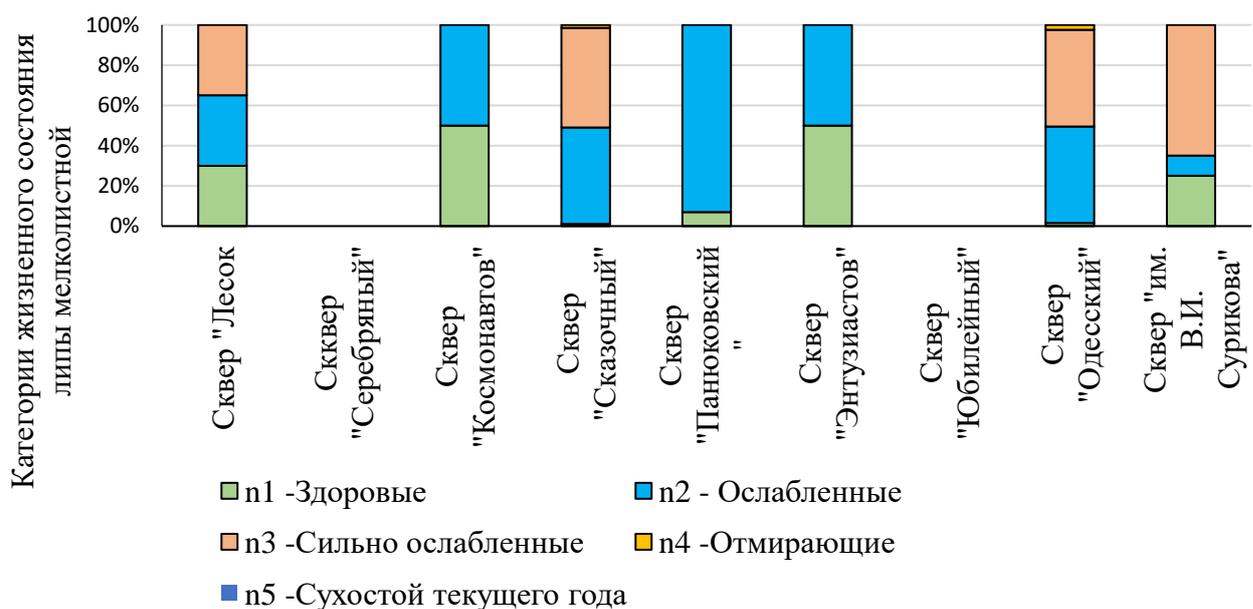


Рисунок 4.9 - Жизненное состояние липы мелколистной

Климатические характеристики, техногенные нагрузки, планировочные параметры и ассортимент древесных растений объектов исследования, жизненное состояние березы повислой и липы мелколистной представлены в приложении Е.

Выводы по главе

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

2. В изучаемых скверах биоразнообразии насаждений значительно варьирует и по мере приближения к центральной части города увеличивается: от семи в сквере «Сказочный» до тридцати в сквере «Космонавтов» видов растений и от трех до шести типов насаждений.

3. В ассортименте древесных растений всех исследуемых скверов представлена береза повислая, липа мелколистная отсутствует в скверах «Серебряный» и «Юбилейный». Доля участия березы повислой выше, чем липы мелколистной в насаждениях данных скверов и изменяется от «средней» до «очень высокой», составляет от 0,6 до 45 %.

4. Результаты исследований показали, что в зависимости от сложившихся условий в городской среде исследуемые насаждения одинаковым

календарном возрасте имеют различный внешний облик, отражающий жизненное состояние растений. Жизненное состояние березы повислой и липы мелколистной изменяется от «отличного» до «крайне неудовлетворительного». Наибольшее количество деревьев березы повислой состояние которых оценивается как «здоровые» - 88 % произрастает в сквере «Серебряный», «ослабленного» состояния отмечено в сквере «им. В.И. Сурикова» - 47 %, «Одесский» - 100 %. Максимальное количество «здоровых» деревьев липы мелколистной - 50 % отмечено в сквере «Космонавтов», «ослабленных» - до 90 % в сквере «Панюковский», в скверах «Сказочный» и «Одесский» нет «здоровых» экземпляров.

5. Полученные результаты положены в основу дальнейших исследований.

5 ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ И ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ В СКВЕРАХ

Г. КРАСНОЯРСКА

5.1 Изменчивость биометрических параметров исследуемых видов

Древесные растения одного вида, произрастающие в под воздействием различных уровней техногенной нагрузки по внешним признакам отличаются между собой и растениями данных видов естественных мест обитания. Исследования ряда авторов показали, что рост и продуктивность насаждений зависят как от генетического потенциала посадочного материала, так и условий произрастания. Рост как процесс не прерывается в течение жизни растений, но под влиянием внешних факторов изменяются его формы и скорость. Визуализация динамики возрастных состояний березы повислой и липы мелколистной, произрастающие в скверах г. Красноярск представлены на рисунках 5.1 – 5.4.

Установить степень воздействия факторов городской среды позволяют исследования биометрических параметров древесных растений. В ходе статистической обработки полевых материалов установлено, что разница между средними значениями высот исследуемых видов в удовлетворительных и напряженных условиях произрастания, а также в конфликтных и критических не является достоверно значимой. На основании этого выборки для удовлетворительных и напряженных условий, а также конфликтных и критических объединены и построены обобщенные графики роста по высоте для каждого исследуемого вида.

Рост по высоте описывается уравнением Мичерлиха. Коэффициенты уравнений и параметры их оценки получены с использованием стандартных программ нелинейного регрессионного анализа в программе «Statistica 10.0», подтверждают достоверность выбранного метода (таблица 5.1, рисунки 5.5 – 5.6).

Тип условий произрастания удовлетворительный - напряженный			
Возрастное состояние			
v	g ₁	g ₂	g ₃
конфликтный - критический			

Рисунок 5.1 - Визуализация динамики возрастных состояний березы повислой в период покоя

Тип условий произрастания удовлетворительный - напряженный			
Возрастное состояние			
v	g1	g2	g3
конфликтный - критический			

Рисунок 5.2 - Визуализация динамики возрастных состояний березы повислой в вегетационный период

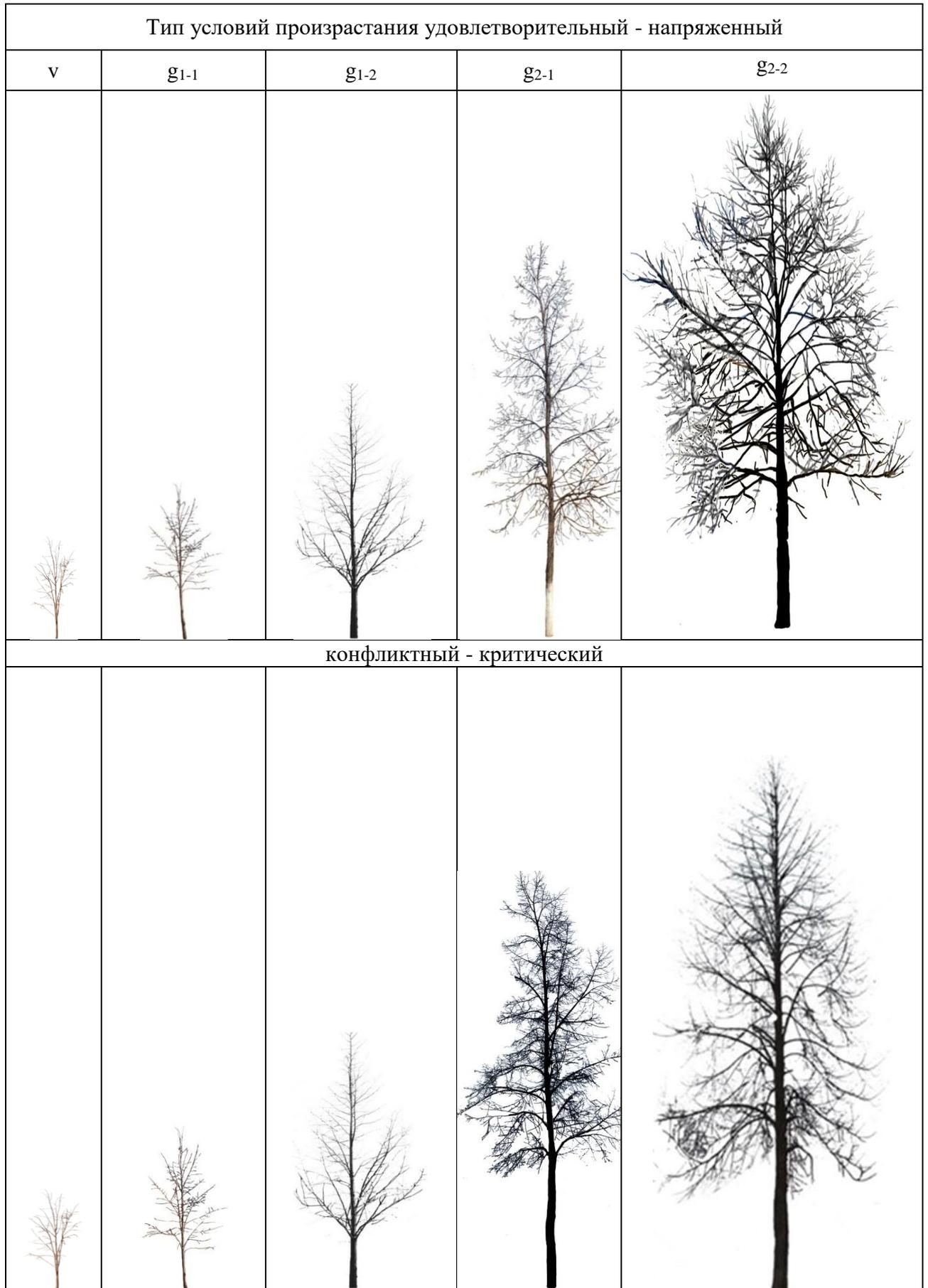


Рисунок 5.3 - Визуализация динамики возрастных состояний липы мелколистной в период покоя

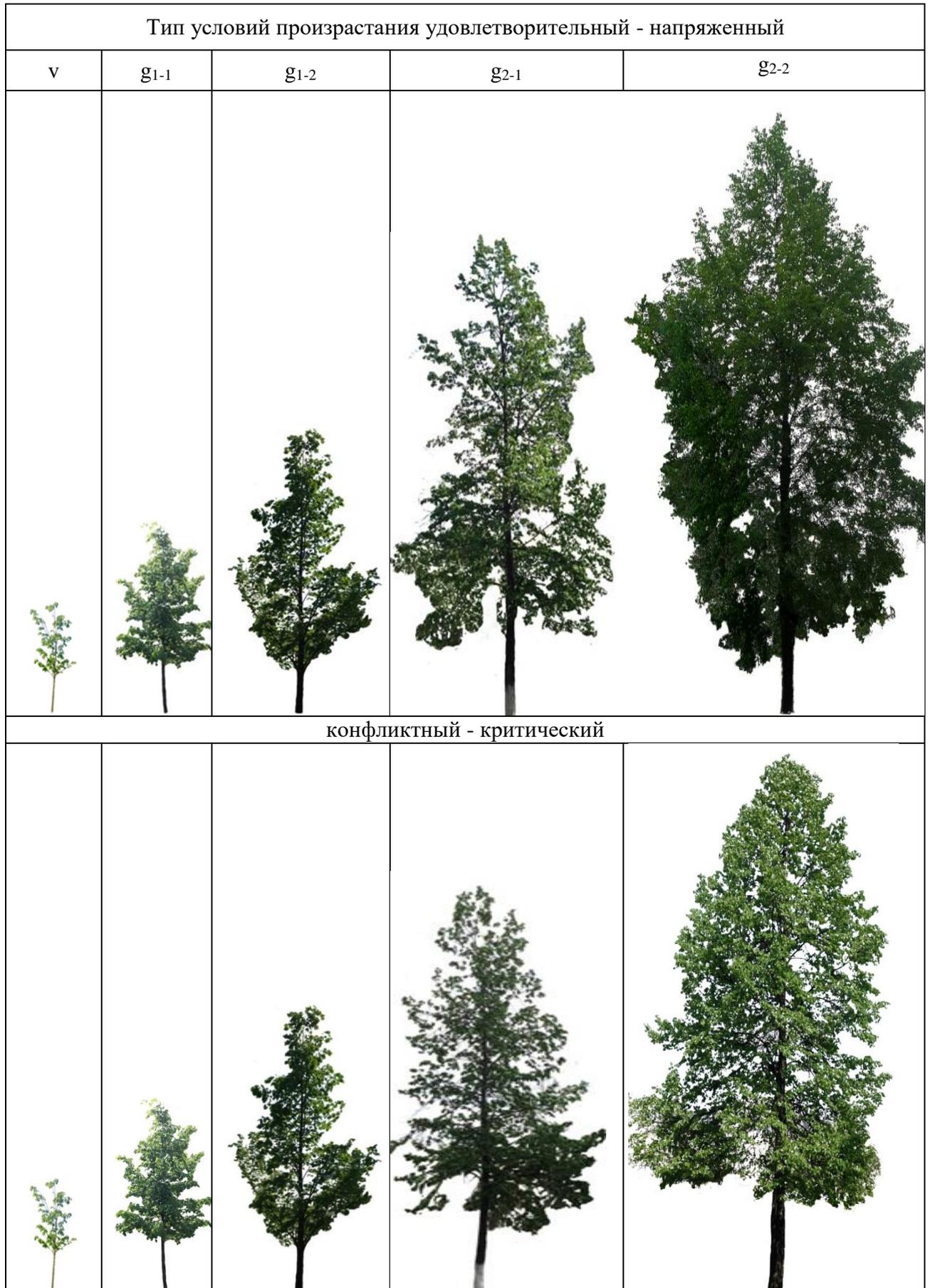


Рисунок 5.4 - Визуализация динамики возрастных состояний липы мелколистной вегетационный период

Таблица 5.1 - Коэффициенты уравнения и критерии их оценки

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

R^2 – коэффициент детерминации, F – критерий Фишера

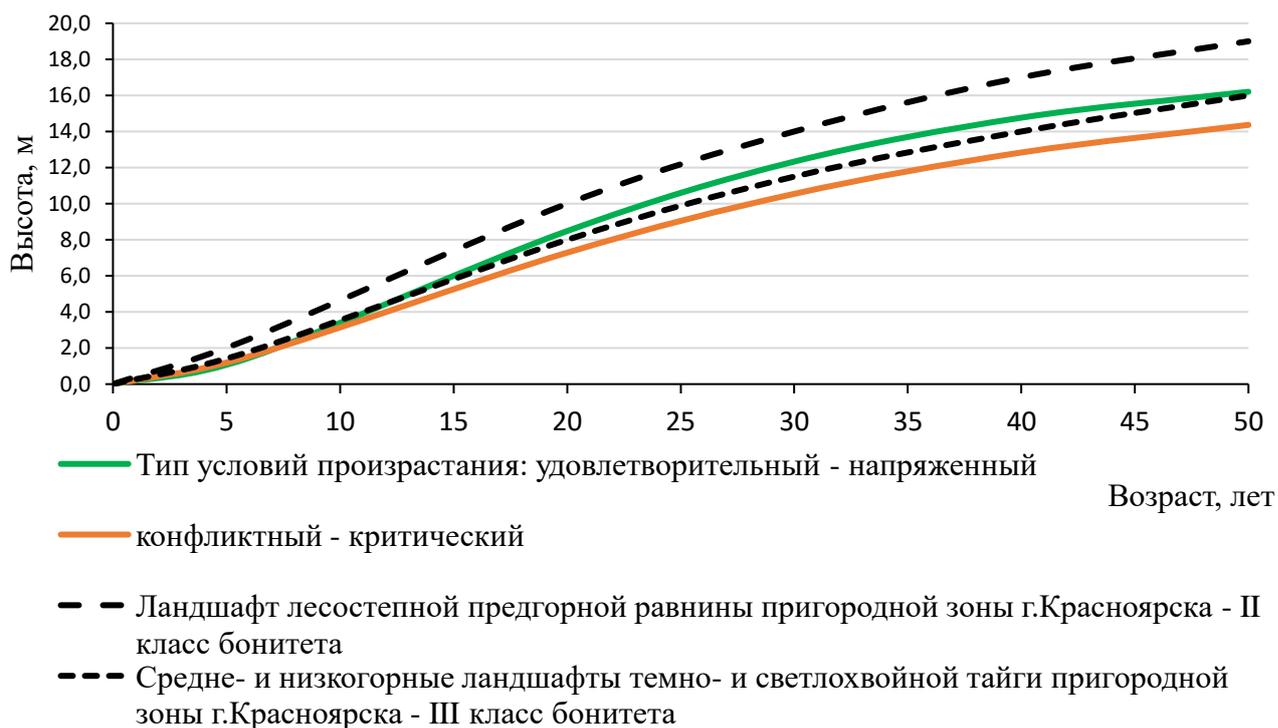


Рисунок 5.5 - Рост березы повислой по высоте в скверах г. Красноярска

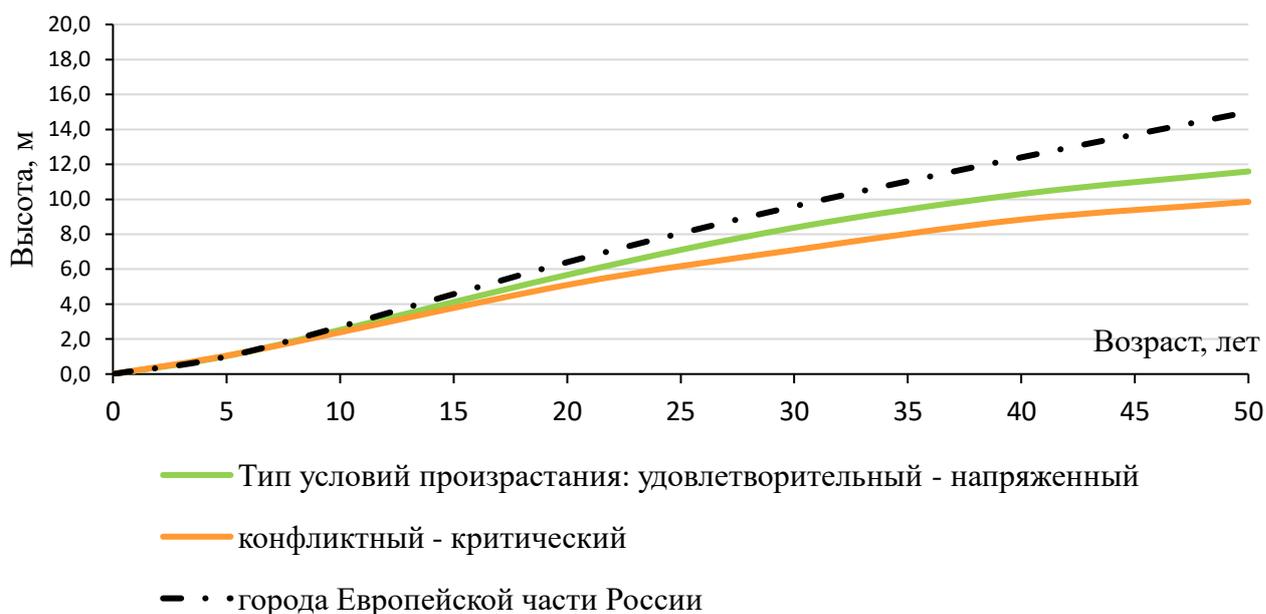


Рисунок 5.6 - Рост липы мелколистной по высоте в скверах г. Красноярска

В лесостепной части пригородной зоны для березы преобладающим является II класс бонитета. В зоне темнохвойной и светлохвойной тайги, также расположенной в зеленой зоне г. Красноярска, наиболее распространенными являются древостои III класса бонитета. На основании данных бонитетной шкалы для семенных древостоев построены графики зависимости высоты насаждений от возраста для II и III классов бонитета [Авдеева 2007]. Из литературных источников получены данные о возрастных изменениях высот деревьев исследуемых пород в условиях среды городов Украины и Европейской части России [Городков, 2000].

Характер роста в высоту определяется обобщенным влиянием природных и антропогенных факторов, следовательно, тип роста по высоте является индикатором, отражающим условия произрастания. Сравнительный анализ роста деревьев по высоте показал, что:

- до 20-летнего возраста условия произрастания не оказывают существенного влияния на морфологическое развитие обоих видов, в дальнейшем в темпах роста по высоте выделено 2 типа для каждого вида. Амплитуда изменения значений по высоте деревьев в возрасте 50 лет для березы составляет 1,84 м, для липы – 1,74 м. Интервал между кривыми роста составляет 11,3 % – для березы, 15,01 % – для липы, что отвечает требованиям суммарной точности группировки рядов по типам роста;

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

- наложение графиков зависимости высоты деревьев березы повислой от возраста, произрастающих в естественных и городских условиях, показало, что высота посадок березы повислой, растущих в городской среде в удовлетворительных-напряженных условиях, к 50-летнему возрасту соответствует данному показателю у деревьев, растущих в естественных насаждениях III класса бонитета. В посадках, растущих в конфликтных-

критических условиях, потери по высоте к 50-летнему возрасту составляют до 10,2 % относительно данного показателя естественных насаждений III класса бонитета (преобладающего в зоне темнохвойной и светлохвойной тайги пригородной зоны г. Красноярск);

- так как липа мелколистная для условий г. Красноярск является видом-интродуцентом, сравнение показателей роста проведено с показателями ее роста в городах Европейской части России. В условиях г. Красноярск наблюдается отставание роста липы по высоте до 22,7 % в удовлетворительных - напряженных условиях произрастания и до 34,3 % в конфликтных - критических условиях по сравнению ростом по высоте в городах Европейской части России.

Полученные результаты позволили составить ряды хода роста исследуемых видов по типам условий произрастания (таблица 5.2) в урбанизированной среде крупного промышленного центра г. Красноярск.

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

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

Установлено, что возраст, при котором деревья исследуемых видов в городских питомниках достигают высоты 1,3 м, в среднем составляет 6 лет. При построении зависимостей роста по диаметру использовалась группировка насаждений по условиям местопроизрастания, полученная в ходе анализа

данных по высоте. Зависимости роста по диаметру представлены на графиках (рисунок 5.7). Коэффициенты и параметры уравнения роста по диаметру ствола для исследуемых видов представлены в таблице 5.3.

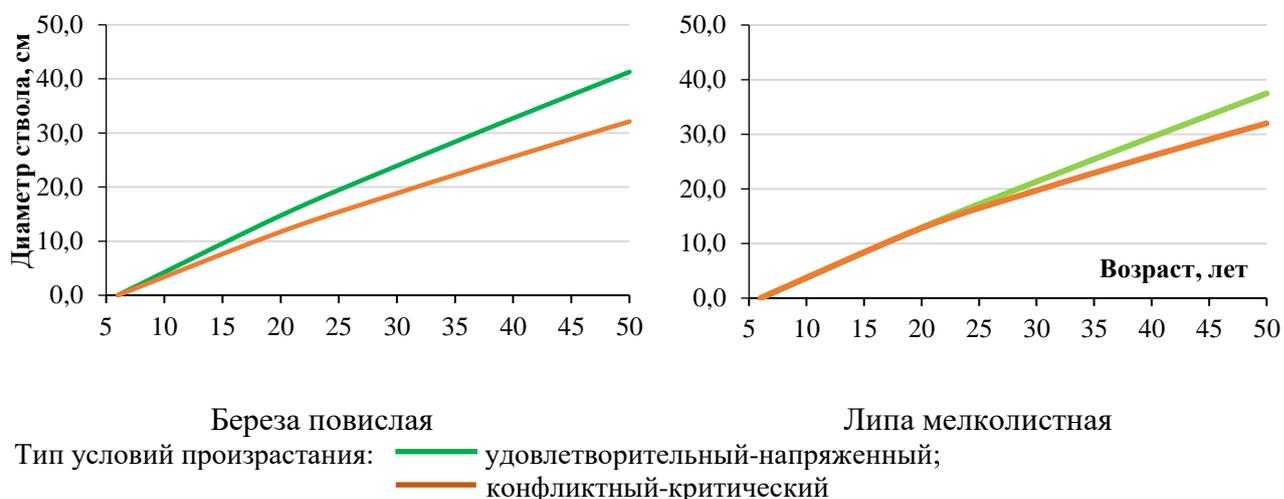


Рисунок 5.7 – Рост исследуемых видов по диаметру ствола

Таблица 5.3 - Коэффициенты уравнения и критерии их оценки

Тип условий произрастания	Береза повислая				Липа мелколистная			
	Коэффициенты уравнения		Критерии оценки		Коэффициенты уравнения		Критерии оценки	
	b_1	b_2	R^2	F	b_1	b_2	R_2	F
Удовлетворительный-напряженный	1,37	0,90	0,873	261	1,11	0,95	0,971	937
Конфликтный-критический	1,15	0,88	0,922	922	1,55	0,811	0,880	645

Анализ результатов исследований показал, что максимальных диаметров ствола достигают деревья, произрастающие в удовлетворительных условиях, при увеличении техногенных нагрузок наблюдается снижение размеров диаметров, к 50 годам оно составляет: для березы – 35%, липы – 19%, при этом существенных различий между исследуемыми видами по диаметру ствола деревьев, произрастающих в конфликтных-критических условиях, не проявляется.

Вертикальная структура березы повислой и липы мелколистной в городских посадках. Эстетичность растений и эффективность выполнения зелеными насаждениями полезных функций в условиях городской среды зависит

от выбора растений, экологические свойства и пространственная структура которых адекватны условиям произрастания.

Внешний облик каждого вида имеет свой стиль и характер, форму и строение, окраску в ходе роста и по сезонам года. При этом индивидуальный облик дерева складывается в результате двух факторов: во-первых, его ботанического вида, чем обуславливается тенденция принимать и сохранять определенную форму и, во-вторых, влияния окружающей среды: климатических, почвенных, пространственных и техногенных условий. У видов, сформировавшихся в среде, параметры которой близки к характеристикам природной экологической ниши растений, наилучшим образом проявляются их декоративные качества.

Исследование состояния роста и развития древесной растительности, в условиях городской среды, должны сочетать количественные и качественные критерии. Большинство исследователей рост дерева связывает с изменением размеров крон или величиной фотосинтезирующего аппарата растения, в зависимости от количества, качества и характера размещения которого в пространстве находится продуктивность насаждения и, следовательно, с наибольшей силой проявляется его функциональный потенциал, эстетичность растений и насаждений. Исследования ряда авторов показывают, что при изучении динамики насаждений особое место необходимо уделять изменению форм и размеров крон, их взаимосвязям с характеристиками среды обитания [Ли, Фенжи, 1998].

При этом рост и развитие деревьев, произрастающих в условиях городской среды, существенно отличаются даже в пределах одного населенного пункта. Растения в основном и не достигают потенциально возможных для данной местности размеров, в ряде случаев не вступают в фазу плодоношения, их кроны носят следы перевершинивания, проявляется суховершинность, часть кроны отмирает в молодом возрасте, снижаются декоративность, продуктивность насаждений и функциональный потенциал растений.

Внешний облик дерева, формирующегося в городских насаждениях, зависит от условий произрастания, которые сложились на озелененных территориях городов. Габитус саженцев или молодых деревьев формируется в условиях питомников и в этот период развития закладывается форма кроны, которая в конечном счете зависит от этапа онтогенеза. С возрастом дерева его внешний облик существенно изменяется под влиянием условий произрастания, что приводит к созданию габитуса растения, характерного для конкретных условий урбосреды.

Архитектура растений определяется структурой кроны, ее размерами, формой, характером ветвления, красотой взаимного расположения ветвей. Архитектура растений – это выражение закономерностей пространственного расположения механических (арматурных) тканей растения в сочетании со строением и свойствами тканей и клеток иного функционального назначения, реализующееся в их эффективном противодействии механическим нагрузкам внешней среды [Словарь ботанических терминов, 1984].

Структура кроны дерева характеризуется освещенной и затененной частями, частью дерева без кроны (штамбом), высотой расположения максимального диаметра кроны. Возрастная динамика вертикальной структуры березы повислой и липы мелколистной, полученная в абсолютных значениях представлена на рисунках 5.8, 5.9.

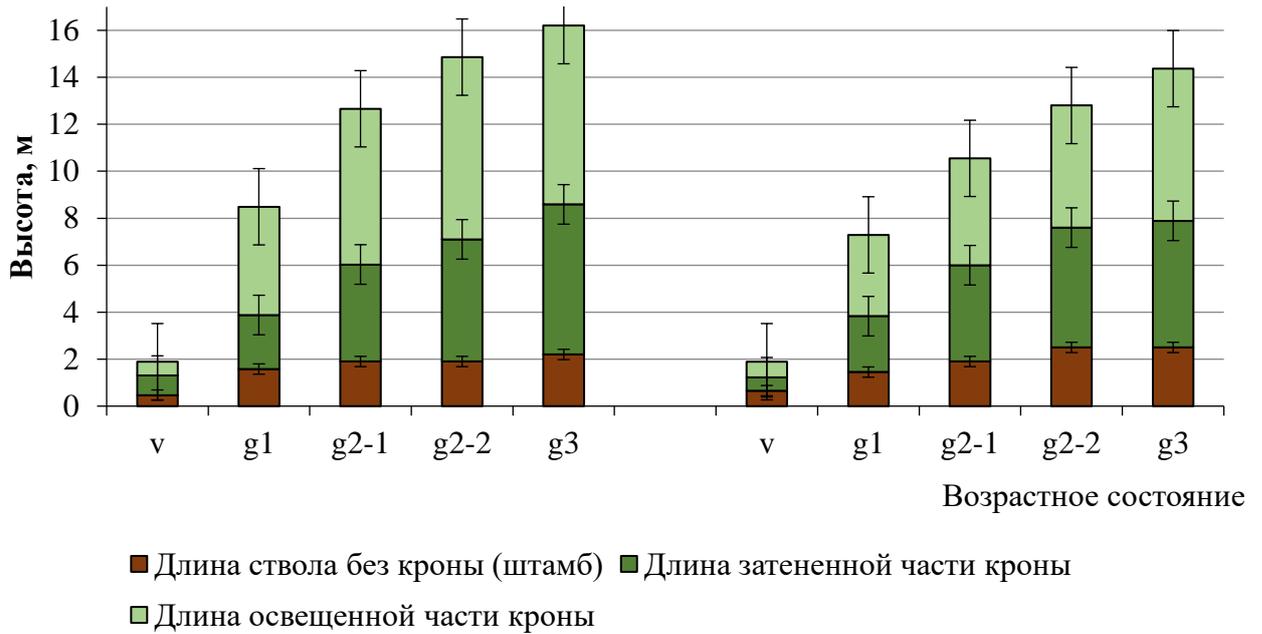


Рисунок 5.8 - Динамика вертикальной структуры березы повислой на объектах озеленения г. Красноярска (в абсолютных значениях)

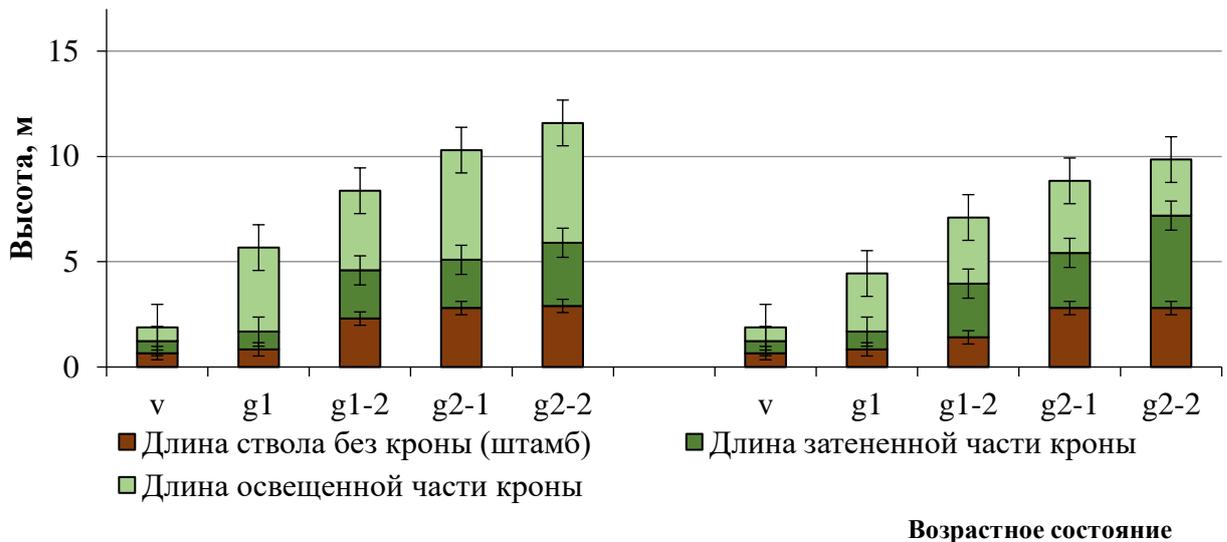


Рисунок 5.9 - Динамика вертикальной структуры липы мелколистной на объектах озеленения г. Красноярска (в абсолютных значениях)

Активность функционирования и качество выполнения экологических функций древесными растениями определяются структурой и размерами крон, продуктивностью насаждений. Установлено, что распределение биомассы листьев и ветвей в кронах деревьев даже одного вида, произрастающих в одинаковых лесорастительных условиях, изменяется в значительном диапазоне.

Для ветвей верхней части крон фотосинтетическая эффективность относительно высока, поскольку листва получает полную солнечную радиацию.

Для нижней части кроны фотосинтетический эффект ниже, так как они затенены верхней частью кроны или соседними деревьями. Часть кроны, которая находится выше уровня смыкания полога и непосредственно влияет на рост и активность выполнения экологических функций насаждениями, является эффективной кроной [Ли Фенжи, 1999].

Для свободно растущих деревьев протяженность эффективной кроны составляет часть от вершины до ее максимального диаметра. Для растений в группе она уменьшается, ее конфигурация изменяется в зависимости от плотности насаждения, при этом снижаются объем ствола и размеры дерева в целом. Установлено, что «чем менее благоприятные условия местообитания и климат, тем большая масса листьев (хвои) требуется, чтобы произвести равную массу древесины», тем больше должны быть размеры эффективной кроны.

Анализ динамики вертикальной структуры исследуемых видов на объектах озеленения г. Красноярска показал, что с возрастанием антропогенных нагрузок значительно снижается протяженность кроны относительно общей высоты дерева. Так длина, наиболее эффективно работающей освещенной части кроны, в возрасте 50 лет в условиях произрастания, которые характеризуются как удовлетворительные составляет 68 % относительно общей высоты дерева, в напряженных – 46 %, в конфликтных – 44 % и критических – 40 %. Изменения биометрических параметров кроны носят адаптивный характер, связаны с уменьшением прироста дерева по диаметру ствола, что обуславливает сокращение прироста ветвей и, соответственно, снижение размеров кроны.

Оценить отношение общей протяженности кроны к общей высоте дерева в условиях городской среды не представляется возможным, так как при уходе за насаждениями проводится обрезка нижних ветвей.

Таким образом, проявляется накопительный эффект от воздействия вредных факторов городской среды. В насаждениях, произрастающих в удовлетворительных условиях со временем дерево воспринимается соразмерно, пропорционально, гармонично, форма кроны соответствует конфигурации в

естественных условиях произрастания. За 40-летний период роста в урбосреде Красноярска происходило увеличение техногенных воздействий в разных районах города, что сказалось на биометрических параметрах растений, произрастающих в напряжённых, конфликтных и критических условиях: абсолютные значения высоты дерева снижены, произошло перераспределение эффективной и неэффективной частей кроны, что к 40 – 50-летнему возрасту отразилось на внешнем облике деревьев.

Внешний облик и размеры деревьев определяют возможности композиционного пространственного размещения растений и их эстетического восприятия на объектах озеленения. На больших расстояниях основную роль играют высота и силуэт дерева, на ближних – большее значение приобретают декоративные детали: листва, хвоя, фактура, цвет коры, рисунок сучьев.

В теории и практике садово-паркового искусства выработались определенные «алгоритмы» проектирования парковых ансамблей на основе принципов динамического развития растений в пространстве и времени, с учетом объективных закономерностей их восприятия. Однако в современной практике проектирование и содержание объектов городского озеленения нередко ведется без учета влияния негативных факторов урбанизированной среды на изменения габитуса отдельных деревьев, благодаря которым определяются силуэт, структура, обрамление, фон и тон пейзажа и даже его «настроение» и, соответственно, на развитие ландшафтных композиций и системы озеленения города в целом. Соответственно оценить эстетические соответствие объекта озеленения в настоящее время и прогнозировать его изменение в возрастной динамике (пространственную структуру, композицию насаждений, пейзажное разнообразие) невозможно, не оценив изменение отдельных элементов, в частности древесных растений в конкретных условиях.

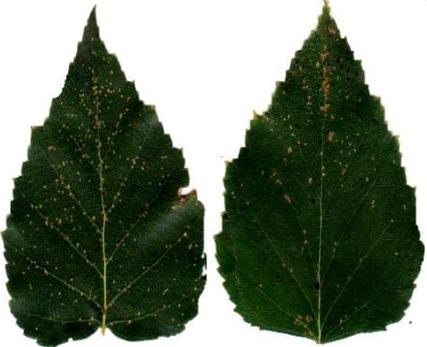
При подборе ассортимента растений для создания и реконструкции объектов озеленения необходимо учитывать их эстетические свойства растительности, которые определяются биологическими и декоративными

особенностями вида, их непрерывного изменения под воздействием фактора времени и трансформацией различными экологическими нагрузками в городах.

5.2 Изменчивость ассимиляционного аппарата исследуемых видов под воздействием факторов среды

Рядом авторов (Баранов, 2003, Багаев, 1988 и др.) установлено, что условия произрастания оказывают влияние на форму листовых пластин и величину ее деформации. Программное обеспечение LeafProg «Анализ листовой пластины древесных растений», позволило рассчитать площадь листовых пластин с точностью до 1 мм². Средние значения и формы листовых пластин березы повислой и липы мелколистной представлены в таблицах 5.4 и 5.5.

Таблица 5.4 – Площадь и конфигурация листовых пластин березы повислой на объектах исследования

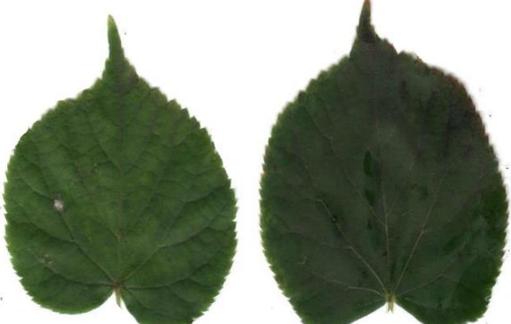
Наименование сквера	Площадь листовой пластины, мм ²	Примеры форм и размеров листовых пластин	Тип и особенности условий произрастания
Плодово-ягодная станция	<u>2248±94,0</u>		Контрольный участок
«Лесок»	<u>2300±69,0</u>		Удовлетворительный, загущенные посадки

«Серебряный»	<u>2356,4±164,9</u>		Напряженный, свободный тип пространственной структуры посадок
«Космонавтов»	<u>2542,2±143,5</u>		Напряженный, солитеры на газоне, хорошее естественное освещение
«Сказочный»	<u>2067,6±144,7</u>		Напряженный, в одном метре от пешеходных дорожек
«Панковский»	<u>2250±234,7</u>		Конфликтный, рядом со стихино-проложенной пешеходной дорожкой, вытаптывание почвы
«Юбилейный»	1955,2±158		Конфликтный, открытое пространство

«Энтузиастов»	2203,6±154,3		Конфликтный, аллейные посадки
«Одесский»	1551,2±139,6		Критический, в затенении от насаждений, в 10 м от проезжей части автомобильной дороги с интенсивным грузовым движением
«им. В.И. Сурикова»	1459±14,9		Критический, рядом с остановкой общественного транспорта, большая доля мощения в сквере, интенсивная реакреционная нагрузка

Таблица 5.5 – Площадь и конфигурация листовых пластин липы мелколистной на объектах исследования

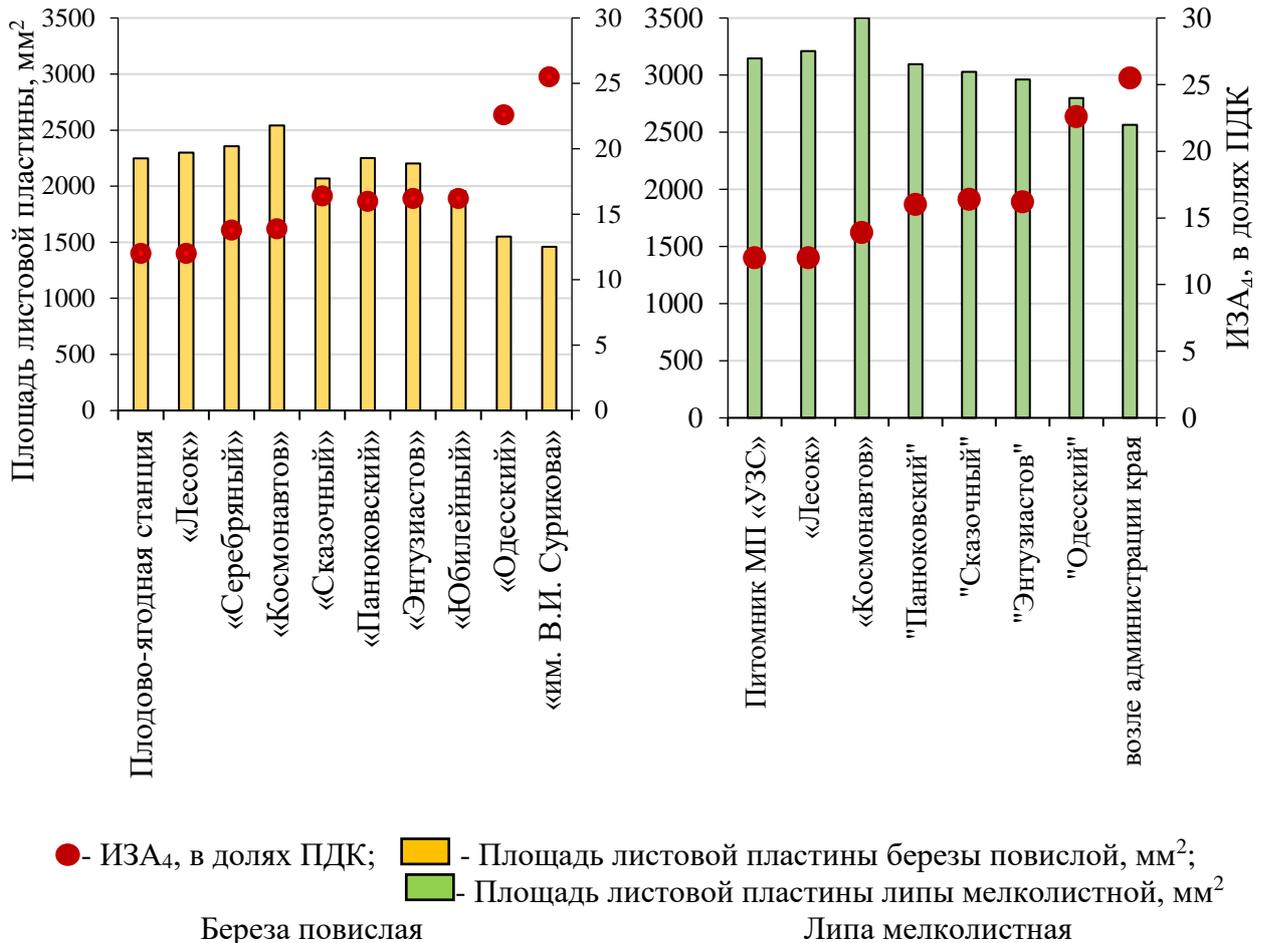
Наименование сквера	Площадь листовой пластины, мм ²	Форма листовых пластин	Особенности условий произрастания, уровень качества среды
Питомник МП «УЗС»	3147±98,4		Контрольный участок

«Лесок»	3211,3±91,5		Удовлетворительное, загущенные посадки
«Космонавтов»	3501,6±151,8		Напряженный, солитеры на газоне, хорошее естественное освещение
«Панюковский»	3096,6±182,0		Конфликтный, рядом со стихино-проложенной пешеходной дорожкой
«Энгузиастов»	2962,2±126,7		Конфликтный, аллеиные посадки
«Сказочный»	3027,7±151,4		Напряженный, в одном метре от пешеходных дорожек

«Одесский»	2800,7±204,82		Критический, в затенении от насаждений
Возле здания администрации края	2564,4±314,1		Критический, рядовые посадки на газоне

Анализ взаимосвязи площади листовых пластин липы березы повислой и мелколистной с уровнем загрязнения атмосферного воздуха и среды показал, что при увеличении антропогенных нагрузок происходит уменьшение размеров листьев.

Максимальное значение площадей листовых пластин и у липы, и у березы наблюдаются в сквере «Космонавтов», минимальные - в скверах «им В.И. Сурикова», у здания администрации Красноярского края и «Одесский». Разница между значениями площади листовых пластин у деревьев одного вида, произрастающих в удовлетворительных и критических условиях, достигает у березы 36,3 %, у липы – 18,3 %. Таким образом, береза в большей степени реагирует на антропогенные воздействия среды. Площадь листовых пластин липы превышает площадь листовых пластин березы в удовлетворительных условиях на 28,5 %, в критических – на 43,9 %, в основном за счет снижения площади листовых пластин березы повислой. Таким образом, береза повислая более чутко реагирует на воздействие среды, чем липа мелколистная, что отражается на морфометрических показателях листовых пластин.



Береза повислая

Липа мелколиственная

Рисунок 5.10 - Взаимосвязь площади листовой пластинки и уровня загрязнения атмосферного воздуха

Методом корреляционного анализа между площадью листьев и уровнем техногенной нагрузки установлена сильная обратная корреляционная зависимость $r = -0,90$ при 1% уровне значимости коэффициента корреляции для березы и $r = -0,91$ для липы. При этом достоверно выделились три группы насаждений по влиянию факторов городской среды. В первую группу объединились насаждения, произрастающие в удовлетворительных и напряженных условиях, во вторую – в конфликтных, и особенно чутко отреагировали растения, произрастающие в критический условиях. Таким образом, площадь листовых пластин является более чувствительным маркером, чем биометрические показатели.

5.3 Оценка состояния среды методами дендроиндикации

Береза повислая. Изучение изменчивости параметров ассимиляционного аппарата березы повислой, как реакцию на воздействие в условиях урбосреды г. Красноярска, проводилось на объектах озеленения с различным уровнем техногенной нагрузки. Листья были собраны в 9 скверах, расположенных в городской черте: «Лесок», «Серебряный», «Космонавтов», «Сказочный», «Панюковский», «Энтузиастов», «Юбилейный», «Одесский», «им. В.И. Сурикова» и на контрольном участке в районе Плодово-ягодной станции, сбор листьев производился в центре и периферии скверов, расположенных вблизи стационарных постов наблюдения (рисунок 2.1), что позволяет достоверно оценить уровень влияния аэротехногенных факторов и степень отзывчивости растений на них.

Оценка развития стабильности берёзы повислой проводилась по двум показателям: коэффициенту асимметрии по пяти параметрам листа и показателю асимметричности по площади половинок листьев, рассчитанным по двум методикам: В.М. Захарова и методике авторов.

Результаты исследования показали, что под влиянием техногенных воздействий происходят изменения величины флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой. Полученные данные, представленные в таблицах 5.6 и 5.7 отражают влияние загрязнения среды – величина асимметрии листовых пластин увеличивается с возрастанием техногенной нагрузки.

Оценка достоверности различий коэффициентов асимметрии по пяти параметрам листьев и показателю асимметричности по площади их половинок проведена для растений, произрастающих на периферии и в центре сквера.

Таблица 5.6 – Расчетные значения асимметрии по пяти параметрам листа и величине асимметрии по площади половинок листа

№ и «адрес» пункта наблюдения	Наименование сквера, (место сбора листьев: центр сквера, периферия сквера)	Показатель асимметричности по площади половинок листовой пластины	Коэффициент асимметрии по пяти параметрам листа	Техногенные воздействия ИЗА ₄ , в долях ПДК
№1, Минусинская, 14д	«Плодово-ягодная станция»	3,036	0,05	12,0
	«Лесок» (центр)	3,143	0,052	
№ 21, ул. Красномосковская, 32д	«Серебряный» (центр)	3,254	0,059	13,8
	«Серебряный» (периф.)	3,273	0,06	
№5, Быковского, 4д	«Космонавтов» (центр)	3,173	0,058	13,9
	«Космонавтов» (периф.)	3,211	0,059	
№7, Матросова, 6д	«Панюковский» (центр)	3,297	0,06	16,0
	«Панюковский» (периф.)	3,315	0,064	
№8, ул. Кутузова, 92ж	«Сказочный» (центр)	3,347	0,064	16,4
№ 9 ул. Чайковского, 7д	«Энтузиастов» (центр)	3,329	0,061	16,2
	«Энтузиастов» (периф.)	3,373	0,063	
	«Юбилейный» (центр)	3,376	0,064	
	«Юбилейный» (периф.)	3,394	0,069	
№20, ул. 26 Бакинских комиссаров, 26д	«Одесский» (центр)	3,578	0,073	22,6
№ 3, ул. Сурикова, 54	«им. В.И. Сурикова» (центр)	3,657	0,076	25,5

Таблица 5.7 - Статистически параметры исследуемых выборок берёзы повислой

№ и «адрес» пункта наблюдения	Наименование объекта	Объём выборки	\bar{X}	$\pm m$	$\pm \sigma$	V, %	уровень изменчивости	P, %
Величина коэффициента асимметрии по пяти параметрам								
№1, ул. Минусинская, 14д	Плодово-ягодная станция	50	0,050	0,002	0,017	34,165	большой	4,832
	«Лесок»	50	0,052	0,004	0,031	50,412	большой	7,129
№ 21, ул. Красномосковская, 32д	«Серебряный»	100	0,060	0,003	0,028	47,385	большой	4,739
№5, ул. Быковского, 4д	«Космонавтов»	100	0,060	0,003	0,031	52,013	очень большой	5,201
№7 ул. Матросова, 6д	«Панюковский»	100	0,062	0,004	0,038	61,916	очень большой	6,192
№8, ул. Кутузова, 92ж	«Сказочный»	50	0,064	0,003	0,018	28,265	большой	3,997
№ 9 ул. Чайковского, 7д	«Энтузиастов»	100	0,062	0,004	0,042	67,388	очень большой	6,739
	«Юбилейный»	100	0,060	0,005	0,048	72,708	очень большой	7,271
№20, ул. 26 Бакинских комиссаров, 26д	«Одесский»	50	0,073	0,005	0,032	44,053	большой	6,230
№3 ул. Сурикова, 54	им. В.И. Сурикова	100	0,075	0,003	0,034	47,068	большой	4,707
Показатель асимметричности по площади половинок листа								
№1, ул. Минусинская, 14д	Плодово-ягодная станция	50	9,220	0,751	5,309	62,752	очень большой	8,874
	«Лесок»	50	9,880	0,490	4,901	44,636	большой	4,464
№ 21, ул. Красно-московская, 32д	«Серебряный»	100	10,650	0,755	7,552	70,810	очень большой	7,081
№5, ул. Быковского, 4д	«Космонавтов»	100	10,190	0,568	5,681	55,748	очень большой	5,575
№7 ул. Матросова, 6д	«Панюковский»	100	10,930	0,719	7,189	68,729	очень большой	6,873
№8, ул. Кутузова, 92ж	«Сказочный»	50	11,200	0,370	2,616	23,359	большой	3,303
№ 9 ул. Чайковского, 7д	«Энтузиастов»	100	11,230	0,605	6,053	53,877	очень большой	5,388
	«Юбилейный»	100	11,460	0,770	7,703	64,191	очень большой	6,419
№20, ул. 26 Бакинских комиссаров, 26д	«Одесский»	50	12,800	1,112	7,863	61,427	очень большой	8,687
№3 ул. Сурикова, 54	им. В.И. Сурикова	100	13,385	0,811	8,111	60,150	очень большой	6,015

Анализ результатов исследований показал, что по данным параметрам разница между полученными значениями в центре и на периферии сквера является статистически недостоверной, так как $t_{\phi} < t_{\text{табл}}$. При вероятности $p=0,01$

и числам степеней свободы $\nu = 98$, $t_{\text{табл}} = 2,63$ (таблицы 5.8 и 5.9).

Таблица 5.8 - Оценка достоверности различий коэффициентов асимметрии по 5 параметрам листьев, для растений, произрастающих на периферии и в центре объекта

Береза повислая Расположение на объекте	Коэффициент асимметрии листовых пластин по пяти признакам					$m_{1,2}$	t_{ϕ}
	N (кол-во ли-стьев)	\bar{X}	$\pm m$	$\pm \sigma$	$X_1 - X_2$		
«Серебряный»							
в центре сквера	50	0,059	0,003	0,022			
на периферии	50	0,06	0,003	0,024			
	50				-0,001	0,005	-0,215
«Космонавтов»							
в центре сквера	50	0,058	0,004	0,030			
на периферии	50	0,059	0,005	0,032			
					-0,001	0,006	-0,160
«Панюковский»							
в центре сквера	50	0,06	0,003	0,019			
на периферии	50	0,064	0,008	0,058			
					-0,004	0,009	-0,460
«Энтузиастов»							
в центре сквера	50	0,061	0,004	0,029			
на периферии	50	0,063	0,008	0,054			
					-0,002	0,009	-0,227
«Юбилейный»							
в центре сквера	50	0,064	0,006	0,039			
на периферии	50	0,069	0,008	0,058			
					-0,005	0,010	-0,503

Таблица 5.9 - Оценка достоверности различий показателя асимметричности по площади листьев, для растений, произрастающих на периферии и в центре объекта

Береза повислая Расположение на объекте	Показатель асимметричности листовых пластин по площади листьев					$m_{1,2}$	t_{ϕ}
	n(кол-во листьев)	\bar{X}	$\pm m$	$\pm \sigma$	$X_1 - X_2$		
«Серебряный»							
в центре сквера	50	10,59	2,011	14,217			
на периферии	50	10,71	1,258	8,896			
					-0,150	2,396	-0,063
«Космонавтов»							
в центре сквера	50	10,07	0,767	5,423			
на периферии	50	10,31	0,840	5,939			
					-0,240	1,149	-0,209
«Панюковский»							
в центре сквера	50	10,87	0,900	6,364			
на периферии	50	10,99	1,133	8,014			
					-0,040	1,462	-0,027

«Энтузиастов»							
в центре сквера	50	11,08	0,704	4,975			
на периферии	50	11,38	1,008	7,131			
					-0,310	1,242	-0,250
«Юбилейный»							
в центре сквера	50	11,4	0,934	6,607			
на периферии	50	11,52	1,244	8,798			
					-0,480	1,572	-0,305

Таким образом, при сложившейся планировочной структуре скверов ни плотность зеленых насаждений, расположенных по периферии скверов, ни размеры площадей объектов озеленения не способны уменьшить уровень воздействия аэротехногенных факторов, что отражается на состоянии листовых пластин березы повислой. Необходимо отметить, что тенденция изменения асимметрии листовых пластин прослеживается как при анализе значений коэффициента асимметрии по пяти параметрам, так и при оценке показателя асимметричности по площади половинок листовой пластины.

Анализ результатов исследования показал, что наименьший уровень нарушений стабильности развития растений по состоянию ассимиляционного аппарата наблюдается на контрольном участке в районе Плодово-ягодной станции и в сквере «Лесок», где уровень загрязнения атмосферного воздуха минимальный. Величина коэффициента асимметрии по пяти параметрам листьев на данных объектах не превышает условной нормы.

Значения показателей асимметричности листовых пластин у березы повислой, произрастающей в скверах «Серебряный» и «Космонавтов», составляет от 3,17 до 3,27, что соответствует напряженному типу условий произрастания растений и начальному отклонению их развития от нормы. В скверах «Энтузиастов», «Сказочный», «Юбилейный» и «Панюковский» показатели асимметричности листовых пластин находятся в пределах от 3,29 до 3,39, что соответствует среднему уровню отклонения от нормы и характеризует тип условий произрастания растений как конфликтный.

Наибольшее снижение стабильности развития растений отмечено в выборках скверов «Одесский» и «им. В.И. Сурикова», где значения показателей

асимметричности листовых пластин составляет от 3,58 и выше, что характеризует состояние среды как критическое. Необходимо отметить, что данная тенденция прослеживается при оценке асимметричности листовых пластин обоими методами (таблица 5.6).

Проведенные исследования одного процесса – изменения флуктуирующей асимметрии листовых пластин - двумя методами, позволили установить величины изменения асимметрии листовых пластин деревьев березы повислой, произрастающих в различных условиях г. Красноярска, и сопоставить полученные результаты с уровнем техногенной нагрузки (по данным со стационарных постов наблюдения).

На графике (рисунок 5.11) представлена зависимость асимметрии листовых пластин от уровня техногенной нагрузки в условиях урбанизированной среды двумя эквивалентными методами в одних единицах измерения.

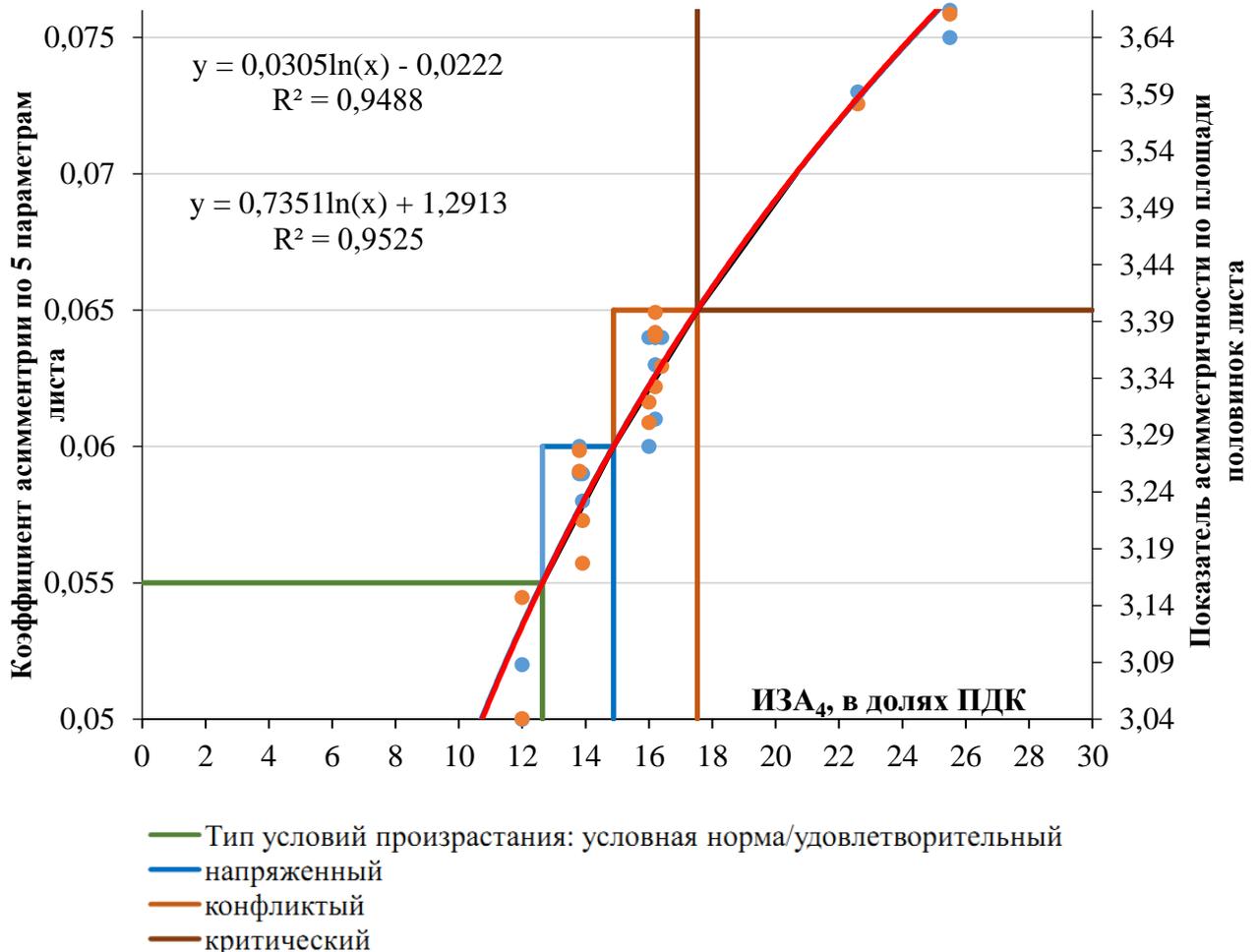


Рисунок 5.11 - Изменчивость асимметрии листовых пластин березы повислой от уровня техногенной нагрузки в условиях урбанизированной среды двумя эквивалентными методами исследования

Таким образом, данные методы исследования описывают процесс изменчивости асимметрии листовых пластин – методом В.М.Захарова и авторским методами, а также тенденцию изменения данного процесса в условиях городской среды в зависимости от уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Анализ линий тренда исследуемого процесса показал, что наиболее адекватно описывается логарифмической функцией вида

$$Y = a \cdot \ln(x) + b, \quad (5.1)$$

где Y – процесс изменчивости асимметрии листовых пластин в зависимости от уровня загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА₄), в долях ПДК для человека, выраженный через:

x – ИЗА₄, в долях ПДК;

a, b - коэффициенты уравнения.

Коэффициенты и параметры уравнения представлены в таблице 5.10.

Таблица 5.10 - Коэффициенты уравнений и критерии адекватности модели

Процесс изменчивости асимметрии листовых пластин в зависимости от уровня загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА ₄), в долях ПДК для человека, выраженный через:	a	b	R^2	F – критерий Фишера
Y_1 - коэффициент асимметрии по 5 параметрам листа	0,0305	-0,0222	0,9488	222,38
Y_2 – показатель асимметричности по площади половинок листовых пластин	0,7351	1,2913	0,9525	240,63

R^2 – коэффициент детерминации, F – критерий Фишера

Коэффициент детерминации R^2 изменяется в пределах 0,9488 – 0,9525, критерий Фишера – значительно превышает табличное значение, что подтверждает адекватность выбранного уравнения аппроксимации исследуемого процесса, уравнение множественной регрессии является статистически значимым. Расчет значений границ типов условий произрастания растений проводим по уравнению Y_2 – при значениях x – соответствующих границам уровней качества среды (в соответствии с методикой В.М. Захарова).

В таблице 5.11 представлены точки пересечения линий тренда с условными границами оценки качества среды (по методике В.М. Захарова) и

типов условий произрастания растений (по методике авторов).

Таблица 5.11 – Определение границ уровней качества среды

X - точки пересечения линий тренда с условными границами уровней качества среды		
Y_1	x	Y_2
0,055	12,56792	3,15195
0,06	14,80673	3,27245
0,065	17,44436	3,39296

Примечание: процесс изменчивости асимметрии листовых пластин в зависимости от уровня ИЗА₄, в долях ПДК для человека, выраженный через:

Y_1 – показатель асимметричности по площади половинок листовых пластин;

Y_2 - коэффициент асимметрии по 5 параметрам листа.

x - ИЗА₄, в долях ПДК.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что и береза повислая и липа мелколистная достаточно чутко реагируют на воздействие городской среды, а коэффициенты асимметрии листовых пластин отражают ее состояние и условия роста растений.

На основании полученных результатов (рисунок 5.11) в соответствии с данными В.М. Захарова нами разработана шкала оценки условий произрастания растений по показателю асимметричности площади листовых пластин (таблица 5.12).

Таблица 5.12 - Оценка качества среды по показателям асимметрии листьев березы повислой (на примере г. Красноярск)

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

Липа мелколистная. Изучение изменчивости параметров ассимиляционного аппарата липы мелколистной, как реакцию на воздействие в условиях урбосреды г. Красноярска, проводилось на объектах озеленения с различным уровнем техногенной нагрузки. Листья были собраны в 7 скверах, расположенных в городской черте: «Лесок», «Космонавтов», «Сказочный», «Панюковский», «Энтузиастов», «Одесский», «им. В.И. Сурикова» и на контрольном участке в районе питомника МП «УЗС». Дальнейшая математическая обработка проводилась аналогично изучению изменчивости параметров ассимиляционного аппарата березы повислой.

Результаты исследования показали, что под влиянием техногенных воздействий происходят изменения величины флуктуирующей асимметрии листьев липы мелколистной. Полученные данные, представленные в таблицах 5.13 и 5.14, отражают влияние уровня загрязнения среды на асимметрию листовых пластин липы мелколистной.

Таблица 5.13 – Расчетные значения асимметрии по пяти параметрам листа и величине асимметрии по площади половинок листа

№ и «адрес» пункта наблюдения	Наименование сквера, (место сбора листьев: центр сквера, периферия сквера)	Показатель асимметричности по площади половинок листовой пластины	Коэффициент асимметрии по 5 параметрам листа	Техногенные воздействия ИЗА4, в долях ПДК
№1, Минусинская, 14д	Питомник МП «УЗС»	3,20	0,0504	12,0
	«Лесок" (центр)	3,27	0,054	
№5, Быковского	«Космонавтов» (центр)	3,35	0,059	13,9
	«Космонавтов» (периф.)	3,36	0,06	
№7, Матросова, 6д	«Панюковский» (центр)	3,39	0,061	16,0
№8, Кутузова, 92ж	«Сказочный» (центр)	3,39	0,061	16,4
	«Сказочный» (периф.)	3,41	0,06	
№9, Чайковского, 7д	«Энтузиастов» (центр)	3,38	0,061	16,2
	«Энтузиастов» (периф.)	3,41	0,063	

№20, 26 Бакинских комиссаров, 26д	«Одесский» (центр)		0,068	22,6
	«Одесский» (периф.)		0,069	
№ 3, Сурикова, 54	Администрации края (центр)		0,07	25,5

Таблица 5.14 - Статистические параметры исследуемых выборок липы мелколистной

Липа мелколиственная								
Пост наблюдения	Наименование объекта	Объем выборки	\bar{X}	$\pm m$	$\pm \sigma$	V, %	уровень изменчивости	P, %
Величина коэффициента асимметрии по пяти признакам								
№1, Минусинская, 14д	Питомник МП «УЗС»	50	0,0 504	0,0 03	0,0 20	37, 546	большой	5,3 10
	«Лесок»	50	0,0 54	0,0 04	0,0 25	41, 888	большой	5,9 24
№5, Быковского, 4д	«Космонавтов»	100	0,0 60	0,0 02	0,0 23	38, 886	большой	3,8 89
№7, Матросова, 6д	«Панюковский»	50	0,0 61	0,0 04	0,0 30	51, 301	очень большой	7,2 55
№8, ул. Кутузова, 92 ж	«Сказочный»	100	0,0 60	0,0 04	0,0 27			
№ 9, ул. Чайковского, 7д	«Энтузиастов»	100	0,0 62	0,0 02	0,0 24	38, 175	большой	3,8 17
№20, ул. 26 Бакинских комиссаров, 26 д	«Одесский»	100	0,0 69	0,0 03	0,0 32	46, 395	большой	4,6 40
№3 ул.Сурикова, 54	Администрации края	100	0,0 70	0,0 03	0,0 28	48, 573	большой	4,8 57
Величина асимметричности по площади листьев, %								
№1, Минусинская, 14д	Питомник МП «УЗС»	50	10, 240	0,8 75	6,1 84	60, 393	очень большой	8,5 41
	«Лесок»	50	10, 700	0,9 57	6,7 69	61, 646	очень большой	8,7 18
№5, Быковского, 4д	«Космонавтов»	100	11, 250	0,6 71	6,7 06	66, 590	очень большой	6,6 59
№7, Матросова, 6д	«Панюковский»	50	11, 500	1,0 86	7,6 82	70, 602	очень большой	9,9 85
№, ул. Чайковского, 7д	«Энтузиастов»	100	11, 525	0,5 70	5,6 97	50, 346	очень большой	5,0 35
№8, ул. Кутузова, 92 ж	«Сказочный»	100	11, 550	0,6 06	6,0 60	54, 842	очень большой	5,4 84

Окончание таблицы 5.14

ул. 26 Бакинских комиссаров, 26 д	«Одесский»	100	12,410	0,549	5,489	44,334	большой	4,433
№3 ул.Сурикова, 54	Администрации края	100	12,480	0,561	5,611	52,055	очень большой	5,205

Также проведена оценка достоверности различий коэффициентов асимметрии по 5 параметрам листьев и по площади их половинок для растений, произрастающих на периферии и в центре сквера. Анализ результатов исследований показал, что как по интегральной величине флуктуирующей асимметрии листовых пластин по пяти признакам, так и величине асимметрии по площади половинок листьев, разница между полученными данными в центре сквера и на периферии является статистически недостоверной, так как $t_{\phi} < t_{\text{табл}}$. При вероятности $p=0,01$ и числам степеней свободы $v=98$, $t_{\text{табл}}=2,63$ (таблицы 5.15 и 5.16).

Таблица 5.15 - Оценка достоверности различий коэффициентов асимметрии по 5 параметрам листьев, для растений, произрастающих на периферии и в центре объекта

Липа мелколистная Расположение на объекте	Коэффициент асимметрии листовых пластин по пяти признакам						
	N (кол-во листьев)	\bar{X}	$\pm m$	$\pm \sigma$	$X_1 - X_2$	$m_{1,2}$	t_{ϕ}
«Космонавтов»							
в центре сквера	50	0,059	0,003	0,024			
на периферии	50	0,060	0,003	0,022			
					-0,001	0,005	-0,214
«Энтузиастов»							
в центре сквера	50	0,061	0,003	0,019			
на периферии	50	0,063	0,004	0,028			
					-0,002	0,005	-0,411
«Сказочный»							
в центре сквера	50	0,061	0,003	0,022			
на периферии	50	0,062	0,005	0,032			
					-0,001	0,006	-0,179
«Одесский»							
в центре сквера	50	0,068	0,005	0,034			
на периферии	50	0,069	0,004	0,030			
					-0,002	0,006	-0,309

«Администрации края»							
в центре сквера	50	0,07	0,004	0,028			
на периферии	50	0,069	0,004	0,028			
					-0,004	0,006	-0,715

Таблица 5.16 - Оценка достоверности различий показателя асимметричности по площади листьев, для растений, произрастающих на периферии и в центре объекта

Липа мелколистная Расположение на объекте	Показатель асимметричности листовых пластин по площади листьев					m _{1,2}	t _ф
	n(кол-во листьев)	\bar{X}	$\pm m$	$\pm \sigma$	X ₁ -X ₂		
«Космонавтов»							
в центре сквера	50	10,050	0,963	6,812			
на периферии	50	10,090	0,933	6,599			
					-0,040	1,355	-0,030
«Энтузиастов»							
в центре сквера	50	11,280	0,884	6,252			
на периферии	50	11,350	0,727	5,141			
					-0,070	1,156	-0,061
«Сказочный»							
в центре сквера	50	10,940	0,889	6,288			
на периферии	50	11,160	0,825	5,832			
					-0,220	1,225	-0,180
«Одесский»							
в центре сквера	50	12,200	0,846	5,982			
на периферии	50	12,560	0,706	4,995			
					-0,360	1,113	-0,323
«Администрации края»							
в центре сквера	50	10,520	0,844	5,970			
на периферии	50	11,040	0,743	5,253			
					-0,520	1,136	-0,458

Установлено, что при сложившейся планировочной структуре скверов ни плотность зеленых насаждений, расположенных по периферии скверов, ни размеры их площадей не способны изменить уровень воздействия техногенных факторов, что отражается на состоянии листовых пластин липы мелколистной, что установлено обоими методами исследования.

Анализ результатов исследования показал, что наименьший уровень нарушений стабильности развития растений по состоянию ассимиляционного аппарата наблюдается на контрольном участке в районе питомника МП «УЗС» и

в сквере «Лесок», где уровень загрязнения атмосферного воздуха минимальный. Данные объекты находятся за чертой города и в районе, расположенном близко к черте города, вдали от предприятий и автомагистралей. Величина коэффициента асимметрии по пяти параметрам листьев на данных объектах не превышает условной нормы.

Значения показателей асимметричности листовых пластин у липы мелколистной, произрастающей в скверах «Космонавтов» и «Сказочный», составляет от 3,35 до 3,39, что соответствует напряженному типу условий произрастания растений и начальному отклонению их развития от нормы. В скверах «Энтузиастов» и «Панюковский» показатели асимметричности листовых пластин находятся в пределах от 3,38 до 3,41, что соответствует среднему уровню отклонения от нормы и характеризует тип условий произрастания растений как конфликтный.

Наибольшее снижение стабильности развития растений отмечено в выборках скверов «Одесский» и возле администрации края, где значения показателей асимметричности листовых пластин составляет от 3,46 и выше, что характеризует состояние среды как критическое. Данная тенденция прослеживается при оценке к асимметрии обоими методами.

На графике представлен процесс изменения асимметрии листовых пластин в зависимости от уровня техногенной нагрузки в условиях урбанизированной среды двумя эквивалентными методами в одних единицах измерения (рисунок 5.12).

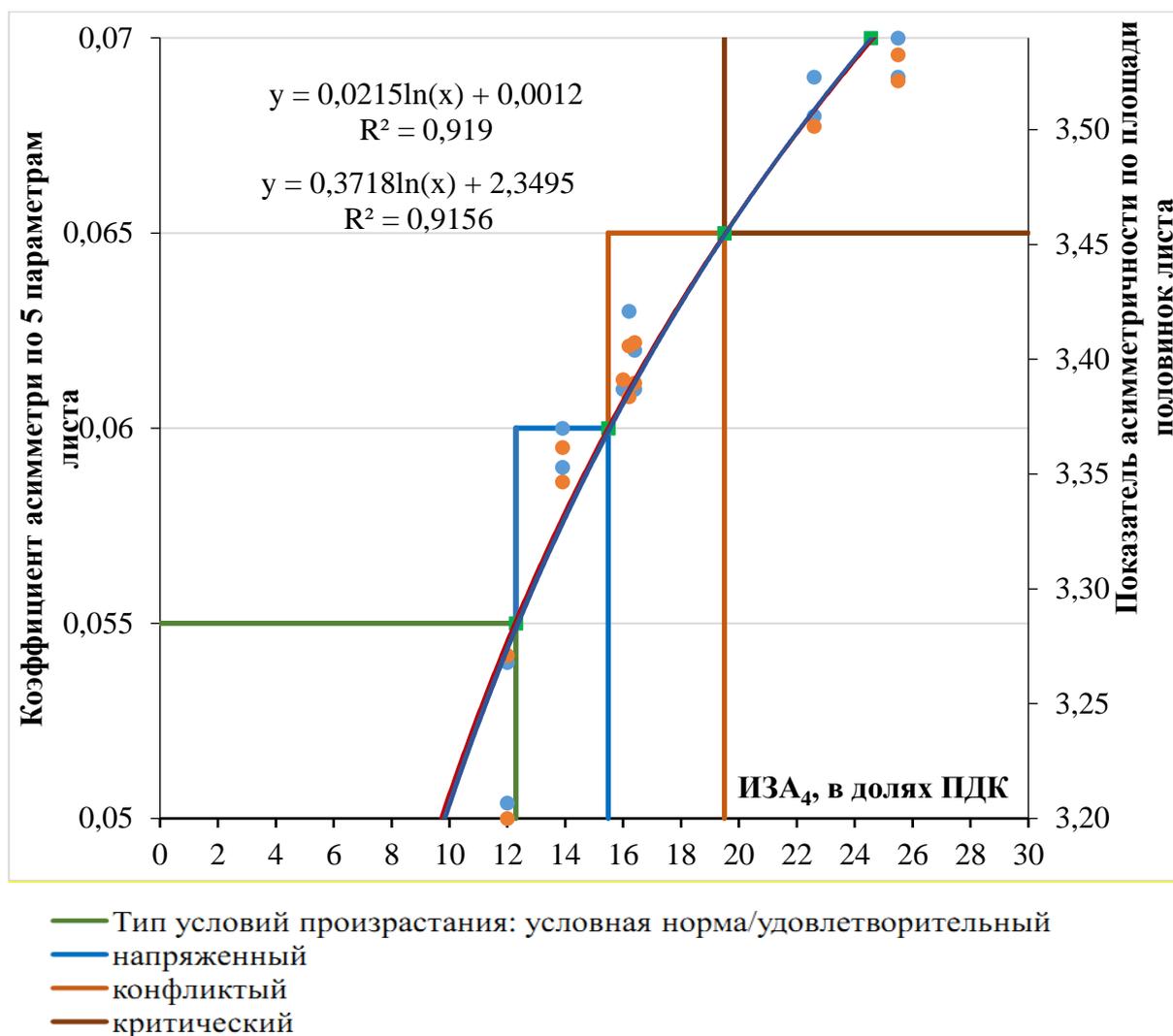


Рисунок 5.12 - Описание процесса изменения асимметрии листовых пластинок липы мелколистной в зависимости от уровня техногенной нагрузки в условиях урбанизированной среды двумя эквивалентными методами исследования

Таким образом, данные методы исследования, как и при изучении данного процесса у березы повислой, описывают факт изменчивости асимметрии листовых пластинок – методом В.М. Захарова и авторским методами, а также тенденцию изменения данного процесса в условиях городской среды в зависимости от уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Анализ линий тренда исследуемого процесса показал, что наиболее адекватно описывается логарифмической функцией по формуле 5.1.

Коэффициенты и параметры уравнения представлены в таблице 5.17.

Таблица 5.17 - Коэффициенты уравнений и критерии адекватности модели

Процесс изменчивости асимметрии листовых пластин в зависимости от уровня загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА ₄), в долях ПДК для человека, выраженный через:	a	b	R ²	F – критерий Фишера
У ₁ - коэффициент асимметрии по 5 параметрам листа	0,0215	0,0012	0,919	136,15
У ₂ – показатель асимметричности площади половинок листа	0,3718	2,3495	0,9156	108,48

Коэффициент детерминации R² изменяется в пределах 0,9156 – 0,919, что подтверждает адекватность выбранного уравнения аппроксимации исследуемого процесса. Расчет значений границ типов условий произрастания растений проводим по уравнению U₂ - при значениях x – соответствующих границам уровней качества среды (по методике В.М. Захарова). В таблице 5.18 представлены точки пересечения линий тренда с условными границами оценки качества среды (по методике В.М. Захарова) и типов условий произрастания растений (по методике авторов).

Таблица 5.18 – Определение границ уровней качества среды

X - точки пересечения линий тренда с условными границами уровней качества среды		
U ₁	x	U ₂
0,055	12,29577	3,28244
0,06	15,48437	3,36817
0,065	19,49994	3,4539

Примечание: процесс изменчивости асимметрии листовых пластин в зависимости от уровня ИЗА₄, в долях ПДК для человека, выраженный через:

U₁ – показатель асимметричности по площади половинок листовых пластин;

U₂ - коэффициент асимметрии по 5 параметрам листа.

x - ИЗА₄, в долях ПДК.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что липа мелколистная реагирует на воздействие городской среды, а асимметрия листовых пластин отражают условия произрастания растений. На основании полученных результатов (рисунок 5.12 и таблица 5.16) в соответствии с данными В.М. Захарова нами разработана шкала оценки условий произрастания растений по показателю асимметричности площади листовых пластин (таблица 5.19).

Таблица 5.19 - Оценка качества среды по показателям асимметрии листьев липы мелколистной (на примере г. Красноярск)

Коэффициент асимметрии по 5 параметрам листа [по методике В.М.Захарова]	Показатель асимметричности по площади половинок листа [по методике авторов]	Границы качества среды - ИЗА ₄ , в долях ПДК для человека	Тип условий произрастания растений [по методике авторов]	Оценка качества среды [по методике В.М.Захарова]
до 0,055	до 3,28	до 12,3	удовлетворительное	Условно нормальное
0,056 – 0,06	3,29 – 3,36	12,31 – 15,49	напряженное	Начальные отклонения от нормы
0,061 – 0,065	3,37 - 3,45	15,50 – 19,49	конфликтное	Средний уровень отклонений от нормы
более 0,066	более 3,46	более 19,50	критическое	Существенные отклонения от нормы

Результаты исследования позволяют сделать ряд выводов:

- проведенные исследования одного процесса – изменения флуктуирующей асимметрии листовых пластин - позволили установить величины их изменения в зависимости от уровня техногенной нагрузки двумя эквивалентными методами (методом В.Н. Захарова и авторским). Установлено, что данные методы описывают процесс изменчивости асимметрии листовых пластин и отражают изменения данного процесса в условиях городской среды в зависимости от уровня загрязнения атмосферного воздуха. Анализ линий тренда показал, что исследуемый процесс адекватно аппроксимируется логарифмической функцией (рисунок 5.11 и 5.12).

- математическая модель – функция взаимосвязи асимметрии листовых пластин и уровня загрязнения воздушной среды – является инструментом прогнозирования: уровень загрязнения воздушной среды (ИЗА₄, в долях ПДК) определяет тип условий произрастания растительности на объекте озеленения, что отражается на изменчивости показателей асимметрии ассимиляционного аппарата исследуемых видов; показатели изменчивости листовых пластин отражают уровень загрязнения и, соответственно, определяют тип условий произрастания. В итоге полученные перекрестные данные позволяют

прогнозировать рост и развитие древесных растений на определенной территории, и соответственно, принимать рациональные решения по формированию объемно-пространственной и дендрологической структуры насаждений и выбору адекватных мероприятий по уходу за ними. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что исследуемые виды достаточно чутко реагируют на воздействие городской среды, а коэффициенты асимметрии листовых пластин отражают ее состояние и условия роста растений.

Изменчивость биологических параметров. Результаты исследований позволили установить особенности изменчивости биометрических параметров деревьев исследуемых видов, произрастающих в урбанизированной среде с различным уровнем антропогенных воздействий (таблица 5.20).

Таблица 5.20 - Изменчивость биометрических параметров деревьев в зависимости от условий произрастания

Биометрические параметры, показатели состояния растений в возрасте 50 лет	Расчетные значения / % снижения значений относительно размеров деревьев в удовлетворительных условиях г. Красноярска							
	Тип условий произрастания							
	I – II		III – IV		I – II		III – IV	
Вид растения	Береза повислая				Липа мелколистная			
Индекс жизненного состояния (среднее)	83,5		67,2 / 19,5		40		21 / 47,5	
Высота дерева, м	16,20		14,37 / 11,3		11,59		9,85 / 15,01	
Диаметр ствола, см	41,29		32,13/ 22,18		37,47		32,00/ 14,6	
Диаметр кроны, м	5,8		4,1 / 29,3		4,22		3,9 / 7,6	
Длина освещенной поверхности кроны, м ²	7,62		6,48/ 17,96		5,69		2,66/ 53,25	
Освещенная поверхность кроны относительно высоты, %	46		45		49		27	
Площадь листовой пластины, мм ²	I - II		III	IV	I - II		III	IV
	2361.5		2118.75/ 10.3	1505/ 29.5	3286		3028/ 7.8	2685/ 18.3
Показатель асимметричности листовых пластин по площади половинок листа, %	I	II	III	IV	I	II	III	IV
	3,04	3,15/ 3,6	3,27/ 7,5	3,40/ 11,8	3,20	3,28/ 2,5	3,36/ 5	3,45/ 7,8

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

Параметрами, чувствительно реагирующими на изменение условий произрастания, являются: площадь листовой пластины, диаметр кроны, диаметр ствола – для березы повислой; длина освещенной поверхности кроны, площадь листовой пластины, высота дерева – для липы мелколистной.

Сравнительный анализ изменения асимметрии листовых пластин под воздействием факторов городской среды показал, что реакция березы повислой выражена сильнее, чем у липы мелколистной, данный вид рекомендуется в качестве вида-индикатора, позволяющий достоверно выделить четыре типа условий произрастания, отражающие качество среды по влиянию антропогенных факторов. Использование авторской методики оценки состояния среды по показателю асимметричности площади половинок листовых пластин, значительно снижает временные затраты и повышает уровень достоверности результатов.

Выводы по главе

Анализ изменчивости биометрических параметров исследуемых видов в зависимости от условий произрастания показал, что на всех уровнях организации биологических видов прослеживается реакция организмов на воздействия техногенных факторов урбосреды. Установленная взаимосвязь отражает общую тенденцию происходящих процессов, характер роста по высоте позволяет выделить только два уровня качества среды: в первый, объединились насаждения, произрастающие в удовлетворительном, напряженном и состоянии среды, характеризующимся как условная норма; во второй – насаждения, произрастающие в конфликтном и критическом состоянии. До 20-летнего возраста условия произрастания существенно не влияют на морфологическое развитие обоих видов, в дальнейшем в темпах роста по высоте выделено два типа для каждого вида. Амплитуда изменения значений по высоте деревьев в возрасте 50 лет для березы составляет 1,84 м, для липы – 1,74 м. Интервал между кривыми роста составляет 11,3 % - для березы, 15,01 % - для липы, что отвечает

требованиям суммарной точности группировки рядов по типам роста. рост березы по высоте в удовлетворительном-напряженном типах условий произрастания к 50-летнему возрасту превышает рост липы на 26 %, в конфликтном-критическом - на 31 %. Наложение графиков зависимости высоты деревьев березы повислой от возраста, произрастающих в естественных и городских условиях, показало, что высота посадок березы повислой, растущих в городской среде в удовлетворительных и напряженных условиях, к 50-летнему возрасту соответствует данному показателю у деревьев, растущих в естественных насаждениях III класса бонитета. У насаждений, растущих в конфликтных и критических условиях, потери по высоте к 50-летнему возрасту составляют до 10,2 % относительно данного показателя естественных насаждений III класса бонитета (преобладающего в зоне темнохвойной и светлохвойной тайги пригородной зоны г. Красноярска).

Анализ динамики вертикальной структуры исследуемых видов показал, что с возрастанием антропогенных нагрузок снижается протяженность кроны относительно общей высоты дерева. Так длина, наиболее эффективно работающей освещенной части кроны липы мелколистной, в возрасте 50 лет в удовлетворительных и напряженных условиях произрастания составляет 49,1 % относительно общей высоты дерева, в конфликтных и критических – 27,0 %; для березы повислой данные показатели составляют - 44% в удовлетворительных и напряженных условиях произрастания, в конфликтных и критических – 40%. Изменения биометрических параметров кроны носят адаптивный характер, связаны с уменьшением прироста дерева по диаметру ствола, что обуславливает сокращение прироста ветвей и, соответственно, снижение размеров кроны, у липы мелколистной прослеживается опускание ветвей, образование «юбки». Таким образом, проявляется накопительный эффект от воздействия вредных факторов городской среды. В насаждениях, произрастающих в удовлетворительных условиях дерево воспринимается соразмерно, пропорционально, гармонично, форма кроны соответствует конфигурации в

естественных условиях произрастания. При подборе растений для создания объектов озеленения необходимо учитывать изменения, происходящие в урбосреде под воздействием фактора времени и антропогенных нагрузок.

Результаты исследования взаимосвязи площади листовых пластин и уровня загрязнения среды выявили общую тенденцию снижения стабильности развития, отмечены существенные обратные корреляционные связи: с увеличением техногенных нагрузок площадь листовых пластин уменьшается, а их асимметрия увеличивается. Разница между значениями площади листовых пластин у деревьев одного вида, произрастающих в удовлетворительных и критических условиях, достигает у березы 36,3 %, у липы – 18,3 %. Таким образом, береза в большей степени реагирует на техногенные воздействия среды.

Установлено, что пространственные характеристики скверов - площадь менее 3 га, линейная форма и отсутствие «зеленых» буферных зон - не способствуют улучшению экологической комфортности среды для роста растений и отдыха посетителей, не позволяют изменить уровень воздействия аэротехногенных воздействий, что отражается на состоянии листовых пластин исследуемых видов. Результаты исследования стабильности развития ассимиляционного аппарата данных видов в условиях городской среды позволяют сделать ряд выводов:

- выявленная тенденция к снижению стабильности их развития пропорциональна увеличению уровня техногенной нагрузки;

- используемые методы исследования адекватно отражают полученные зависимости;

- математическая модель – функция взаимосвязи асимметрии листовых пластин и уровня загрязнения воздушной среды – является инструментом прогнозирования: уровень загрязнения воздушной среды (ИЗА₄, в долях ПДК) определяет тип условий произрастания растительности на объекте озеленения, что отражается на изменчивости показателей асимметрии ассимиляционного аппарата исследуемых видов; показатели изменчивости листовых пластин

отражают уровень загрязнения и, соответственно, определяют тип условий произрастания. В итоге полученные перекрестные данные позволяют прогнозировать рост и развитие березы повислой на определенной территории, и соответственно, принимать рациональные решения по формированию объемно-пространственной и дендрологической структуры насаждений и выбору адекватных мероприятий по уходу за ними;

- совмещение коэффициентов асимметрии и параметров асимметричности, рассчитанных различными методами, позволили разработать шкалу оценки качества среды и типа условий произрастания по показателю асимметричности площади листовых пластин;

- берёза повислая является видом, более чувствительным (среди изученных) к техногенным условиям, полученные результаты позволяют определить уровень загрязнения среды по состоянию асимметрии листовых пластин березы повислой, а при использовании методики оценки состояния среды по показателю асимметричности площади половинок листовых пластин, значительно снизит временные затраты и повысит уровень достоверности результатов. Результаты исследований показали, что разработанная и апробированная методика биоиндикации на основе анализа асимметрии листовых пластин по соотношению площадей их половинок адекватно отражает происходящие процессы и может быть рекомендована для проведения экспресс-оценки качества городской среды (условий произрастания растений) в экологическом мониторинге; использование данной методики и специального программного обеспечения, значительно повышает точность результатов, сокращает сроки и стоимость проведения исследований;

- реакция березы повислой выражена сильнее, чем у липы мелколистной, данный вид рекомендуется в качестве вида-индикатора, позволяющий достоверно выделить четыре типа условий произрастания, отражающие качество среды по влиянию антропогенных факторов.

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

Проведение фенологических наблюдений древесной растительности направлены на выявление закономерностей в ходе годичного развития и определения зависимости развития от условий окружающей среды, Установление сроков распускания листьев, цветения, плодоношения, осенней окраски листьев древесных пород позволяет осуществлять подбор ассортимента растений для озеленения городов, разработать научно-обоснованные рекомендации для введения видов в различные по функциональному назначению и техногенной нагрузке объекты зеленого строительства, установить сроки посадки данных видов. Фенологические фазы сезонного развития березы повислой и липы мелколистной на объектах городского озеленения с различным уровнем антропогенного воздействия представлены в таблицах 6.1 – 6.2.

Таблица 6.1 - Основные фенологические фазы сезонного развития березы повислой и липы мелколистной на объектах городского озеленения с различным уровнем антропогенного воздействия

№	Наименование объекта озеленения	Сезонное развитие древесных растений				
		Пб ¹	Рост и формирование побегов		Рост и формирование листьев	
			Пб ³	Пб ⁶	Л ¹	Л ⁴
Береза повислая						
1	«Лесок»	27.04	22.05	27.06	14.05	16.09
2	«Серебряный»	27.04	19.05	29.06	10.05	20.09
3	«им. В.И. Сурикова»	24.04	17.05	31.06	09.05	23.09
4	«Космонавтов»	26.04	19.05	29.06	10.05	19.09
5	«Сказочный»	27.04	20.05	29.06	10.05	19.09
6	«Панюковский»	27.04	19.05	29.06	10.05	19.09
7	«Энтузиастов»	27.04	19.05	29.06	10.05	19.09
8	«Юбилейный»	27.04	19.05	29.06	10.05	19.09
9	«Одесский»	24.04	19.05	29.06	09.05	22.09
К1	Контроль – пригородная зона города, район Плодов-ягодной станции	27.04	23.05	25.06	14.05	15.09
Липа мелколистая						
1	«Лесок»	28.04	15.05	15.06	09.05	25.09
3	«им. В.И. Сурикова»	26.04	10.05	16.06	03.05	01.10
4	«Космонавтов»	27.04	18.05	16.06	08.05	29.09

Окончание таблицы 6.1

5	«Сказочный»	28.04	18.05	16.06	08.05	27.09
6	«Панюковский»	27.04	18.05	16.06	08.05	27.09
7	«Энтузиастов»	28.04	18.05	16.06	08.05	27.09
9	«Одесский»	28.04	18.05	16.06	06.05	27.09
К2	Контроль – пригородная зона города, питомник МП «УЗС»	30.04	14.05	15.06	09.05	23.09

Таблица 6.2 - Основные фенологические фазы сезонного развития березы повислой и липы мелколистной на объектах городского озеленения с различным уровнем антропогенного воздействия, отражающие эстетические качества растений

№	Наименование объекта озеленения	Сезонное развитие древесных растений						Период вегетации, дни
		Лето - цветение				Осень – окрашивание листвы		
		Ц ⁴	Ц ⁵	Продолжительность, дни	Дополнительные декоративные качества *	Л ³	Период с окрашенной листвой	
Береза повислая								
1	«Лесок»	04.05	12.05	8	ИЦ-4	19.08	29	124
2	«Серебряный»	02.05	12.05	10	ИЦ-4	25.08	27	132
3	«им. В.И. Сурикова»	01.05	12.05	10	ИЦ-3	30.08	25	136
4	«Космонавтов»	02.05	10.05	8	ИЦ-5	28.08	23	135
5	«Сказочный»	ИЦ-0				24.08	27	131
6	«Панюковский»	02.05	10.05	8	ИЦ-4	24.08	27	131
7	«Энтузиастов»	02.05	12.05	10	ИЦ-4	25.08	26	131
8	«Юбилейный»	02.05	10.05	8	ИЦ-4	25.08	26	131
9	«Одесский»	02.05	12.05	10	ИЦ-4	29.08	25	135
К1	Контроль – пригородная зона города, район Плодов-ягодной станции	05.05	12.05	7	ИЦ-5	18.08	29	123
Липа мелколистая								
1	«Лесок»	ИЦ-0				08.09	18	138
3	«им. В.И. Сурикова»	24.06	16.07	22	ПЗ, ИЦ-5	13.09	19	150
4	«Космонавтов»	26.06	18.07	22	ПЗ, ИЦ-5	13.09	17	143
5	«Сказочный»	27.06	18.07	21	ПЗ, ИЦ-4	11.09	17	141
6	«Панюковский»	26.06	18.07	22	ПЗ, ИЦ-5	11.09	17	141
7	«Энтузиастов»	26.06	18.07	22	ПЗ, ИЦ-5	11.09	17	141
9	«Одесский»	ИЦ-0				12.09	16	143
К2	Контроль – пригородная зона города, питомник МП «УЗС»	ИЦ-0				08.09	16	138

Дополнительные декоративные качества: цветение: цвет - кремовый, заметность цветения - равномерность распределения цветов в кроне - запах – ПЗ - приятный запах, интенсивность цветения – ИЦ-Балл; окрашивание листьев осенью – ярко-желтый цвет

На основании полученных материалов проведена их статистическая обработка (таблица 6.3)

Таблица 6.3 -Статистические показатели фенологических параметров развития исследуемых видов

Продолжительность периода, сут.	Вегетационный		Цветения		Осеннего окрашивания листвы	
	Береза	Липа	Береза	Липа	Береза	Липа
Вид						
Среднее арифметическое значение	130,50	141,88	8,78	21,80	26,40	17,13
Максимальное значение	136,00	150,00	10,00	22,00	29,00	19,00
Минимальное значение	123,00	138,00	7,00	21,00	23,00	16,00
Размах вариации, R	13,00	12,00	3,00	1,00	6,00	3,00
Стандартное отклонение, σ	4,12	3,80	1,20	0,45	1,84	0,99
Дисперсия, σ^2	16,94	14,41	1,44	0,20	3,38	0,98
Коэффициент вариации, V,%	3,15	2,68	13,69	2,05	6,96	5,79
Уровень изменчивости признака	очень низкий	очень низкий	средний	очень низкий	очень низкий	очень низкий
Точность опыта, P,%	1,00	0,95	4,56	0,92	2,20	2,05
Ошибка среднего значения, $\pm m$	1,30	1,34	0,40	0,20	0,58	0,35
Объем выборки	10	8	9	5	10	8
Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{\text{фак}}$	100,25	105,71	21,911	109	45,424	48,875
Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{\text{фак}}$	высокая	высокая	высокая	высокая	высокая	высокий
Точность опыта	очень высокая	очень высокая	допустимая	очень высокая	допустимая	0,00

В результате проведенных исследований установлено:

- в условиях пригородной зоны вегетационный период липы мелколистной на 15 суток длиннее, чем у березы повислой (продолжительность вегетации оценивалась – от начала распускания листьев до осеннего опадения);

- на объектах городского озеленения у исследуемых видов продолжительность вегетации колеблется в пределах от 123 до 136 суток у березы и от 138 до 150 суток у липы, что на 0 - 12 суток больше у березы и на 1 - 9 суток у липы, произрастающих в пригородной зоне;

- максимальная продолжительность данного периода на объектах озеленения отмечена для обоих видов в сквере «им. В.И. Сурикова» для березы она составляет 136 сут., для липы - 150 сут. и практически соизмерима с продолжительностью периода в скверах «Одесский» и «Космонавтов» разница составляет в одни сутки, при этом данные скверы расположены в условиях с критическим уровнем антропогенной нагрузки, в местах с повышенным температурным режимом;

- размах вариации периода вегетации на объектах озеленения города составляет у березы и липы 12 суток, коэффициент вариации находится в пределах 2,68 – 3,15 %, что говорит об «очень низком» уровне изменчивости данного признака, разница между продолжительностью данного периода на остальных объектах озеленения составляет 1 – 2 дня;

- исследуемые виды различаются по периодам цветения: береза цветет в начальный период облиствения, липа - после окончания роста побегов в середине лета; период цветения у березы составляет в среднем $7,78 \pm 0,4$ сут., увеличиваясь с продвижением в центр города: в сквере «им. В.И. Сурикова» составляет 10 сут., на контрольном участке и сквере «Лесок» - 7 сут.; у липы период цветения более стабилен – в среднем для всех исследуемых объектов составляет $21,8 \pm 0,2$ сут.;

- особенность цветения липы мелколистной заключается в том, что она цветет последней из всех деревьев, ее цветение длится от двух до трех недель в зависимости от погодных условий; у растений по всей кроне формируются душистые кремового цвета цветки, собранные щитковидные соцветия, которые наполняют воздух медовым ароматом, что привлекает насекомых; данные декоративные качества необходимо учитывать при формировании городских насаждений;

- осеннее расцветивание листьев у данных видов также обладает декоративным эффектом – листья приобретают нарядную ярко-желтую окраску, радующую взгляд даже в пасмурную погоду; при этом расцветивание начинается

в разное время, что позволит продлить декоративность посадок на объектах озеленения;

- расцветивание листьев в пригородной зоне наступает у данных видов в среднем синхронно, при этом в городской среде у березы оно начинается позже, чем у липы на 4 – 7 дней; период с золотисто-желтой листвой у березы на 9 дней больше, чем у липы, что дополнительно повышает ее декоративное значение в условиях урбосреды;

- опадение листвы у березы начинается значительно раньше в пригородной зоне с 15.09, чем в центральной части города с 23.09 (сквер «им. В.И. Сурикова»); у липы прослеживается аналогичная тенденция – опадение листвы в пригородной зоне начинается 23.09., в городских скверах – с 01.10 – в сквере «им. В.И. Сурикова»;

- наиболее изменчивым фенологическим признаком у березы повислой является период цветения: среднее значение составляет $7,78 \pm 0,40$ сут.; размах вариации – 3; коэффициент вариации – 13,69; уровень изменчивости признака – средний, при этом для липы мелколистной данный признак является наиболее стабильным и протекает $21,8 \pm 0,2$ сут.;

- наиболее изменчивым фенологическим признаком у липы мелколистной является период осеннего окрашивания листвы, в среднем составляет $17,13 \pm 0,35$ сут.; размах вариации – 3; коэффициент вариации – 5,79; уровень изменчивости признака – «очень низкий».

Таким образом, данные виды за вегетационный период в условиях городской среды проходят весь сезонный цикл развития, обладают видовыми особенностями, которые необходимо учитывать при создании насаждений в городских скверах.

Выводы по главе

Установлено, что природные и антропогенные условия городской среды г. Красноярска оказывают влияние на фенологическое развитие исследуемых видов, при этом они имеют видовые особенности:

- *береза повислая* – аборигенный вид – как в пригородной зоне, так и в условиях города данный вид относится к группе поздно начинающих и рано заканчивающих вегетацию; при этом береза достаточно чувствительно реагирует на изменения в окружающем пространстве: практически все фенофазы в сквере «им. В.И. Сурикова» (тип условий произрастания «критический», наибольшие автотранспортные нагрузки на прилегающих дорогах, размещение в исторической плотной застройке «каменном мешке», высокие рекреационные и транзитные нагрузки и др.) начинаются на неделю раньше, чем в пригородной зоне и на других объектах; изменчивость исследуемых фенологических периодов более высокая, чем у липы мелколистной; осеннее окрашивание листьев является важным декоративным свойством данного вида, с достаточно длительным периодом - $26,4 \pm 0,5$ сут. (в сравнении с липой - $17,1 \pm 0,35$ сут.), ярко-желтая окраска листьев повышает декоративность посадок в осеннюю пасмурную погоду.

- *липа мелколистная* – вид-интродуцент – в пригородной зоне данный вид относится к группе поздно начинающих и рано заканчивающих вегетацию. В условиях городской черты вегетационный период увеличивается, за счет повышения среднемесячных температур воздуха на 24% в городе за вегетационный период относительно «фоновых» данных; наибольшая продолжительность данного периода прослеживается в скверах «им. В.И. Сурикова», «Космонавтов», «Одесский», при этом в данных скверах весной не обнаружено обмерзание ветвей, что говорит о ее адаптации к термическим условиям города Красноярска и вызревании древесины побегов; анализ изменчивости фенологических периодов показал, незначительные различия в пределах урбосреды, что говорит о ее адаптации к антропогенным нагрузкам.

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

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

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

Полученные материалы о фазах сезонных ритмов развития растений позволяют оценить адаптационные и эстетические качества в период вегетации, что позволит разрабатывать научно обоснованные рекомендации по созданию декоративных искусственных с участием данных древесных видов, мероприятий по посадке (пересадке) и уходу за ними.

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

7.1 Анализ сложившейся ситуации на объектах озеленения г. Красноярска

Городские скверы, под воздействием техногенных нагрузок испытывают различную степень регрессии, так как имеют незначительную площадь (до 3 га) и как показал анализ индекса формы исследуемых объектов (от 1,10 до 1,55) – имеют вытянутую конфигурацию, что значительно снижает площадь комфортной зоны, в некоторых скверах она полностью отсутствует (скверы «им. В.И. Сурикова» и «Одесский»). Увеличение площадей дискомфортных зон на территориях объектов озеленения и жилой застройки, не отвечающих требованиям санитарных норм в отношении факторов городской среды за счет: загазованности и запыленности воздуха, акустического дискомфорта, аэрационного режима и др., приводит к невозможности использования отдельных функциональных зон таких как тихий и детский отдых.

Рекогносцировочный анализ городских объектов озеленения и инвентаризационная оценка скверов г. Красноярска показали, что на всех исследуемых объектах озеленения созданы насаждения искусственного происхождения, средний возраст которых составляет около 40 лет. Реконструкция объектов по программе «Комфортная городская среда» в основном затрагивает благоустройство и практически не касается насаждений., При этом реконструкция насаждений требует обоснования объемно-пространственной структуры и подбора ассортимента древесных растений, способных повысить уровень качества на данных объектах.

Выбор рационального объемно-планировочного решения элемента озеленения должен опираться на структурные и биометрические параметры и

экологические свойства древесных растений, вносящие особый вклад в оптимизацию среды, направленную на устранение факторов дискомфорта

Факторы дискомфорта для исследуемых скверов представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Особенности конфигурации объекта и основные факторы дискомфорта

Наименование сквера	Зона относительного комфорта, % Особенности расположения объекта в городской среде, тип условий произрастания растений	Фактор дискомфорта			*
		шум	загазованность	запыленность	
«Лесок»	<u>100 %</u> Расположен в относительно чистом районе города, компактный, не граничит с автодорогами, только с <u>проездом местного значения</u> удовлетворительный	-	-	-	Д
«Серебряный»	<u>65 %</u> В глубине жилой застройки, со всех сторон окружен автодорогами местного значения напряженный	+	+	+	Д, СрЛ
«им. В.И. Сурикова»	<u>Отсутствует</u> В исторической наиболее загрязненной части города, в котловине, на остановке общественного транспорта, примыкает к автодороге с интенсивным автобусным движением критический	++	++	++	СрЛ, СрПГ
«Космонавтов»	<u>70%</u> В продуваемой зоне города, только одной наименьшей стороной примыкает к проезжей части автодороги <u>районного значения</u> напряженный	±	±	±	Д СрПГ
«Сказочный»	<u>40%</u> Высокое фоновое загрязнение среды за счет близкого расположения загрязняющего предприятия (<u>Химико-металлургический завод</u>) конфликтный	±	+	+	Д СрПГ

«Энтузиастов»	<u>50%</u> В продуваемой зоне города, вдоль реки Енисей, высокое фоновое загрязнение среды за счет близкого расположения загрязняющих предприятий (заводы Красцветмет, <u>Красмаш, КрасТЭЦ и др.</u>) конфликтный	±	+	+	
«Юбилейный»	<u>45%</u> Высокое фоновое загрязнение среды за счет близкого расположения загрязняющих предприятий (заводы Красцветмет, Красмаш, КрасТЭЦ и др.), автомагистрали с интенсивным движением автотранспорта (пр. <u>Красноярский рабочий</u>) конфликтный	+	+	+	Д СрПГ
«Панюковский»	<u>45%</u> Высокое фоновое загрязнение среды за счет близкого расположения автомагистрали с интенсивным движением автотранспорта (пр. <u>Красноярский рабочий</u>) конфликтный	+	+	+	Д, СрЛ, СрПГ
«Одесский»	<u>Отсутствует</u> Вытянутой формы, примыкает к магистрали с грузовым движением <u>длинной стороной объекта</u> критический	++	++	++	СрЛ, СрПГ
Степень влияние фактор дискомфорта: «+» - присутствует; «++» - сильное; «-» - отсутствие влияния; «±» - незначительное. * Необходимость дополнительных элементов озеленения – Д (декоративных); Ср (средозащитных): СрЛ – линейные, СрПГ – пейзажные группы					

Таким образом, зона относительного комфорта в сквере «Космонавтов» составляет 70 % - за счет большой территории сквера, повышенных скоростей ветра, рассеивающих загрязняющие вещества, к тому же он только одной наименьшей стороной примыкает к проезжей части автодороги районного

значения, наибольшие влияния факторов дискомфорта ощущаются в скверах «Одесский», «им. В. И. Сурикова».

Как показали результаты анализа конфигурации объектов и наличие и степень воздействия факторов дискомфорта, в условиях городской среды наблюдается комплекс дискомфортных факторов, соответственно необходимо формировать зеленые насаждения, обладающие комплексным характером защитного действия по отношению к газо-, шумо-, пылеветровым воздействиям.

Натурные исследования показали влияние малых пейзажных групп на оптимизацию ветрового режима (снижение скоростей на 10 – 40 %), снижение пылесодержания на 10 - 30%, газозащитное влияние – до 20 % снижение содержания вредных ингредиентов. Реконструкция существующих пейзажных групп должна осуществляться на основе принципов формирования эффективных средозащитных насаждений:

- закрытие подкоронового пространства;
- создание периметрального яруса из кустарниковых видов;
- расширение «узких» участков за счет введения в структуру дополнительных сопутствующих видов;
- обеспечение сомкнутости крон основных и сопутствующих древесных видов. Реконструктивные мероприятия, повышающие средозащитный потенциал группы не должны снижать их декоративные качества, и нивелировать их роль в плане выполнения эстетических и функциональных задач.

7.2 Принципы формирования насаждений на объектах городского озеленения

Эффективность формирования насаждений на городских объектах озеленения зависит от методологии, заложенной в процессе их создания. Основными принципами формирования городских насаждений являются: учет

природных условий; учет техногенных нагрузок; научное обоснование типа (регулярный, пейзажный) и плотности посадки, выделение доминантного вида с учетом ландшафтных условий и уровня антропогенных воздействий и на его основе формирование видового состава насаждения (био группы); обоснование технологического процесса, адекватного условиям среды (рисунок 7.1).



Рисунок 7.1 – Принципиальная схема формирования насаждений на объектах городского озеленения

Объемно-пространственное решение. Оптимизация видового состава насаждений создается за счет формирования видового, структурного и количественного состава насаждения, при котором отрицательные межвидовые и внутривидовые взаимоотношения видов сведены к минимуму, при максимальном использовании ресурсов среды.

В смешанных композициях наиболее эффективным типом посадок является многоярусный полог сложной формы, который наиболее полно использует световой режим и почвенное питание.

В городском озеленении главные и сопутствующие виды выбираются на этапе проектирования насаждений в процессе проектирования объекта.

В смешанных насаждениях формируется ярусное и более равномерное распределение корневых систем, что создает условия для более эффективного использования плодородия почв.

Густота (плотность) посадки - один из важнейших показателей, характеризующих количественное и качественное состояние городских насаждений. Она является параметром строения искусственного насаждения и предопределяет последующие этапы роста и развития ландшафтных композиций. Она зависит от природно-климатических условий, техногенных нагрузок и вида древесных растений. В удовлетворительных условиях плотность посадки будет меньше, чем в критических.

Агротехнический процесс: подготовка почвы, посадка (сроки), технологический уход (обрезка и др.). Фенологические исследования позволили определить сроки агротехнических этапов для исследуемых видов (глава 6).

7.3 Объемно-пространственная структура элементов озеленения с участием березы повислой и липы мелколистной для условий г. Красноярска: анализ ситуации, рекомендации

Биологические характеристики, экологические свойства и декоративные качества березы повислой и липы мелколистной и варианты их использования в садово-парковых композициях представлены в таблице 7.2. Условные обозначения экологических свойств растений приведены в приложении Ж.

Таблица 7.2 – Экологические свойства березы повислой

Берёза повислая – <i>Betula pendula</i> Roth.			
Естественный ареал: широко распространена в Евразии			
Долговечность в естественных условиях: 150 - 250 лет			
Экологические особенности произрастания: Малотребовательна к внешней среде, но не переносит сильной жары и близости грунтовых вод.			
Отношение к экологическим климатическим и антропогенным факторам			
Освещенность		Требовательность к почве	
Ветроустойчивость	 	Корневая система	
Морозостойкость		Засухоустойчивость	 
Дымогазоустойчивость	 	Категории насаждений	
Размеры. В естественных условиях: до 25 м высотой. в Красноярске: в 30 лет – 12 - 14 м высотой, диаметр ствола 14 - 28 см, диаметр кроны 3 - 4 м.			
Декоративность: особо декоративна благодаря белой коре и осенней желтой окраске листьев.			
Рекомендации по уходу: деревья малотребовательны к уходу. Основные мероприятия по уходу включают: поливы, рыхления, прополки приствольных кругов, подкормки и формирующую обрезку. В течение двух – трех лет нужно регулярно проверять обвязки (обеспечивают неподвижность корневого кома в земле и защищают нарастающие корни от разрывов в ветреную погоду) и ослаблять их по мере утолщения ствола (перетяжки препятствуют поступлению питательных веществ от корней к кроне, замедляют рост и развитие дерева).			
Использование в зеленом строительстве: рекомендуется посадка одиночными деревьями на газонах, группами, небольшими массивами, в аллеиных посадках.			



Таблица 7.3 – Экологические свойства липы мелколистной

Липа сердцевидная, мелколистная – <i>Tilia cordata</i> Mill.				
Естественный ареал: Западная Сибирь, европейская часть России, Восточная и Западная Европа, Малая Азия				
Долговечность в естественных условиях: 200 - 300 лет				
Экологические особенности произрастания: лучшей продуктивности достигает на свежих и умеренно увлажнённых богатых суглинистых почвах, не растет на сухих, засоленных и заболоченных почвах.				
Отношение к экологическим климатическим и антропогенным факторам				
Освещенность		Требовательность к почве		
Ветроустойчивость	 	Корневая система		
Морозостойкость		Засухоустойчивость		
Дымогазоустойчивость	 	Категории насаждений		
Размеры. В естественных условиях: до 30 м высотой и до 1 - 1,5 м в диаметре ствола, листья длиной 3,5 - 10 см. в Красноярске: Академгородок: в 38 лет дерево высотой 8,5 - 10 м с диаметром ствола 14 - 26 см и кроны 3 - 4 м.				
Декоративность: крупное лиственное дерево с ширококонусовидной плотной кроной. Липа помимо цветков, являющихся источником меда, имеют красивую, легко формирующуюся крону. Наиболее декоративна во время цветения.				
Рекомендации по уходу: деревья малотребовательны к уходу. Основные мероприятия по уходу включают: поливы, рыхления, прополки приствольных кругов, подкормки и формирующую обрезку. В течение двух – трех лет нужно регулярно проверять обвязки (обеспечивают неподвижность корневого кома в земле и защищают нарастающие корни от разрывов в ветреную погоду) и ослаблять их по мере утолщения ствола (перетяжки препятствуют поступлению питательных веществ от корней к кроне, замедляют рост и развитие дерева).				
Использование в зеленом строительстве: рекомендуется для посадки в садах, парках, на бульварах одиночными деревьями и группами, в аллеи и массивы, для создания живых стриженных стен (боскеты), изгородей, топиарных форм				

Таблица 7.4 - Биологические характеристики, экологические свойства и декоративные качества березы повислой и липы мелколистной

Вид древесных растений	Биологические характеристики						
	Класс высоты	Быстрота роста данного вида	Долговечность				
			группа долговечности		предельная долговечность, лет		
Береза повислая	I	быстро растущий	II - средней долговечности		250		
Липа мелколистая	I	медленно растущий	I - долговечная		300 - 400		
	Экологические свойства						
	Требование древесных растений						
	температура	свет	вода	почва	воздушная среда	антропогенные факторы	
	морозостойкость	светолюбивость	влажн.любивость	к плодородию	ветроустойчивость		
Береза повислая	I - весьма морозоустойчивый вид	очень светолюбивый	мало - требовательный (ксерафит)	не требовательный	среднее ветроустойчивый	не газоустойчивый	
Липа мелколистая	II – морозоустойчивый вид	теневыносливый	средне требовательный (мезофит)	требовательный	ветроустойчивый	газоустойчивый	
	Декоративные качества						
	крона свободнорастущего дерева		Кора	Листья			
	форма	густота	форма (орнамент)	величина	фактура и рисунок	цвет	
						лето	осень
Береза повислая	обратнояйцевидная	сквозистая	рассеченная	мелкие	гладкие глянцевые	светло-зеленая	желтая, бронзовая
Липа мелколистая	овальная	густая	рассеченная	мелкие	гладкие матовые, снизу сизоватые	темно-зеленая	желтая
	Цветки			Ствол			
Береза повислая	—			у основания глубокотрещиноватая		белый	
Липа мелколистая	бледно-кремовая			мелкотрещиноватая		темно - серый	

	Элементы садово-парковых композиций							Пригодность к топиарной стрижке
	солитер	группа	массив	аллея	рядовые посадки	зеленые стены	боскет	
Береза повислая	+	+	+	+	+	-	-	-
Липа мелколистная	высокие штамбовые солитеры с высотой штамба (более 1,5 м) с формованной кроной	+	+	+	+	высокие стриженные стены (боскеты) высотой более трех метров		+
Примечание «+» рекомендуется, «-» не рекомендуется								

Для городских насаждений объемно-пространственная структура должна создаваться в соответствии с возможностями развития каждого вида в конкретных условиях среды, что будет способствовать созданию высокодекоративных эстетичных насаждений, обладающих высокими средозащитными качествами.

На основании вышеизложенных принципов, анализа ландшафтных условий г. Красноярска и его зеленой зоны с учетом уровней техногенных воздействий на рост и развитие растений разработаны березовый и липовый ландшафтные кластеры, которые формируются доминантными растениями, способными изменять пространство вокруг, тем самым влияя на рост других растений, следовательно, необходимо выбирать культуры, способные развиваться в сложившихся условиях. (таблица 7.5).

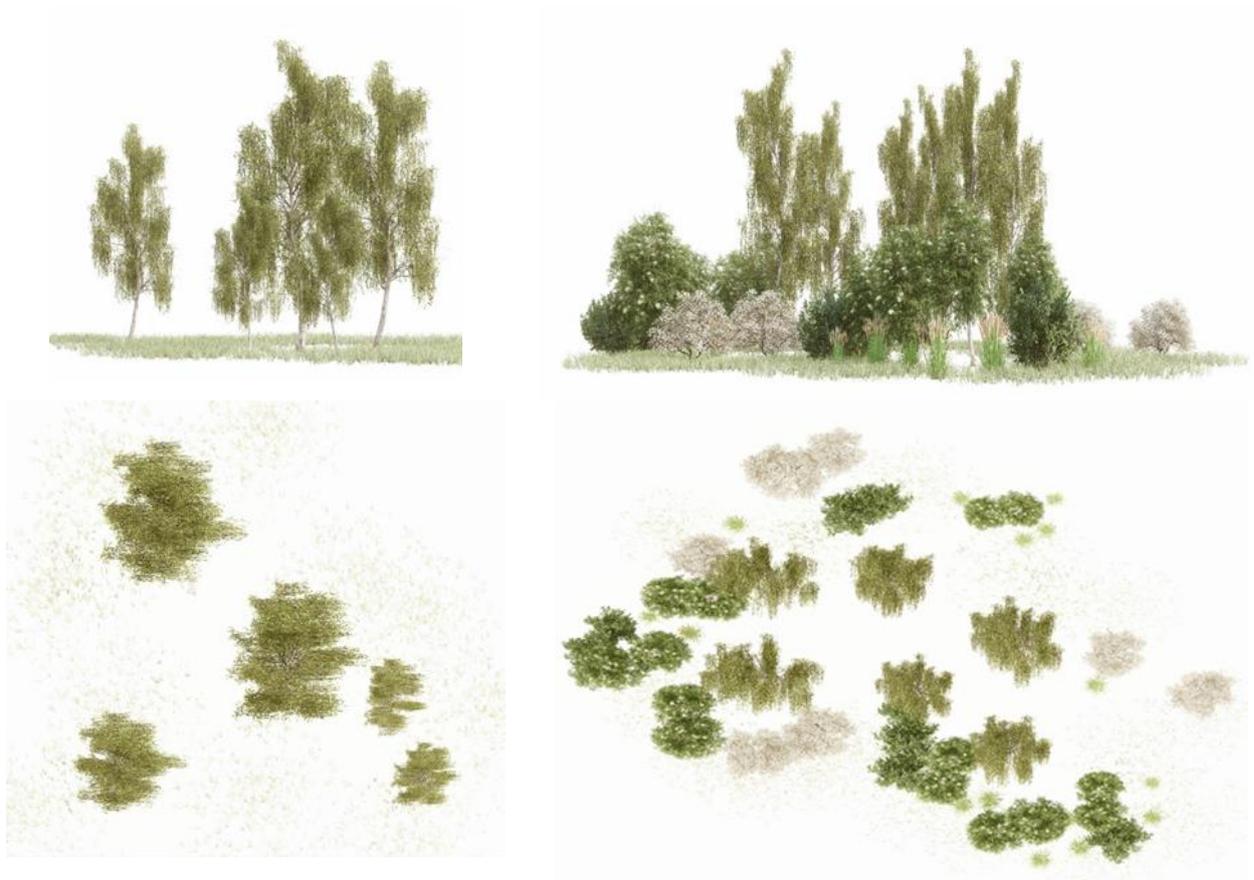
Таблица 7.5 - Соответствие средозащитных ландшафтных направлений ландшафтными зонам г. Красноярска

Ландшафтные кластеры	Ландшафтное районирование территории г. Красноярска и его зеленой зоны						
	I темнохвойная тайги	II светлохвойная тайга	III подтайга	IV южная лесостепь	V северная лесостепь	VI степь	VII пойма реки
Березовый		+	+	+	+		+
Липовый			+	+	+		+

Липовый кластер строится на доминировании липы мелколистной в насаждениях, при этом высокую декоративность имеют простые чистые группы. Насаждения, обладающие следующими биологическими и экологическими свойствами, способны создавать устойчивые и долговечные ландшафтные композиции с участием березы повислой и липы мелколистной: мезоксерофиты (растения засушливых и средне засушливых местообитаний), олиготрофы (малотребовательные к питательным веществам), гелиофиты (светлюбивые), класс морозостойкости – 1 - 3.

В **березовый кластер** входят варианты композиций с доминированием березы повислой, которая обладает высокими декоративными качествами, ареал ее распространения позволяет широко использовать эту породу при улучшении пейзажной выразительности ландшафтов. Береза повислая по экологическим свойствам достаточно близка к липе мелколистной, поэтому для данных кластеров обоснован основной видовой состав растений березового и липового кластеров. Данные виды растений достаточно устойчивы к условиям урбанизированной среды и могут использоваться на объектах озеленения всех условий произрастания от удовлетворительного до критического. Состав смешанных групп аналогичен составу насаждений липового кластера. Декоративность создается за счет архитектоники кроны, цвета коры стволов, наличием сезонности в окраске листьев.

Элементы озеленения березового и липового кластера - линейные структуры, пейзажные группы, представлены на рисунке 7.2 – 7.3.



чистые пейзажные группы

смешанные куртины

Рисунок 7.2 - Элементы озеленения березового (липового) кластеров

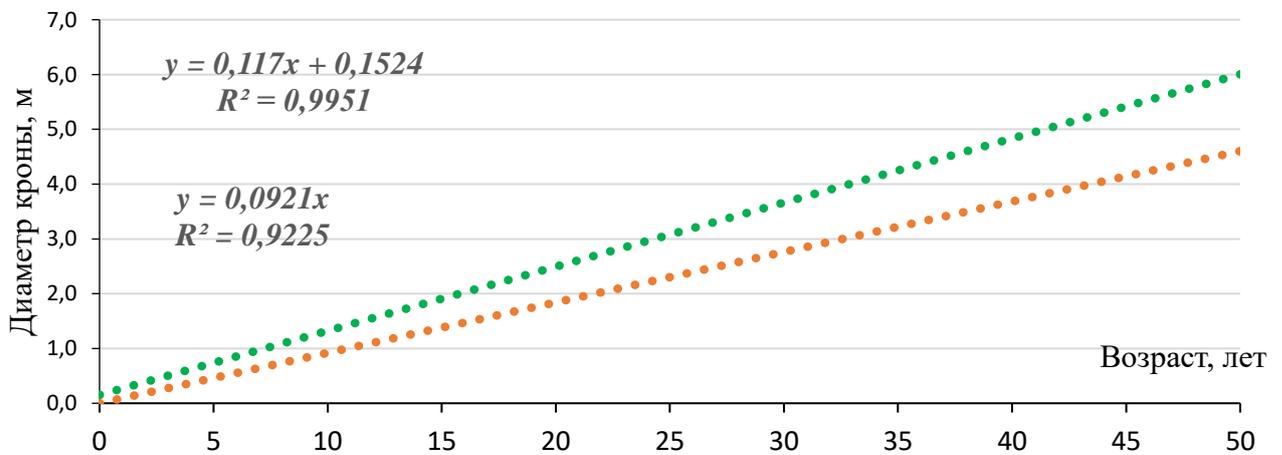


Рисунок 7.3 - Элементы озеленения березового (липового) кластеров - линейные структуры

Эффективность выполнения зелеными насаждениями полезных функций и эстетичность их восприятия зависит от соответствия пространственной структуры условиям произрастания. Установлено, что в рядовых городских

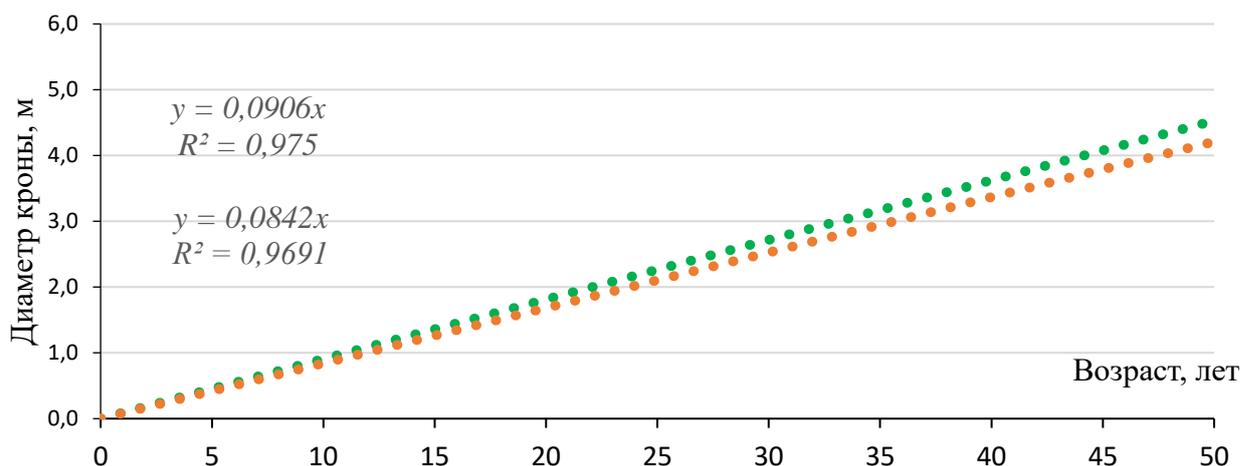
посадках расстояние между растениями, должно составлять 0,8 от максимального диаметра кроны данного вида. Для получения эффекта объемной формы солитера необходимо предусмотреть размеры территории для полного развития раскидистой кроны дерева. Каждое отдельно стоящее дерево имеет свою сферу эстетического и биологического воздействия, которая определяется окружностью с радиусом, равным высоте, достигнутой деревом данной породы при полном развитии. Внедрение в эту сферу других деревьев или кустарников снижает эстетическое впечатление от данного экземпляра. Сфера эстетического и биологического влияния солитера определяется окружностью радиусом, равным высоте, достигнутой деревом данного вида в период его полного развития.

Динамика развития крон березы повислой и липы мелколистной в различных условиях произрастания представлена на рисунках 7.5 и 7.6.



Тип условий произрастания: удовлетворительный - напряженный

Рисунок 7.4 – Зависимость роста березы повислой по диаметру кроны в различных условиях произрастания



Тип условий произрастания: удовлетворительный - напряженный

Рисунок 7.5 – Зависимость роста липы мелколистной по диаметру кроны в различных условиях произрастания

На основании этого, нами определены рекомендуемые расстояния в рядах, группах и радиусы сфер эстетического и биологического развития солитера липы и березы для различных условий г. Красноярска (таблица 7.6).

Таблица 7.6 - Рекомендуемые расстояния в посадках липы мелколистной и березы повислой для г. Красноярска

Вид	Береза повислая		Липа мелколистная	
Тип условий произрастания	I – II	III – IV	I – II	III – IV
Тип посадки: солитер				
Высота дерева в возрасте 50 лет, м	15,6 – 16,9	13,6 – 14,9	11,1 – 12,5	9,6 – 10,5
Радиус окружности пространства для получения декоративного эффекта и условий биологического развития дерева, м	24,4	21,4	17,7	15,1
Тип посадки: ряд, аллея, группы				
Диаметр кроны, м	5,8±0,3	4,1 ±0,2	4,22 ±0,2	3,9 ±0,1
Расстояние между деревьями, м	4,6	3,3	3,4	3,1
Плотность посадок, шт./га	380	760	715	840

В таблице 7.7 представлен основной ассортимент видов растений для кластера для создания элементов озеленения объектах озеленения г. Красноярска с учетом изменения параметров растений в зависимости от условий произрастания (удовлетворительный, напряженный, конфликтный, критический) и соответствие условиям среды (полное, не соответствие, пограничные условия (зона риска)) по материалам научных исследований роста древесных растений в условиях городской среды г. Красноярска.

Таблица 7.7 - Основной ассортимент видов березового и липового кластера для создания композиций на городских объектах озеленения г. Красноярска

№	Названия растений, морфометрические параметры: высота (h), м; диаметр кроны (d _{кр.}), м	Тип условий произрастания			
		I	II	III	IV
ПЕРВЫЙ ЯРУС – доминантный вид - деревья первой величины – улучшение почвенно-климатических условий на объекте, создают притенение					
1	Береза повислая (<i>Betula pendula</i> Roth.) Высота (45 лет) (h), м Диаметр кроны (45 лет) (d _{кр.}), м	+ 16,2 5,8	+ 16,2 5,8	+ 14,3 4,1	+ 14,3 4,1
2	Липа мелколистная, сердцевидная (<i>Tilia cordata</i> Mill.) Высота (45 лет) (h), м Диаметр кроны (45 лет) (d _{кр.}), м	+ 11,59 4,22	+ 11,59 4,22	+ 9,85 3,9	+ 9,85 3,9
3	Лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.)* *Высота (45 лет) (h), м *Диаметр кроны (45 лет) (d _{кр.}), м	+ 15,0 7,4	+ 14,0 6,8	+ 12,6 5,9	+ 9,7 5,0
4	Вяз приземистый (<i>Ulmus pumila</i> L.) Высота (45 лет) (h), м Диаметр кроны (45 лет) (d _{кр.}), м	+ 15,0 10,0	+ + +	+ +	+ +
ВТОРОЙ ЯРУС - содоминантный вид деревья первой и второй группы – улучшение почвенно-климатических условий на объекте					
5	Рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i> L.) **Высота (h), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 9-12 6,0 - 12,0 5,0	+ +	+ +	+ +
ТРЕТИЙ ЯРУС - сопутствующие виды - многоствольные деревья, высокие кустарники – защита внутреннего пространства от перепадов температур, потери влаги, влияния сильных ветров (эффект опушки)					
6	Боярышник кроваво-красный, сибирский (<i>Crataegus sanguinea</i> Pall.) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 4,0 - 6,0 4,5	+ +	+ +	+ +
7	Бузина сибирская (<i>Sambucus sibirica</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 3,0 - 4,0 2,0 - 3,0	+ +	+ +	+ +
8	Сирень обыкновенная (<i>Syringa vulgaris</i> L.) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 5,0 – 7,0 1,5 – 2,0	+ +	+ +	+ +
ЧЕТВЕРТЫЙ ЯРУС – средние кустарники – защита внутреннего пространства от перепадов температур, потери влаги, влияния сильных ветров (эффект опушки)					
9	Береза кустарниковая (<i>Betula fruticose</i> Pall.) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 2,0 0,8 - 2,0	+ +	+ +	± +
10	Арония Мичурина, син. черноплодная рябина (<i>Aronia mitschurinii</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 3,0 2,0	+ +	+ +	+ +

11	Барбарис Тунберга (<i>Berberis thunbergii</i> DC.) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 1,0 - 1,5 1,5 - 2,0	+	+	+
12	Дёрен белый, или сибирский (<i>Cornus alba</i> L.) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 3,0 3,0	+	±	±
13	Лапчатка кустарниковая, или курильский чай кустарниковый (<i>Potentilla fruticosa</i> , <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>Dasiphora fruticosa</i>) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,7 - 1,8 0,5 - 1,0 1,0 1,0	+	+	+
14	Жимолость татарская (<i>Lonicera tatarica</i> L.) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 2,0 - 4,0 1,3 - 2,4	+	+	±
15	Ирга колосистая (<i>Amelanchier spicata</i> (Lam.) K) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 3,0 - 5,0 1,0 - 2,5	+	+	±
16	Роза морщинистая (<i>Rosa rugose</i> Thunb.) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 1,5 - 2,0 0,5 - 1,8 1,5 - 2,0 0,5 - 1,8	+	+	+
17	Спирея березолистная (<i>Spiraea betulifolia</i>) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,3-0,7 0,3-0,8 0,6 0,6	+	+	+
18	Калина обыкновенная (<i>Viburnum opulus</i> L.) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 1,3 - 3,5 0,8 - 1,5	+	+	±
19	Спирея Дугласа (<i>Spiraea douglasii</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 1,0 - 1,5 1,0	+	+	+
20	Спирея серая пепельная (<i>Spiraea</i> × <i>cinerea</i> Zabel.) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 2,0 2,0	+	+	+
21	Снежноягодник белый, кистевой (<i>Symphoricarpos albus</i> (L.)) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,8 - 1,0 1,0	+	+	+
22	Смородина золотистая (<i>Ribes aureum</i> Pursh.) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 2,0 - 3,0 1,0 - 1,5	+	+	+
23	Чубушник (<i>Philadelphus</i> L.) **Высота (h), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 2,6 - 3,2 3,0 - 4,05 2,0	+	±	±

ПЯТЫЙ ЯРУС – низкие кустарники (кустарнички), папоротники, многолетние травянистые растения				
Луковичные (в приствольный круг – не конкурируют за питательные вещества, подавляют рост сорняков)	+	+	+	±
Светолюбивые:				
Медуница валовидная (<i>Pulmonaria vallisariae</i> L.) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (нкр.)	+	+	+	+
	0,2 9 - 11			
Лук резанец, или шнитт - лук, или лук скорода (<i>Allium schoenoprasum</i> L.) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (нкр.)	+	+	+	+
	0,8 - 1,0 9			
Купальница китайская (<i>Trollius chinensis</i> Bunge.) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (нкр.)	+	+	+	+
	0,7 4 - 6			
Живучка ползучая (<i>Ajuga reptans</i> L.) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (нкр.)	+	+	+	+
	0,1 - 0,2 11			
Вероника ползучая (<i>Veronica repens</i> DC.) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (нкр.)	+	+	+	+
	0,1 - 0,15 4 - 5			
Теневыносливые:				
Бруннера сибирская (<i>Brunnera sibirica</i> Stev.) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (нкр.)	+	+	+	+
	0,4 - 0,5 9			
Будра плющелистная (<i>Glechoma hederacea</i> L.) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (нкр.)	+	+	+	+
	0,2 9			
Герань кроваво - красная (<i>Geranium sanguineum</i> L.) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (нкр.)	+	+	+	+
	0,15 - 0,3 6 - 8			
Прострел обыкновенный (<i>Pulsatilla vulgaris</i> Mill.) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (нкр.)	+	+	+	+
	0,15 - 0,2 9			
ШЕСТОЙ ЯРУС - травянистые растения, почвопокровные – защита почвы от эрозии, чрезмерного испарения влаги, перегрева, переохлаждения				
Почвопокровные:				
Ясколка войлочная (<i>Cerastium tomentosum</i> L.) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (нкр.)	+	+	+	+
	0,2 - 0,3 16			
Яснотка зеленчуковая (<i>Galeobdolon lamium</i> L.) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (нкр.)	+	+	+	+
	0,3 11			
Клевер белый, ползучий (<i>Trifolium repens</i> L.) Сорт “Pipolino” ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (нкр.)	+	+	+	+
	0,05 - 0,1 8-10			

Окончание таблицы 7.7

Копытень европейский (<i>Asarum europaeum</i>) ****Высота (h), м	+ 0,1 - 0,15	+	±	±
****Количество штук на м ² (n _{кр.})	11			
Злаки:				
Щучка дернистая (<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.)) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,3 - 0,6 4	+	+	+
Тип условий произрастания: I – удовлетворительный II – напряженный, III – конфликтный, IV – критический Размеры растений по: исследованиям автора, *Е.В. Авдеева, 2007; **И.Ю. Коропачинский, 2014; ***Каталог Древесных растений, 2017; ****Каталог Многолетников, 2015 Соответствие условиям среды + полное; – не соответствие, ± пограничные условия (зона риска)				

Выводы по главе

1. В главе представлен анализ сложившейся ситуации на исследуемых объектах озеленения; рассмотрены принципы формирования насаждений на объектах городского озеленения; биологические характеристики, экологические свойства и декоративные качества березы повислой и липы мелколистной, по экологической и ландшафтной значимости, адаптации к условиям городской среды и степени устойчивости к вредителям и болезням растения с учетом доминантных растений разработаны березовый и липовый ландшафтные кластеры; выявлены ландшафтные зоны для их создания.

2. На основании исследования динамики развития крон исследуемых видов, определены рекомендуемые расстояния в рядах, группах и радиусы сфер эстетического и биологического развития солитера липы и березы для различных условий г. Красноярска, определена плотность посадок (шт./га) в зависимости от уровня техногенной нагрузки; представлен основной ассортимент видов растений для создания ландшафтных композиций в которых доминантными растениями выступают исследуемые виды – шесть ярусов, 37 видов с учетом изменения биометрических параметров растений в зависимости от условий произрастания.

Таким образом, в ландшафтных композициях деревья и кустарники должны представлять не набор отдельных растений, а единую взаимосвязанную многоярусную ландшафтную композицию, обладающую определенной способностью к саморегулированию и формированию уравновешенного объема (городской урбобиоценоз).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории города Красноярска микроклиматические условия значительно изменяются и достоверно отличаются от пригородных территорий. Экологическая ниша березы повислой соответствует климатическим параметрам ландшафтных зон города и его окрестностей, лимитирующими факторами для роста липы мелколистной выступают режимы сочетания температуры и влажности. Уровень загрязнения воздуха в целом по г. Красноярску характеризуется как «очень высокий». Встречаемость и доля участия данных видов в насаждениях скверов и изменяется от средней до очень высокой, их жизненное состояние изменяется от «отличного» до «крайне неудовлетворительного». В зависимости от условий произрастания прослеживается реакция организмов на воздействия техногенных факторов урбосреды, характер роста по высоте позволяет выделить два уровня качества среды; с возрастанием антропогенных нагрузок значительно снижается протяженность освещенной поверхности кроны относительно общей высоты дерева, что связано с уменьшением прироста дерева по диаметру ствола и обуславливает сокращение прироста ветвей.

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

Функция взаимосвязи асимметрии листовых пластин и уровня загрязнения воздушной среды является инструментом перекрестного прогнозирования: уровень загрязнения, определяет тип условий произрастания растительности и, соответственно, предопределяет биометрические размеры растений и показатели асимметрии листьев исследуемых видов. Показатели асимметричности листовых пластин отражают уровень загрязнения и, соответственно, определяют тип условий произрастания, данную информацию необходимо использовать при

принятии решений по формированию объемно-пространственной и дендрологической структуры насаждений и выбору адекватных мероприятий по уходу за ними при проектировании и реконструкции городских насаждений.

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

Практические рекомендации

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

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

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

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ГОСТ 24909-81 Саженцы деревьев декоративных лиственных пород. Технические условия. Дата введения в действие: 01.01.1983. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200025553> - Текст : электронный
- 2 ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов = Nature protection. Atmosphere. Air quality control regulations for populated areas: межгосударственный стандарт: дата введения 1987-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200012789>- Текст : электронный
- 3 РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: руководящий документ: дата введения 1991-07-01 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200036406> - Текст : электронный
- 4 ГН 2.1.6.3492-170 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений: Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 22.12.2017 № 165 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/556185926> - Текст : электронный
- 5 ТСН 30-307-2002 г. Москвы (МГСН 1.02-02). Нормы и правила проектирования комплексного благоустройства на территории города Москвы: территориальные строительные нормы и правила: дата введения 2002-08-06 №623-ПП. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200029835> - Текст электронный.
- 6 Авдеева, Е.В. Зеленые насаждения городов Сибири : монография / Е.В. Авдеева - Красноярск : СибГТУ, 2000. - 148 с.
- 7 Авдеева, Е.В. Ландшафтно-экологическая среда сибирских городов : монография / Е.В. Авдеева. - Красноярск : СибГТУ, 2006. - 132 с.
- 8 Авдеева, Е.В. Рост и индикаторная роль древесных растений в урбанизированной среде : монография / Е.В. Авдеева. - Красноярск : СибГТУ, 2007. - 361 с.

- 9 Авдеева, Е.В. Зеленые насаждения в мониторинге окружающей среды крупного промышленного города: (на примере г.Красноярска) : Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 03.00.16 / Авдеева Елена Владимировна; [Краснояр. гос. аграр. ун-т]. - Красноярск: 2008. - 30 с.
- 10 Авдеева, Е.В. Специфика роста древесных растений в условиях городской среды / Е.В. Авдеева // Вестник КрасГАУ. - Красноярск, 2008. - № 4. - С. 182-186.
- 11 Авдеева, Е.В. Зеленые насаждения в мониторинге окружающей среды крупного промышленного города: на примере г. Красноярска : монография / Е.В. Авдеева. – Красноярск : СибГТУ, 2008. - 219 с.
- 12 Авдеева, Е.В. Оценка качества городских открытых пространств (на примере объектов озеленения общего пользования г. Красноярска) / Е.В. Авдеева, Е.А. Вагнер // Системы, методы, технологии. - Братск. №4 (20). 2013. - С. 177-183.
- 13 Авдеева, Е. В. Оценка стабильности развития березы повислой (*betula pendula*) в скверах г. Красноярска // Е. В. Авдеева, В. Ф. Надеянов ; Сиб. гос. технол. ун-т // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. – Красноярск : СибГТУ, 2013. – С. 11-14.
- 14 Авдеева Е.В., Урбодендрология. Тополь бальзамический (*populus balsamifera* l.). : монография / Е.В. Авдеева, К.В. Черникова. - Красноярск : СибГУ им. М.Ф. Решетнева. 2021. - 206 с.
- 15 Авдеева, Е.В. Ландшафтно-средозащитное озеленение городских территорий: учебное пособие / Е. В. Авдеева. - Красноярск : СибГУ им. М.Ф. Решетнева. 2022. – 80 с.
- 16 Аксельрод, В.И. Сады и парки Ленинграда / В. И. Аксельрод, Н. Н. Веснина, Д. А. Демидова и др. - Ленинград : Лениздат, 1981. - 238 с.
- 17 Агафонова, А.Л. Влияние экологических факторов на рост и развитие липы мелколистной в г. Екатеринбурге / А. Л. Агафонова. Дисс. канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 2011. – 133 с.

- 18 Алексеев, А.А. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / А.А. Алексеев и др. - Ленинград : Наука, 1990. - 200 с.
- 19 Алексеев, А.С. Радиальный прирост деревьев и древостоев в условиях атмосферного загрязнения / А.А. Алексеев // Лесоведение. 1993. №4. - С. 66-70
- 20 Амосова, И. Б. Асимметрия листовой пластинки березы повислой у особей разного возрастного состояния в пригородных лесах г. Архангельска / И.Б. Амосова, П.А. Феклистов // Известия вузов. Лесной журнал. 2010. – № 2. – С. 60-66.
- 21 Антипина, Г.С. Флора сосудистых растений г. Петрозаводска / Г.С. Антипина, И.М. Тойвонен, Е.Ф. Марковская // Бот. журн. 1996. Т. 81. - С. 63-68.
- 22 Антипов, В.Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам. / В.Г.Антипов - Минск: Наука и техника, 1979. - 216 с.
- 23 Антипова, Е.М. Флора северных лесостепей Средней Сибири. / Е.М. Антипова. Автореф. ... докт. биол. наук. - Томск, 2008. – 36 с.
- 24 Антипова, Е.М. Флористическое районирование северных лесостепей Средней Сибири. // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2016. Т. 26. № 2. С. 19-26.
- 25 Анучин, Н. П. Лесная таксация : учебник для вузов / Н. П. Анучин ; Министерство природ, ресурсов РФ ; Федеральное агентство лесного хозяйства. - 6-е изд. - Москва : ВНИИЛМ, 2004. - 552 с.
- 26 Арсланов, А.А. Структура фитомассы и ее годичный прирост в культурах липы мелколистной: на примере лесостепи Башкирского Предуралья. / А.А. Арсланов. Автореф. дис. канд. с.-х. наук. - Уфа, 2011. - 15 с.
- 27 Артемьев, О.С. Измерение высот деревьев при помощи цифровой наземной фотосъемки // О.С. Артемьев, Е.А. Найдено // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения . - Красноярск : СибГТУ, 2013. - Т. 1. - С. 15-18.
- 28 Артемьев, О.С. Исследование хода роста тополя бальзамического по диаметру в г. Красноярске // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : [сб. ст. студентов и молодых ученых Всерос. науч.-практ. конф.] : [в 4

- т.]. - Красноярск : СибГТУ, 2009. – Т. 1. – С. 46-48.
- 29 Артемьев, О. С. Методы таксации городских насаждений: монография / О.С. Артемьев. – Красноярск : СибГТУ, 2003. – 100 с.
- 30 Артемьев, О. С. Ход роста тополя бальзамического по диаметру в условиях г. Красноярска // О. С. Артемьев, С. Л. Шевелев, А. А. Россинина // Лесная таксация и лесоустройство : междунар. науч.-практ. журн. – 2008. – № 2(40). – С. 24-25
- 31 Аткина, Л. И. Санитарно-защитные зоны промышленных объектов Екатеринбурга и опыт использования липы мелколистной для их озеленения / Л.И.Аткина, Г.В. Агафонова, А.Л. Агафонова, И.В. Осипов // Лесное хозяйство 2008. №3. – С. 24-26.
- 32 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.
- 33 Багаев, С.С. Культуры карельской березы в подзонах южной тайги (Костромская и Кировская области). / С.С. Багаев. автореф. ... канд. с.х. наук. - Л. - 1988. - М., 1985. - 17 с.
- 34 Байтурина, Р.Р. Влияние микроклиматических городских условий на рост *TILIA CORDATA MILL.* (на примере г. Уфы) / Р.Р. Байтурина, А.К. Габделхаков, Л.Р. Салимьянова // Лесотехнический журнал. 2023. Т. 13. № 1 (49). С. 54-66.
- 35 Балахонов, В.Ф. Связь электропотенциала камбия сосны с таксационными показателями / В.Ф. Балахонов, Ф.В. Кищенко // Лесохозяйственная информация. 1969. - № 13.- С. 3-6.
- 36 Баранов, О.Ю. Популяционно-генетическая структура представителей рода *BETULA L.* на территории Белоруси и её использование в лесной селекции. / О.Ю. Баранов. Автореф. канд. биол. наук.- Гомель.- 2003. – 22 с.
- 37 Баранов, В. И. Пихтовая тайга на предгорьях Алтая / В. И. Баранов, М.Н. Смирнов. Вып. I. - Пермь, 1931. - 96 с.
- 38 Безруких, В. А. Обоснование видового состава древесных растений с учетом

дендроклиматического районирования территории сибирского города и его пригородной зоны (на примере г. Красноярска) / В. А. Безруких, Е. В. Авдеева, Е. А. Селенина. // Хвойные бореальной зоны. - 2020. - № 5-6. - С. 225-236.

39 Белых, Е.А. Сорные растения г. Новосибирска / Е.А. Белых // Проблемы изучения синантропной флоры СССР. М.: Наука, 1989. - С. 66-67.

40 Березуцкий, М.А. Антропогенная трансформация флоры / М.А. Березуцкий // Бот. журн. 1999. Т. 84. № 6. - С. 8-19.

41 Березуцкий, М.А. Толерантность сосудистых растений к антропогенным местообитаниям (на примере флоры окрестностей г. Саратова) / М.А. Березуцкий // Бот. журн. 1998. Т. 83. № 9. - С. 77-83.

42 Берлянд, М. Е. Город и климат планеты / М. Е. Берлянд, К. Я. Кондратьев. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. - 40 с.

43 Будрейко, Е. Н. Экология городов. Загрязнение почв, воды и воздуха, 2009. – URL : <http://www.portal-slovo.ru/impressionism/41495.php>

44 Богомоллов, Д.В. Почвы Башкирской АССР.- М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 296 с.

45 Бойко, А. А. Дендрэкологическая характеристика березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в условиях смешанного типа загрязнения окружающей среды (Уфимский промышленный центр) / А. А. Бойко. Дисс. ... канд. биол. наук. – Оренбург, 2005. – 142 с.

46 Болдырев, В.А. Причины отсутствия травяного покрова в лиственных лесах приволжской возвышенности // Лесоведение, 1992, №4. С. 15-21.

47 Болотова, В.М. Распространение и условия произрастания липы сердцевидной в Коми АССР. // Тр. Коми филиала АН СССР, 1953. № 1. - С. 46-52.

48 Ботаника с основами экологии / Л.В. Кудряшов, М.А. Гуленкова, В.Н. Козлова, Г.Б. Родионова. - М.: Просвещение, 1979. - 320 с.

49 Ботанический атлас. Москва. Ленинград. Изд-во с-х. литературы, 1963. – 504 с.

- 50 Буданова, М.Г. Флора сосудистых растений города Омска / М.Г. Буданова. - Томск, 2003. - 210 с.
- 51 Будыко, М. И. Влияние человека на климат / М. И. Будыко. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. – 132 с.
- 52 Будыко, М. И. Климат и жизнь / М.И. Будыко. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. - 470 с.
- 53 Булыгин Н.Е., Ярмишко В.Т. Дендрология. - Москва : МГУЛ, 2003. – 528 с.
- 54 Бурда, Р.И. Направленное формирование флоры при её антропогенной трансформации / Р.И. Бурда // Интродукция и акклиматизация растений. - Киев, 1989. № 12. - С. 9-14.
- 55 Бурмистров, А.Н. Медоносные растения и их пыльца: Справочник. / А.Н. Бурмистров, В.А. Никитина. - М.: Росагропромиздат, 1990. - С. 103. - 192 с.
- 56 . Будыко, М.И. Глобальная экология / М. И. Будыко. – Москва: Мысль, – 1977. – 328 с.
- 57 Буторина, Т.Н. Липа сибирская в заповеднике «Столбы»/ Т.Н. Буторина, В.Д. Нащокин // Тр. Гос. заповедника «Столбы». - Вып. 2. - 1958. - С. 152-166.
- 58 Бухарина, И.Л. Биоэкологические особенности травянистых и древесных растений в городских насаждениях: монография / И.Л. Бухарина, А.А. Двоглазова. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2010 – 184 с.
- 59 Бухарина, И.Л. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде: Монография / И.Л. Бухарина, Т.М. Поварничина, К.Е. Ведерников - Ижевск. ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. - 216 с.
- 60 Буховцев, Г.М. Формирование и рост липовых насаждений лесостепной зоны ТАССР // Сб. тр. по лесному хозяйству ТАССР, 1960, вып. 15. С. 59-70.
- 61 Быков, А.П. Инженерная экология: учебное пособие. В 2 частях. Часть 2. Основы экологии производства / А. П. Быков – Новосибирск: НГТУ, 2011. – 154 с.
- 62 Вараксин, Г.С. Использование древесных растений-интродуцентов в

озеленении города Красноярска / Ю. В. Кладько, Ю. В. Кладько // Проблемы современной дендрологии: материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения член-корреспондента АН СССР П. И. Лапина (30 июня- 2 июля 2009 г.). - М: Товарищество научных изданий КМК, 2009. - С. 429-431.

63 Вараксин, Г.С. Особенности фенологического развития липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill) в различных экологических условиях города Красноярска / Г.С Вараксин, Ю.В. Кладько // Вестник КрасГАУ. 2010. № 8. С. 73-77.

64 Василевич, В.И. Рудеральные сообщества как особый тип растительности / В.И. Василевич, В.П. Мотекайтите // Бот. журн. 1988. Т. 73. № 12.-С. 1699-1706.

65 Васильев, В.Н. К систематике и географии дальневосточных берез // Ботан. журн. 1942. Т. 27, № 1/2. С. 3-19.

66 Васильев, В.Н. О *Betula pubescens* Ehrh. и *B. verrucosa* Ehrh. // Ботан. журн. 1964. Т. 49, № 12. С. 1787-1789.

67 Васильев, В.Н. Березы Урала / В.Н. Васильев // Новые данные о флоре и растительности Урала.- Свердловск, 1969.- С.59-140.

68 Васильев, И.В. Семейство липовых. // Деревья и кустарники СССР. Т. IV, М.-Л.: АН СССР, 1958. - С. 659-726.

69 Вергунов, А. П. Ландшафтное проектирование : учебное пособие для вузов по специальности "Архитектура" / А. П. Вергунов, М. Ф. Денисов, С. С. Ожегов. - Москва : Высшая школа, 1991. - 240 с.

70 Вергунов, А.П. Ландшафтное проектирование / А.П. Вергунов, М.Ф. Денисов, С.С. Ожегов. – М.: Высш. шк., 1991. – 240 с.

71 Верхунов, П.М. Высоты и объемы в коре стволов липы по разрядам высот в горных лесах (ср. $q^2=0.68$) // Лесотаксационный справочник для лесов Урала. - М., 1991. - Ч.1. - С.110.

72 Верхунов, П.М. Сортиментные таблицы для липняков Юго-Западного Урала. Йошкар-Ола: Поволжский ЛТИ, 1956. - 10 с.

73 Верхунов, П.М. Товарные таблицы для липняков Юго-Западного Урала. —

Йошкар-Ола: Поволжский ЛТИ, 1957. - 26 с.

74 Ветчинникова, Л.В. Береза: вопросы изменчивости (морфо-физиологические и биохимические аспекты) / Л.В. Ветчинникова; Отв. ред. А.Ф. Титов. - М.: Наука, 2004. - 183 с.

75 Ветчинникова, Л. В. Морфо-физиологические и биохимические особенности различных видов и разновидностей березы семенного и вегетативного происхождения в условиях Восточной Фенноскандии / Л.В. Ветчинникова. Автореф. дис. ... биол. наук. 03.00.16: - Петрозаводск, 2002. - 45 с.

76 Виньковская, О.П. История изучения и реконструкция исторической (конец XIX первая половина XX вв.) флоры города Иркутска и его окрестностей / О.П. Виньковская // Растительный покров Байкальской Сибири. - Иркутск, 2003. - С. 44 - 51.

77 Виньковская, О.П. Состав флоры города Иркутска / О.П. Виньковская // Разнообразие растительного покрова Байкальского региона. Улан-Удэ: Изд-во Бурят, ун-та, 1999. - С. 11.

78 Виньковская, О.П. Флора Иркутской городской агломерации и ее динамика за последние 125 лет / О.П. Виньковская. Автореф. дисс... канд. биол. наук. - Пермь, 2005. - 24 с.

79 Вопросы морфогенеза цветковых растений и строения их популяций / Под ред. проф. А.А. Уранова. М.: Наука, 1968. - 234 с.

80 Воробьева, М.Г. Биологические особенности видов рода *Tilia* L. в Чуйской долине : Автореферат дис. ... канд. биол. наук. (094) / АН Кирг. ССР. Объедин. совет по биол. наукам. - Фрунзе : [б. и.], 1969. - 20 с.

81 Ву, А.В. Исследование особенностей роста корневой системы липы мелколистной в зависимости от условий произрастания в городских насаждениях: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / А.В. Ву. - М., 1961. - 22 с.

82 Ву, А.В. Фенологическое прогнозирование оптимальных сроков ухода за деревьями в условиях городской среды / А.В. Ву // Вопросы индикации

фенолами и фенологического прогнозирования – Л. – 1972. – С. 219-223.

83 Ву, А.В. Особенности среды произрастания деревьев в городе / А.В. Ву // Озеленение городов : научные труды АКХ. – 1971. – № 11. – Вып.86. - Текст: непосредственный.

84 Выводцев Н.В., Бессонова Н.В., Сомов Е.В. Особенности роста липы Амурской в кедровых лесах Дальнего Востока // ХБЗ. 2022. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-rosta-lipy-amurskoy-v-kedrovyh-lesah-dalnego-vostoka>

85 Габделхаков, А.К. Первичная продуктивность липняков башкирского Предуралья. // Лесоведение. 2001. № 3. С. 38-45.

86 Габделхаков А.К., Блонская Л.Н., Фазлутдинов И.И., Ябердина В.В., Мурзакаев Р.И. Изменчивость радиального прироста деревьев липы мелколистной (*TILIA CORDATA MILL.*). // Российский электронный научный журнал. 2022. № 3 (45). С. 71-85.

87 Габделхаков А.К., Габдрахимов К.М., Конашова С.И., Фаттахова Р.Р., Хайретдинов А.Ф. Эколого-лесоводственные основы формирования высокопродуктивных липняков. Учебное пособие. Уфа, Башкирский государственный аграрный университет. 1998. – 190 с.

88 Габделхаков А.К., Имангулов М.М. Рост разновозрастного липняка. // Лесохозяйственная информация. 2004. № 5. С. 11-16.

89 Габделхаков А.К., Ситдинов М.Р. Ход роста деревьев липы мелколистной в разновозрастном древостое. // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (27). С. 119-122.

90 Галеев, Э. И. Березняки Южного Урала: На примере березы повислой / Э. И. Галеев. Автореф. дис. ...с-х. наук: 06.03.01. – Уфа, 2000. – 23 с.

91 Геоботаническое районирование СССР : [Сборник статей] / Сост. Я. Я. Васильев, Е. М. Лавренко, А. И. Лесков [и др.] ; Под ред. Е. М. Лавренко. - Москва ; Ленинград : Изд-во и 2-я тип. Изд-ва Акад. наук СССР, 1947 (Москва). - 152 с.

- 92 Герасимов, И.П. Средняя Сибирь / И. П. Герасимов. – Москва : Наука, 1964. – 480 с.
- 93 Гидион, З. Пространство, время, архитектура / Гидион З. ; Сокращенный перевод с немецкого М. В. Леонене, И. Л. Черня. — 3-е издание. — Москва : Стройиздат, 1984. — 455 с.
- 94 Гетко, Н. В. Растения в техногенной среде: структура и функции ассимиляционного аппарата / Н. В. Гетко. Минск, 1989. – 205 с.
- 95 Гиниятуллин Р.Х., Кулагин А.Ю. Состояние корневой системы березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в условиях Стерлитамакского промышленного центра // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. Вып.4. 2012. – С.21-28.
- 96 Гиниятуллин, Р. Х. Водоудерживающая способность листьев древесных растений в различных экологических условиях / Р. Х. Гиниятуллин // Известия Уфимского научного центра РАН. № 3. 2014 – С. 113-118
- 97 Говоруха, Г.И. Географическая изменчивость основных видов берез Урала по термостойкости // Закономерности внутривидовой изменчивости лиственных древесных пород. Свердловск, 1975. - С. 9-12.
- 98 Говоруха, Г.И. Закономерности внутривидовой изменчивости термостойкости *Betula verrucosa* Ehrh. и *Betula pubescens* Ehrh. на Урале. Автореф. дис.... канд. биол. наук. Свердловск. 1971. - 28 с.
- 99 Головинская, Т. Я. Особенности экологии липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) примагистральных зон городской среды : На примере Центрального района города Воронежа / Т. Я. Головинская // Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. – Воронеж 2000. – 193 с.
- 100 Городков, А.В. Архитектура, проектирование и организация культурных ландшафтов: учебное пособие. - Спб.: Проспект Науки, 2017. - 416 с.
- 101 Городков, А.В. Ландшафтно-защитное озеленение и его влияние на экологическое состояние крупных городов центральной России : 03.00.16 «Экология» : Дисс. ... докт. с.х. наук / Александр Васильевич Городков ;

- Брянская государственная инженерно-технологическая академия. - Санкт-Петербург, 2000. - 425 с.
- 102 Горохов, В.А. Городское зеленое строительство. Москва : Стройиздат, 1991. 416 с.
- 103 Горохов, В.А. Зеленая природа города. Москва : Архитектура-С, 2012. – 528 с.
- 104 Горчаковский, П. Л. Растения европейских широколиственных лесов на восточном пределе их ареала. - Свердловск : [б. и.], [1968]. - 207 с.
- 105 Горышина, Т. К. зеленый мир старого Петербурга / Т. К Горышина, Санкт – Петербург, 2003. – 416 с.
- 106 Горышина, Т. К. Растения в городе / Т. К. Горышина. Ленинград, 1991. – 151 с.
- 107 Григорьев, А.И. К изучению истории развития лесной растительности юга западной Сибири Текст.: Учебное пособие. - Омск : ОмГПУ, 1998.- 134 с.
- 108 Григорьевская, А.Я. Флора г. Воронежа / А.Я. Григорьевская. -Воронеж: Изд-во ВГУ, 2000. - 200 с.
- 109 Гроздов, Б.В. Дендрология. / Б.В. Гроздова. - Ленинград: Типография № 2 Ленгорполиграфиздата, 1952. - 436 с.
- 110 Гроздова, Н.Б. Формовое разнообразие березы бородавчатой и пушистой в центральной полосе европейской части СССР. Автореф. дис. ... канд с.-х. наук. Воронеж, 1961. - 23 с.
- 111 Гроздова, Н.Б. Береза / Н.Б. Гроздова. - Москва: Лесн. пром-сть, 1979. – 78 с.
- 112 Грохольская, В.С. Использование липы, в полезащитных насаждениях и озеленении поселков. М.; Л., изд-во и тип. Гослесбумиздата, 1950. – 51 с.
- 113 Гуртяк, А. А. Определение флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula*. R. как метод уровня техногенного загрязнения / А. А. Гуртяк, А. А. Ляцев // Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень. 2013. – С. 75-80.

- 114 Данченко, А.М. Оценка хозяйственно-важных признаков березы Северного Казахстана // Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1970. Вып. 5. - С. 14-18.
- 115 Данченко, А.М. Популяционная изменчивость березы. Новосибирск., 1990. - 205 с.
- 116 Данченко, А.М. Феногеографический анализ структуры популяций березы в Северном Казахстане // Закономерности внутривидовой изменчивости лиственных древесных пород. Свердловск, 1975. - С. 18-25.
- 117 Двоглазова, А.А. Эколого-биологические особенности древесных и травянистых растений в насаждениях урбанозкосистемы крупного промышленного центра (на примере г. Ижевска) / А.А. Двоглазова. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. - Уфа, 2009. – 20 с.
- 118 Демаков, Ю.П. Теоретические и практические аспекты устойчивого природопользования: управление, принципы организации природно-хозяйственных систем, ландшафтное планирование / Ю.П.Демаков и др. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 404 с.
- 119 Денисов, А.К. Анемохория берез пушистой и бородавчатой / А.К. Денисов, С.А. Денисов, Е.К. Кудрявцев // Изв. вузов. Лесн. журн. 1973. - №3.1. С. 6-9.
- 120 Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники : монография / под ред. О. В. Смирновой. - Москва : Прометей, 1989. - 105 с.
- 121 Дружинина, О.А. Охрана растительного покрова Крайнего Севера / О.А. Дружинина, Е.Г. Мяло. М., 1990. - 176 с.
- 122 Дулепова, Б.И. Арктогероновые степи и особенности их сезонного развития // Флора, растительность и растительные ресурсы Забайкалья. Вып. 1. Чита: Изд-во ВБО, 1970. - С. 32-33.
- 123 Дулепова, Б.И. Особенности флоры и растительности Даурской лесостепи: монография. Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2004. - 82 с.
- 124 Дулепова, Б.И. Сезонное развитие и флуктуации степных сообществ

Даурской лесостепи: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 1985. – 35 с.

125 Дымоустойчивость растений и дымоустойчивые ассортименты. - Горький, 1950.-С. 111-179.

126 Евсеева Т. И., Гераськин С. А. Использование традесканции для оценки токсичности, тератогенности и мутагенности проб талой воды, содержащих тяжелые металлы // Международный экологический конгресс "Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности", Санкт - Петербург, 14 - 16 июня 2000 г. СПб, 2000. Т.2. - С. 178-181.

127 Евстигнеев, О.И. Дифференциация деревьев широколиственных лесов по отношению к свету // Восточноевропейские широколиственные леса. М.: Наука, 1994. - 364 с.

128 Евстигнеев, О.И. Отношение лиственных деревьев к свету // Научн. докл. высш. шк. Биол. Науки. -М., 1991, №8. С. 20-29.

129 Ермолова, Л.С. Морфологические особенности и сезонное развитие березы повислой в молодых древостоях на залежах // Л. С. Ермолова, Я. И. Гульбе, Т. А. Гульбе // Лесоведение. – 2012. – № 6. – С. 30-43.

130 Ерофеева, Е.А. Влияние автотранспортного загрязнения на скорость выхода из состояния зимнего покоя и окончание вегетации у липы мелколистной / Е. А. Ерофеева: Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. №2. 2011. - С. 76-78

131 Жаркова, А.М. Флора Екатерининской лесной дачи Тарского р-на Омской обл. Текст. // Изв. Омского отд. геогр. об-ва. СССР, 1972. Вып. 10 (17).-С. 147-156.

132 Жуйкова, Т.В. Реакция ценопопуляций и травянистых сообществ на химическое загрязнение среды : Автореф. дис. ... докт. биол. наук : / Т.В. Жуйкова; Ин-т экологии растений и животных УрО РАН. - Екатеринбург, 2009. – 40 с.

133 Завьялов, К.Е. Состояние искусственных насаждений березы повислой

(*Betula pendula* Roth) в условиях магнетитового загрязнения / К. Е. Завьялов: Автореф. дис. ...с-х. наук: 06.03.01. – Екатеринбург, 2009. – 16 с.

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

135 Залывская, О.С. Особенности фенологии растений в насаждениях северных городов / О.С. Залывская // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2011. – № 197. – С. 15-22.

136 Залывская, О.С. Интродукция видов дендрофлоры в субарктических условиях: Автореф. дис. д-ра с.-х. наук. Архангельск., 2022. - 44 с.

137 Заугольнова, Л.Б. Методика проведения геоботанических описаний / Л.Б. Заугольнова, Л.А. Жукова, М.В. Бекмансуров. // Полевой экологический практикум: Учеб. пособ. Ч. 1. – Йошка-Орла: МарГУ, 2000. – С. 39-47.

138 Захаров В.М, Яблоков А.В. Анализ морфологической изменчивости как метод оценки состояния природных популяций //Новые методы изучения почвенных животных в радиоэкологических исследованиях. - М.: Наука,1985. - С.176-185.

139 Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. — М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.

140 Захаров В.М., Чубинишвили А.Т. Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях. М.: Центр экологической политики России, 2001. - 78 с.

141 Захаров, В. М. Асимметрия животных / В. М. Захаров. Москва: Наука, 1987. – 216 с.

142 Захаров, В. М. Гомеостаз развития как общая характеристика состояния организма: скоррелированность морфогенетических и физиологических показателей у березы повислой / В. М. Захаров, Е. К. Чистякова, Н. Г. Кряжева // Доклады АН. Сер. биол. 1997. Т357. №2.

143 Захаров, В.М. Биотест: интегральная оценка здоровья экосистемы и

отдельных видов / В.М. Захаров, Д. Кларк // Москва: Московское отделение международного фонда «Биотест», 1993. — с.68.

144 Здоровье среды: практика оценки / В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили, С.Г. Дмитриев [и др.]. – М., 2000. – 320 с.

145 Здоровье среды: практика оценки / Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Крысанов Е.Ю., Кряжева Н.Г., Пронин А.В., Чистякова Е.К. М., 2000. – 68 с.

146 Зубкус, Л. П. Озеленение Новосибирска: монография / Л. П. Зубкус, А. В. Скворцова, Т. Н. Хормачева. – Новосибирск: Наука, 1962. – 340 с.

147 Зыков, И.В. Использование флуктуирующей асимметрии листьев древесных растений в локальном экомониторинге / И. В. Зыков, Л. В. Федорова. – Вестник Московского Государственного общественного гуманитарного института. №2. 2012. - С. 5-7.

148 Зыков, И.В. Липняки в Западной Сибири и их охрана Текст. // Бюлл. Охрана природы и заповедное дело в СССР. 1960. - № 4. - 132 с.

149 Зыкова, Е.Ю. Флора города Горно-Алтайска и его окрестностей / Е.Ю. Зыкова // Бот. журн. 2002. Т. 87. № 1. - С. 93-99.

150 Ибрагимова, А. Х. Оценка относительного жизненного состояния насаждений березы повислой (*Betula pendula* Roth) и тополя бальзамического (*Populus Balsamifera* L.) в промышленной и селитебной зоне Стерлитамакского промышленного центра / А. Х. Ибрагимова, О. в. Тагирова, Р. Х. Гиниятуллин, А. Ю. Кулагин // Вестник Самарского государственного университета. г. Самара. 2014. – С. 197-206.

151 Иванов, А.Ф. Биология древесных растений. - Минск, Наука и техника, 1975. - 264 с.

152 Игнатъева, М.Е. Рабочее совещание «Изучение флоры городов» / М.Е. Игнатъева // Бот. журн. 1990. Т. 75. № 9. - С. 1335-1337.

153 Извеков, А.А. Динамика таксационных показателей ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и ели колючей (*Picea pungens* Engelm.) в условиях

урбанизированной среды г. Красноярска. : Автореф. канд. с.х. наук. - Красноярск., 2021. – 20 с.

154 Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль. – М.: Гидрометеоиздат, 1984. – 560 с.

155 Илькун, Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. Киев: Наукова думка, 1978. - 246 с.

156 Илькун, Г.М. Пошкодження тканин листа в токсичними газами / Г.М. Илькун, А.С. Миронова, Л.А. Михайленко // Укр. ботан. журн. 1969. - Т. 26., № 1. - С. 7277.

157 Ильминских, Н.Г. Анализ городской флоры (на примере флоры города Казани) / Н.Г. Ильминских. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. - Л., 1982. - 20 с.

158 Ильминских, Н.Г. Специфика городской флоры и её место в системе других флор / Н.Г. Ильминских, В.М. Шмидт // Актуальные проблемы сравнительного изучения флор. СПб.: Наука, 1994. - С. 261-269.

159 Ильминских, Н.Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды (на примере городов Вятско-Камского края) / Н.Г. Ильминских. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. - СПб., 1993. - 36 с.

160 Информационно-аналитическая система «Управление качеством городских объектов озеленения», Модуль I мониторинг состояния городских объектов / Е. В. Авдеева [и др.] // Хвойные бореальной зоны. 2015. С. 89–95.

161 Иншаков, Е.М. Изучение водоудерживающей способности листьев черемухи Маака, березы повислой, яблони сибирской в условиях г. Красноярска / Е. М. Иншаков, Л.Н. Сунцова ; Сиб. гос. технол. ун-т // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. - Красноярск : СибГТУ, 2011. – Т. 1. – С. 120-122

162 Исмаилов, М.И. О полиморфизме таджикистанских видов *Betula L.* // Ботан. журн. 1972. Т. 57, № 1. - С. 127-136.

163 Ишбирдина, Л.М. Синантропные древесные сообщества г. Уфы / Л.М. Ишбирдина, А.Р. Ишбирдин // Бот. журн. 1991. Т. 76. № 4. - С. 548-555.

- 164 Кавеленова, Л.М. К методологии использования городской растительности в биомониторинге условий урбосреды / Л.М. Кавеленова // Известие Самарского научного центра Российской академии наук. 2002. Т4. №2
- 165 Кавтарадзе, Д.Н. Автомобильные дороги в экологических системах (проблемы взаимодействия) / Д.Н. Кавтарадзе, Л.Ф. Николаева, Е.Б. Поршнева, Н.Б. Флорова – М.: ЧеРо, 1999. – 240 с.
- 166 Кавтарадзе, Д.Н. Конструктивно-экологические аспекты сохранения биосферы и урбанизированные регионы: Автореф. дис. д-ра биол. наук. М., 1993. - 45 с.
- 167 Кавтарадзе, Д.Н. Конструктивно-экологический подход к проблемам биосферы // Биологические науки, 1987. №12.
- 168 Кавтарадзе, Д.Н. Конструктивно-экологический подход к формированию городской среды // Архитектура СССР. 1984. №4. с.41-42.
- 169 Кавтарадзе, Д.Н. Экологические принципы оценки воздействия автодорог на окружающую среду // Наука и техника в дорожной отрасли. 1997, № 2. - С. 8-10.
- 170 Капитонова, О.А. Флора макрофитов урбанизированных территорий Вятско-Камского Предуралья: монография / О. А. Капитонова. — Ярославль : Филигрань, 2022. — 195 с.
- 171 Капленко, А.А. Ход роста тополя бальзамического в центральной части г. Красноярска / А. А. Капленко, Д. Н. Лосюков // Лесной и химический комплексы - проблемы и решения. – Красноярск, 2006. – Т. 1. – С. 83-84.
- 172 Карандина, С.Н. Корневые системы древесных пород широколиственных лесов лесостепи / С.Н. Карандина // Ученые записки Ленинградского ун-та, вып.25. - 1950. - С.38-43
- 173 Карманова, И.В. Связь продукционной деятельности с вертикальной структурой сообщества // Ботан. журнал, 1983, №8. - С. 35-43.
- 174 Карманова И.В., Ильина Н.А. Связь между пространственной структурой и продукцией на разных уровнях организации // Ботан. журнал, 1984, №12. - С. 15-

16.

175 Касимов, Н. С. Эколого – геохимические оценки состояния городов / Н. С. Касимов // Экогео – химия городских ландшафтов. Москва, 1995. – С. 20 – 39.

176 Кизель, В.А. Физические причины дисимметрии живых систем. - М. : Наука, 1985. - 120 с.

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

178 Кладько, Ю. В. Использование редких видов интродуцентов в Центральном районе г. Красноярск / Ю. В. Кладько, А. Б. Романова // Лесной химический комплексы: Том – 1: Международная научно-практическая конференция. 2007. 69-73 с.

179 Клауснитцер, Б. Экология городской фауны: пер. с нем. М. : Мир, 1990 – 246 с.

180 Клеопов, Ю.Д. Анализ флоры широколиственных лесов европейской части СССР Текст. Киев: Наукова думка, 1990. - 352 с.

181 Клепикова Е.А., В.С. Безель, Г.И. Таршис Реакция эпидермального комплекса *Betula verrucosa* и *Plantago maior* на токсическое загрязнение среды // Сибирский экологический журнал, 2002, № 1, С. 67-70.

182 Клещева, Е.В. Индивидуальная изменчивость березы повислой по формам трещиноватости коры в ЦЧО / Е. В. Клещева : Автореф. дис. ...с-х. наук: 06.03.01. - Воронеж, 2007. – 20 с.

183 Климат Красноярск / под ред.: Ц. А. Швец, А. С. Герасимовой. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1982. – 231 с.

184 Климат, погода, экология Москвы. СПб: Гидрометеиздат, 1995. - 438 с.

185 Ковригина, Л.Н. Особенности развития и строения побегов древесных растений в условиях городской среды // Тез. докл. II Междун. конф. по анатомии и морфологии растений. Санкт-Петербург, 14-18 октября 2002. СПб., 2002. - С. 286

186 Козлов А.Т., Харченко Н.А., Жуков Д.М. Многообразие функций

городских зеленых насаждений и повышение их эффективности. // Комплексная продуктивность лесов и организация многоцелевого многопродуктового лесопользования. Всероссийская конференция "Комплексная продуктивность лесов и организация многоцелевого многопродуктового лесопользования". Воронеж, 13-14 декабря 1995 г. – с.111-112.

187 Козьмин, А. В. Испытание средневозрастных потомств разных видов березы и географических происхождений березы повислой в Воронежской области // А. В. Козьмин, В. А. Кострикин. – (Лесные культуры и защитное лесоразведение) // Лесное хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 29-30 : 2 табл. – Библиогр.: с. 30 (8 назв.). – ISSN 0024-1113

188 Козьяков, С.Н. Ход роста липняков по типам леса в Башкирской АССР // - Л -Баш. СХИ, 1963, т. 11, ч. 1.- С. 64-67.

189 Козьяков, С.Н. Использование аэроснимков для изучения распространения широколиственных лесов в условиях Башкирской АССР : Автореф. дис. ... канд. с.х. наук / Козьяков С.Н. [Уральский государственный лесотехнический институт]. - Свердловск, 1964. - 22 с.

190 Колесников, А.И. Декоративная дендрология. Москва : Лесная промышленность, 1974. – 704 с.

191 Колмогорова, Е.Ю. Морфофизиологическая оценка состояния березы повислой в условиях действия выбросов автотранспорта / Е. Ю. Колмогорова, В. А. Кайдорина, О. А. Неверова // Известия вузов. Лесной журнал. – 2012. – № 2. – С. 20-27. – Библиогр.: с. 26-27

192 Колыбина, Н.Ф. Биологические особенности видов рода *Tilia* L. в лесостепи УССР: Автореф. дис. ... канд. биол.наук. - Киев., 1970. - 21 с.

193 Коновалов, В. Ф. Береза повислая на Южном Урале: Структура популяций, селекция и воспроизводство / В. Ф. Коновалов: Автореф. дис. ... докт. с-х. наук : 06.03.01 . – Йошкар-Орла, 2003. – 40 с.

194 Коновалов, В.Ф. Селекция и разведение березы повислой на Южном Урале: Монография / В.Ф. Коновалов. М.: МГУЛ, 2002. – 299 с.

- 195 Константинов, Е. Л. Особенности флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) как вида биоиндикатора / Е. Л. Константинов: Автореф. дис. ...биол. наук. 03.00.16: - Калуга, 2001. – 20 с.
- 196 Коробко В.И., Коробко Г.Н. Основы структурной гармонии природы и искусственных систем. Ставрополь, 1995. - 310 с.
- 197 Корона, В.В. Основы структурного анализа в морфологии растений. Свердловск: Изд-во Урал, ун-та, 1987. - 272 с.
- 198 Коропачинский, И.Ю. Древесные растения Сибири / И.Ю. Коропачинский. – Новосибирск: Наука, 1983. – 382 с.
- 199 Коропачинский, И.Ю. Озеленение промышленных городов Красноярского края (практические рекомендации) / И.Ю. Коропачинский. – Красноярск, 1987. – 65 с.
- 200 Коропачинский И. Ю., Лоскутов Р. И. Древесные растения для озеленения Красноярска. Новосибирск: Академ. изд-во «Гео», 2014. - 320 с.
- 201 Коропачинский, И. Ю. Древесные растения для озеленения Красноярска Ю. Коропачинский, Р. И. Лоскутов ; Институт леса им. В.Н. Сукачева. Лесосибирск : Гео, 2014. - 320 с.
- 202 Кофман, Г. Б.- Рост и форма деревьев. - Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1986. - 209 с.
- 203 Крайнев, В.П. Массовые таблицы сбег, объемов и сортиментов липы, клена, ильма и пихты. Уфа, Таксовая комиссия Баш. АССР, 1935. - 167 с.
- 204 Крушлинский, В.И. Город и природа Сибири: Архитектурно-планировочные аспекты / В.И. Крушлинский. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1986. – 232 с.
- 205 Крылов, Г.В. Потапович, В.М. Кожеватова, Н.Ф. Типы леса Западной Сибири Текст. Новосибирск, 1958. - 207 с.
- 206 Крылов, П.Н. Липа на предгорьях Кузнецкого Алатау Текст. // Изв. Томского ун-та, 1891, вып. 1. - 40 с.
- 207 Кряжева Н.Г., Е.К. Чистякова, В.М. Захаров. Анализ стабильности развития

- березы повислой в условиях химического загрязнения // Экология, 1996, -№6. С. 441-444.
- 208 Кузьмичев, В. В. Закономерности роста древостоев. - Новосибирск : Наука, 1977. - 160 с.
- 209 Кузьмичев, В. В. Закономерности динамики древостоев: принципы и модели / В. В. Кузьмичев. - Новосибирск : Наука, 2013. - 208 с.
- 210 Кулагин, Ю.З. Древесные растения и промышленная среда [Текст] / Ю.З. Кулагин. – М.: Наука, 1974. – 125 с.
- 211 Кулагин, Ю.З. Водный режим и газоустойчивость древесных растений // Растительность и промышленные загрязнения. Свердловск: УрО АН СССР, 1966.-С. 49-51.
- 212 Кулагин, Ю.З. Газоустойчивость растений и преадаптации // Экология, 1973, №2. С. 50-54.
- 213 Кулагин, Ю.З. Древесные растения и промышленная среда / Ю.З. Кулагин. – М.: Наука, 1974. – 125 с.
- 214 Кулагин, Ю.З. Эколого-лесоводственные особенности березы повислой и березы пушистой на промышленных отвалах // Лесоведение, 1985. - №4. - С.60-61.
- 215 Кулагин, А.Ю. Фенологические наблюдения за липой мелколистной (*Tilia cordata mill.*) на территории г. Уфы // А.Ю. Кулагин, В.В. Николаева // Биология. – 2014. – № 3. – С. 150-153.
- 216 Куминова А.В., Чижикова Н.М., Танзыбаев М.Г. Природные факторы, определяющие структуру современного растительного покрова Хакасии // Растительный покров Хакасии. - Новосибирск, 1976. - С. 10-39.
- 217 Курнаев, С.Ф. Теневые широколиственные леса Русской Равнины и Урала.- М.: Наука, 1980.- 316 с.
- 218 Курило, Ю. А. Экологические особенности березы повислой (*Betula pendula Roth.*) в условиях нефтешламового загрязнения / Ю. А. Курило: Автореф. дис. ...биол. наук. 03.00.16: - Омск, 2011. - 16 с.

- 219 Лабий, Ю.М. Рассеивание выбросов автотранспорта в условиях гор, предгорий и равнин / Ю. М Лабий, Л. Л. Карпинец // Гигиена и санитария, 1988, №5. – с.80-81.
- 220 Лавриненко, Д.Д. Взаимодействия древесных пород в различных типах леса. - М.: Лесная промышленность, 1965. - 258 с.
- 221 Лебедев, А.В. Динамика продуктивности и средообразующих свойств древостоев в условиях городской среды (на примере Лесной опытной дачи Тимирязевской академии) / А. В. Лебедев.: Автореф. ... канд. с.х. наук. 06.03.02 «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация» - Красноярск, 2019. - 20 с.
- 222 Ли Фенжи. Эффективная структура крон и рост стволов лиственницы ольгинской в Северо-Восточном Китае / Фенжи Ли, Цзянь Инь. // Лесоведение. – 1998. – №2. – С. 69-79.
- 223 Лисотова Е.В., Сунцова Л.Н., Иншаков Е.М. Использование морфометрических признаков для оценки состояния древесных растений в условиях г. Красноярска // Хвойные бореальной зоны. 2013. Т. 31. № 3-4. С. 59-62.
- 224 Лисотова Е.В., Сунцова Л.Н., Иншаков Е.М. Оценка состояния насаждений в условиях техногенной среды г. Красноярска. // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса. материалы XIII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург, 2021. С. 163-166.
- 225 Лисотова, Е.В. Эколого-физиологические особенности древесных растений в искусственных насаждениях (на примере г. Красноярска). / Е.В. Лисотова. Автореф. ... канд. с.х. наук. - Красноярск, 2022. - 19 с.
- 226 Литвяков, М.К. Естественное размножение липы в условиях Брянского лесного массива// Сб. аспирантских работ №2, Брянский ЛХИ, 1957.- С. 87-100.
- 227 Лищинская, С. Н. Эколого-биологические особенности березы повислой

(*Betula pendula* Roth.) как компонента антропогенных лесонасаждений г. Самары / С. Н. Лищинская: Автореф. дис. ... биол. наук. 03.00.16: - Самара, 2003. - 18 с.

228 Лобова, О. В. Изменение вегетационных органов липы мелколистной в условиях города / О. В. Лобова: Лесной вестник том 2, 1999. – С.80 -81.

229 Лосицкий, К. Б. Эталонные леса / К. Б. Лосицкий, В. С. Чуенков. - Москва : Лесная пром-сть, 1973. - 160 с.

230 Лоскутов, Р.И. Декоративные древесные растения для озеленения населенных пунктов Красноярского края / Р.И. Лоскутов, И.Ю. Коропочинский, Т.Н. Встовская. – Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1985. – 100 с.

231 Лоскутов, Р.И., Декоративные древесные растения для озеленения городов и поселков / Р.И. Лоскутов. – Красноярск : Изд-во Красноярского ун-та, 1993. – 184 с.

232 Лоскутов, Р.И. Рост и развитие древесных растений дальневосточной дендрофлоры в дендрарии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН // Лесная таксация и лесоустройство. 2005. № 2(35). С. 81–88.

233 Луганский Н.А., Залесов С.В., Луганский В.Н Лесоведение: учебное пособие. Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург, 2010. - 432 с.

234 Лунц, Л.Б. Городское зеленое строительство / Л.Б. Лунц. - Москва : Стройиздат, 1974. - 279 с. - Текст : непосредственный

235 Мадебейкин И.Н., Мадебейкин И.И. Выращивание и использование липы // Пчеловодство : журнал. 2010. № 6. - С. 18-19.

236 Малеев, В.П. Семейство липовые Текст. // Флора СССР. Т. XV. - М. - Л.: АН СССР, 1949. С. 1-23.

237 Малышев Л.И., Пешкова Г.А. Особенности и генезис флоры Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). - Новосибирск: Наука, 1984.- 265 с.

238 Мамаев С.А., Говоруха Г.И. Термостойкость листьев двух видов березы, произрастающих на Урале // Лесоведение. 1972. № 2. - С. 81-83.

239 Мамаев, С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений /

- С. А. Мамаев. - Москва : Наука, 1972. - 284 с.
- 240 Маслов, Н. В. Градостроительная экология : учебное пособие / Н. В. Маслов ; ред. М. С. Шумилова. - Москва : Высшая школа, 2002. - 284 с.
- 241 Матвеев-Мотин, А.С. Таблицы хода роста липовых насаждений. - Лесотаксационные очерки, 1931, вып. 1. С. 5-48.
- 242 Математический энциклопедический словарь / Гл. ред. Ю. В. Прохоров - М. : Сов. энциклопедия, 1988. - 847 с.
- 243 Махнев, А.К. Индивидуальная изменчивость березы Припышминских боров Зауралья: Автореф. дис.... канд. с.-х наук. Свердловск, 1964. - 27 с.
- 244 Махнев, А.К. О взаимоотношении березы бородавчатой и пушистой и производительности их отдельных форм в связи с фенологическими особенностями // Лесн. журн. 1965. № 3. - С. 29-33.
- 245 Махнев, А.К. О внутривидовой и географической изменчивости и морфогенезе листьев *Betula verrucosa* Ehrh. и *Betula pubescens* Ehrh. на Среднем Урале // Тр. Ин-та экологии растений и животных. 1969. Вып. 64. - С. 39-67.
- 246 Махнев, А.К. Закономерности географической изменчивости вегетативных органов березы // Тр. Ин-та экологии растений и животных. 1970. Вып. 75. - С. 36-60.
- 247 Махнев, А.К. Закономерности изменчивости и особенности внутривидовой структуры у берез секции *Albae* на Урале в связи с широтной зональностью // Индивидуальная и эколого-географическая изменчивость растений. Свердловск, 1975. - С. 15-91.
- 248 Махнев, А.К. Интродукция карельской березы на Среднем Урале // Интродукция и акклиматизация декоративных растений. Свердловск, 1982. - С. 30-35.
- 249 Махнев, А.К. Внутривидовая изменчивость и популяционная структура берез секции *Albae* и *Nanae*. М., 1987. - 129 с.
- 250 Махонько, Э.П. О загрязнении почв промышленных районов тяжелыми металлами / Э.П. Махонько, Н.И. Первунина, Г.К. Вертинская // Тр. ИЭМ. Вып.4

(56). 1976.- С.109-113.

251 Машинский, Л.О. Город и природа (городские зеленые насаждения) / Л. О. Машинский. - Москва : Стройиздат, 1973. - 228 с.

252 Машинский, В.Л. О нормировании озелененных территорий в крупных городах / В.Л. Машинский // Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство. – М. : МЛТИ, 1991. – Вып. 246. – С. 99-105.

253 Мерзлякова, И.Е. Адвентивные растения во флоре г. Томска / И.Е. Мерзлякова // Состояние и перспективы развития Гербариев Сибири. - Томск, 1997. - С. 89-90.

254 Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР: сб. ст. / под ред. П. И. Лапина. – Москва: Изд-во Гл. ботан. Сад АН СССР, 1972. – 135 с.

255 Михайлова, Н.В. Формирование разновозрастных елово-липовых насаждений в лесах Предуралья : Автореф. дис. ... канд. с.х наук - Уфа, 2011. – 20 с.

256 Моисеев, Н. Н. Проблемы мегаполисов их возможное будущее / Н. Н. Моисеев // Экология большого города, Москва, 1996. - С. 8-10.

257 Моисеенко Ф.П. Сортиментные таблицы для липы европейской части СССР. М.: Изд-во МСХ СССР, 1955. - 143 с.

258 Мокров, И. В. Биоидикационное значение флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula Pendula* Roth.) в рекреационных зонах крупного промышленного центра и на особо охраняемой природной территории на примере Нижегородской области / И.В. Мокров: Автореф. дис. ... биол. наук. 03.00.16: - Нижний Новгород, 2005. – 24 с.

259 Молчанов, А.А. Продуктивность органической массы в лесах различных зон. – М : Наука, 1971.- 275 с.

260 Молчанов А.А., Губарева В.А. Взаимосвязь в лесном биогеоценозе. – М : Наука, 1980. - 152 с.

261 Морозов, Г.Ф. Учение о лесе / проф. Г. Ф. Морозов ; Под ред. проф. д-ра с.-

х. наук В. Г. Нестерова. - 7-е изд. - Москва ; Ленинград : изд-во и тип. Гослесбумиздата, 1949 (Ленинград). - 456 с.

262 Морозова, Г.Ю. Оценка жизненного состояния насаждений общего пользования города Хабаровска // Проблемы устойчивого управления лесами Сибири и Дальнего Востока. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 75-летию образования Дальневосточного научно-исследовательского института лесного хозяйства. Хабаровск, 2014. С. 286-289.

263 Москаленко, П.И. Анализ влияния различных компонентов городской среды на экологическую обстановку в г. Москве / П.И. Москаленко, А.В. Черняев. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. - М.: «МАТИ»-РГТУ. Т.3. – 2006. - с.78-79.

264 Мурахтанов, Е.С. Основы организации комплексного хозяйства в липняках средней Волги. Л.: Изд-во ЛГУ, 1972. – 302 с.

265 Мурахтанов, Е.С. Пчеловодство в липняках / Е. С. Мурахтанов. — Москва : Лесная пром-сть, 1977. — 105 с. - Текст : непосредственный

266 Мурахтанов, Е.С. Липа. / Е. С. Мурахтанов. - М.: Лесная пром-сть, 1981. – 80 с.

267 Мушегян, А.М. Березы Казахстана // Тр. Алма-Атин. ботан. сада АН КазССР. 1956. Т. 3. - С. 18-39.

268 Мушинская, Н.И. Экология семенного размножения клена остролистного и липы мелколистной в Башкирском Предуралье: Автореф. дис. ... канд. биол. Наук.- Свердловск, 1977, - 24 с.

269 Назирова, З.М. Широколиственные леса равнинного Предуралья Башкирии: Автореф. дис. канд. биол. наук.- Казань, 1968.- 21 с.

270 Найдено, Е.А. Методика дистанционной оценки измерения высот деревьев по материалам цифровой наземной фотосъемки // Е. А. Найдено, О. С. Артемьев ; Сиб. гос. технол. ун-т // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. – Красноярск : СибГТУ, 2014. – Т. 1. – С. 82-84.

- 271 Напалков, Н.В. Обоснование возраста рубки насаждений липы Татарской в Чувашской АССР.- Тр. по лесному хозяйству Тат. ЛОС, 1948, вып. 8.- С. 23-41.
- 272 Наумова, В. Е. Липа Сибирская – ее экология и возможности использования для озеленения Красноярска / В. Е. Наумова: дисс. ... канд. с-х. наук. Красноярск, 1977. – 28 с.
- 273 Неверова, О.А. Древесные растения и урбанизированная среда *Arboreal plants and the urban environment: Экол. и биотехнол. аспекты* / О. А. Неверова, Е. Ю. Колмогорова; отв. ред. В. С. Николаевский. – Новосибирск: Наука, 2003. – 221 с.
- 274 Неверова, О.А. Оценка устойчивости древесных насаждений по степени нарушения ассимиляционного аппарата и крон деревьев / О.А. Неверова, В.С. Николаевский // Лесное хозяйство. 2003 - № 6. — С. 31-32.
- 275 Нефедова, Т.А. *Betula pendula* Roth. как объект экологического мониторинга городской среды / Нефедова Т. А. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2003. – 21 с.
- 276 Николаевский, В.С. Некоторые анатомо-морфологические особенности древесных растений в связи с их газоустойчивостью в условиях медеплавильной промышленности Среднего Урала / В. С. Николаевский. Автореф. дис. . канд. биол. наук. Свердловск, 1964. – 25 с.
- 277 Николаевский, В.С. Биологические основы устойчивости декоративных растений к сернистому газу / В. С. Николаевский. Автореф. дис. . д-ра биол. наук. Пермь, 1972. - 76 с.
- 278 Николаевский, В.С. Биологические основы газоустойчивости растений / В.С. Николаевский; отв. ред. В. Ф. Альтерготт ; Центр, сиб. ботан. сад. - Новосибирск : Наука, 1979. - 275 с.
- 279 Николаевский, В.С. Эколого-физиологические основы газоустойчивости растений / В. С. Николаевский. – Москва 1989. – 65 с.
- 280 Николаевский, В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации: монография / В. С.

Николаевский. – Москва: МГУ леса, 1998. – 191 с.

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

282 Нуриев, Д.Н. Строение, рост и состояние озеленительных посадок березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в условиях города Екатеринбурга / Д.Н. Нуриев. Автореф. дисс. ... канд. с.х. наук. - Екатеринбург, 2019. – 20 с.

283 О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2014 году : ежегодный доклад / Гос. ком. по охране окруж. среды Краснояр. края [и др.]. - Красноярск : [б. и.], 2015. - 234 с.

284 О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2015 году : ежегодный доклад / Гос. ком. по охране окруж. среды Краснояр. края [и др.]. - Красноярск : [б. и.], 2016. - 234 с.

285 О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2016 году : ежегодный доклад / Гос. ком. по охране окруж. среды Краснояр. края [и др.]. - Красноярск : [б. и.], 2017. - 315 с..

286 О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2017 году: ежегодный доклад / Гос. ком. по охране окруж. среды Краснояр. края [и др.]. - Красноярск : [б. и.], 2018. - 301 с.

287 О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2018 году : ежегодный доклад / Гос. ком. по охране окруж. среды Краснояр. края [и др.]. - Красноярск : [б. и.], 2019. - 234 с.

288 О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2019 году : ежегодный доклад / Гос. ком. по охране окруж. среды Краснояр. края [и др.]. - Красноярск : [б. и.], 2020. - 234 с.

289 О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2020 году : ежегодный доклад / Гос. ком. по охране окруж. среды Краснояр. края [и др.]. - Красноярск : [б. и.], 2021. - 327 с.

290 О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2021

году : ежегодный доклад / Гос. ком. по охране окруж. среды Краснояр. края [и др.]. - Красноярск : [б. и.], 2022. - 317 с.

291 Овсянников, В.Ф. Лиственные породы / В.Ф. Овсянников. – 3-е изд. перераб. – Владивосток: ОГИЗ – ДАЛЬКРАЙОТДЕЛЕНИЕ, 1931. – 374 с.

292 Орлова, Н.И. Сем. Betulaceae С.А. Agardh // Флора Мурманской области. М.; Л. 1956. Вып. 3. С. 121-124.

293 Орлова, Н.И. Систематическое исследование древесных пород Кольского полуострова: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1952. - 13 с.

294 Павлов, И. Н Древесные растения в условиях техногенного загрязнения / И. Н. Павлов. – Улан-Уде: БНЦ СО РАН, 2006 – 360 с.

295 Павлов, И.Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения / И.Н. Павлов. – Улан – Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2006. – 360 с.

296 Панов, А.И. Изменчивость сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в городских посадках : на примере г. Красноярска : Дисс. ... канд. с.х. наук: Красноярск, 2021. 224 с.

297 Парфёнов, В.И. Антропогенные изменения флоры и растительности Белоруссии / В.И. Парфёнов. Минск: Наука и техника, 1985. - 295 с.

298 Перцик, Е.Н. Город в Сибири (проблемы, опыт, поиск решений) / Е.Н. Перцик, – М.: Мысль, 1980. – 286 с.

299 Петункина Л.О., Сарсацкая А.С. Береза повислая, как индикатор городской среды // Вестник Кемеровского государственного университета, 2015. №4 (64). Т.3. – с.68-71.

300 Петухов, С.В. Биомеханика, бионика и симметрия / С. В. Петухов. Москва: Наука, 1981. - 1981. - 239 с.

301 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.

302 Плотников, В.В. Популяционно-экологические аспекты тератологии древесных растений / В.В. Плотников, Л.Ф. Семериков // Доклады АН СССР,

1976. Том 227, № 2, - С. 472-474.

303 Погосова, Н.П. Особенности сезонной ритмики в росте и развитии яблони сибирской / Н.П. Погосова, Н.Г. Чаплыгин // Научный поиск молодежи – лесной промышленности края. – Красноярск, 1983. – С. 86.

304 Положий, А.В. Флора Красноярского края. Томск: Томск. гос. ун-т, 1977. Вып. - 7. - 132 с.

305 Полякова, Е.В. Особенности развития и жизнеспособность древесных растений в условиях городской среды (На примере г. Владивостока) : Автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 : Владивосток, 2004 - 24 с.

306 Понамарев, Н.А. Березы СССР / Н. А. Понамарев. – Москва. – Ленинград. Гослестехиздат, 1938. – 246 с.

307 Попов, Г.Х. Проблемы развития городов // Научные труды Вольного экономического общества России. 2007. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-razvitiya-gorodov>.

308 Попов М.Г. Флора Средней Сибири Текст. Т.1. - М.-Л.: АН СССР, 1957. – 366 с.

309 Попов, В.И. О новых и редких для северо-запада России видах адвентивных растений, найденных в Санкт-Петербурге / В.И. Попов // Бот. журн. 1998. Т. 83. № 12. - С. 139-145.

310 Почва, город, экология / Добровольский Г. В. и др. Москва: 1997. – 320 с.

311 Приймак, П. Г. Морфологическая изменчивость берез в условиях техногенного загрязнения на Кольском полуострове / П. Г. Приймак: Автореф. дис. ...биол. наук. 03.00.16: - Мурманск, 2005. – 20 с.

312 Природный комплекс большого города : Ландшафт.-экол. анализ / Э.Г. Коломыц, Г.С. Розенберг, О.В. Глебова и др.; Отв. ред. А.С. Керженцев; Рос. акад. наук. Ин-т экологии Волж. бассейна [и др.]. - Москва : Наука : Наука/Интерпериодика, 2000. – 285 с.

313 Прокофьева, Т.В. Почвы, запечатанные под дорожными покрытиями, в структуре почвенного покрова города / Т.В. Прокофьева, М.Н. Строганова //

Тез. Докл. 3 съезда Докучаевского общества почвоведов (11-15 июля 2000 г., Суздаль). Книга 3. Москва, 2000. С.77.

314 Протопопова, Е.Н. Итоги интродукции и возможность расширения ассортимента древесных пород в условиях Центральной Сибири : Автореф. дис. ... канд. биол. наук / АН СССР. Уральский филиал. - Свердловск : 1964. - 21 с.

315 Протопопова, Е.Н. Новые древесные породы Сибири : Интродукция новых пород на юге Краснояр. края / АН СССР. Сиб. отд-ние. Ин-т леса и древесины. - Москва : Наука, 1966. - 104 с.

316 Птичникова, Г.А. Градостроительство и архитектура Швеции. 1980 - 2000. / Г.А. Птичникова. - СПб.: Наука, 1999. - 199 с.

317 Пузаченко, Ю.Г. Структура растительности лесной зоны СССР. Системный анализ / Ю.Г. Пузаченко, В.С. Скулкин. - Москва : Наука. 1981. - 276 с.

318 Пяк, А.И. Сосудистые растения города Томска / А.И. Пяк, И.Е. Мерзлякова. Томск: ТГУ, 2000. - 80 с.

319 Работнов, Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в лесных ценозах. - Тр. БИНа АН СССР. М.-Л., 1950. - Сер. 3. Вып. 6. - С. 7-204

320 Работнов, Т.А. Фитоценология. - М.: изд-во МГУ, 1992. - 356 с.

321 Разумовский, Ю.В. К вопросу о возрастных изменениях объемно-пространственной структуры парковых территорий / Ю.В. Разумовский, Л.М. Фурсова // Науч. тр. ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство. - Вып. 246. - М.: МЛТИ, 1991. - С. 84-93.

322 Разумовский, Ю.В. Влияние экологических факторов на рост и развитие *Tilia Cord.* в парковых насаждениях : Автореф. дис. ... канд. с.х. наук / Ю.В.Разумовский. - М., 1992. - 239 с.

323 Раменская, М.Л. Анализ флоры Мурманской области и Карелии. Л, 1983. - 215 с.

324 Раменская, М.Л. К типологии лесотундровых и горных березняков // Ботанические исследования в Субарктике. Апатиты, 1974. - С. 18-33.

325 Раменская, М.Л. Определитель высших растений Карелии. Петрозаводск.

1960. - 485 с.

326 Рахтеенко, И.К. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений. Минск: Изд-во АН БССР, 1963. - 254 с.

327 Рекомендации по озеленению городов и рабочих поселков Средней Сибири / Академия наук [АН] СССР. Сибирское отделение [СО]. Институт леса и древесины им. В.Н.Сукачева; сост. Е. Н. Протопопова. - Красноярск : Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 1972. - 148 с.

328 Россинина, А.А. Таксация древесных растений в урбанизированной среде (на примере г. Красноярск) / А. А. Россинина. Автореф. ... канд. с.х. наук. Красноярск: 2010. – 19 с.

329 Рубцов, В.И. Формы ольхи черной в брянском лесном массиве и пути их использования / В.И. Рубцов. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Брянск, 1968. - 18 с.

330 Ружже, В.Л. Красноярск. Вопросы формирования и развития / В.Л. Ружже. – Красноярск: Кн. изд-во, 1966. – 196 с.

331 Рунова, Е.М. Оценка техногенного загрязнения по показателям флуктуирующей асимметрии березы повислой (*Betula pendula roth*) в окрестностях г. Братска / Е.М Рунова, О.А Костромина // Вестн. КрасГАУ, 2011; Вып. №6.

332 Руссков, В.Г. Тенденции и периодичности роста деревьев сосны по высоте / В.Г. Руссков // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2012. - 21 с.

333 Рутковский, И.В. Биоэлектрическая активность тополей разного физиологического состояния в суточном и сезонном ритмах / И.В. Рутковский // Лесоведение. -1973.-№1.- С. 51-57.

334 Рысин, Л.П. Липа сердцевидная // Биол. флора Моск. области. Вып. 7. М.: 1983. С.128-152.

335 Рябовол, С.В. Флора г. Красноярска : сосудистые растения : Автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Рябовол Светлана Валерьевна; - Красноярск, 2007. - 20 с.

- 336 Рябчинский, А.Е. Типы леса и естественное возобновление липы в БАССР // Тр. БашЛЮС.- Уфа, 1964, вып. 7.- С. 10-23.
- 337 Седаева, М.И. Характеристика семян *Tilia* в естественных популяциях в окрестностях города Красноярска. / М.И. Седаева, А.К. Экарт, А.Н. Кравченко. // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Красноярск, 2020. Т. 23. - С. 113-115.
- 338 Сейдафаров, Р.А. Эколого-биологические особенности липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill) в условиях техногенного загрязнения (на примере Уфимского промышленного центра / Р. А. Сейдафаров: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Уфа, 2008. 24 с.
- 339 Сейдафаров, Р.А. Эколого-биологические особенности липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в условиях техногенного загрязнения: на примере Уфимского промышленного центра / Р. А. Сейдафаров // дис. ... канд. биол. наук – Уфа, 2009. – 221 с
- 340 Семашко, К.И. Ветер как градостроительный фактор / К.И. Семашко, Г.Н. Левченко, С.Д. Соколов // Оздоровление окружающей среды городов. – М. : Стройиздат, 1973. – С. 82 – 99.
- 341 Семашко, К.И. Некоторые закономерности распределения ветрового потока /К.И. Семашко // Оздоровление окружающей среды городов. – Москва : Стройиздат, 1973. – С. 99 – 108.
- 342 Сергейчик, С.А. Древесные растения и оптимизация промышленной среды. - Мн.: Наука и техника, 1984. - 168 с.
- 343 Серебровский, Ф.Л. Аэрация жилой застройки / Ф.Л. Серебровский. – Москва. : Стройиздат, 1971. – 112 с
- 344 Скорбач, В.В. Влияние загрязнения окружающей среды на основные эпидермальные клетки липы сердцевидной, или мелколистной (*Tilia cordata* Mill) на примере г. Белгорода / В. В. Скорбач, М. Н. Жиликова: Научные ведомости №11, 2009. – С. 40-44.
- 345 Скрипальщикова Л.Н., Стасова В.В. Биоиндикационные показатели

стабильности развития насаждений в нарушенных ландшафтах. Сибирский лесной журнал. 2014. № 2. С. 62-72.

346 Скрипальщикова Л.Н., Стасова В.В. Стабильность развития листовой пластинки березы повислой в пригородах Красноярска. // Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды. Сборник материалов Годичного собрания Общества физиологов растений России, Всероссийской научной конференции с международным участием и школы молодых ученых. В 2-х частях. 2018. С. 1135-1138.

347 Скрипальщикова Л.Н., Стасова В.В., Бажина Е.В. Устойчивость березовых насаждений в зоне воздействия промышленности Красноярска. // Экспериментальная биология растений: фундаментальные и прикладные аспекты. Научная конференция и школа молодых ученых. Ответственный редактор В.В. Кузнецов. 2017. С. 306.

348 Скрипальщикова Л.Н., Стасова В.В., Бажина Е.В., Астраханцева Н.В. Устойчивость березовых фитоценозов красноярской лесостепи. // Сложные системы в экстремальных условиях. Материалы XIX Всероссийского симпозиума с международным участием. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук». 2018. С. 196-198.

349 Словарь ботанических терминов / коллектив авт.: И. А. Дудка [и др.]; под общ. ред. И. А. Дудки. – Киев: Наукова думка, 1984. – 307 с.

350 Смирнов В.В., Семенова В.Г. Вес надземных частей в липняке волосисто-осоковом. Лесохозяйственная информация, 1968, №12. - С. 10-11.

351 Смирнов, В.В. Органическая масса в некоторых лесных фитоценозах Европейской части СССР. - М.: Наука, 1971. - 362 с.

352 Соколов, П.А. Выявление- особенностей строения древостоев порослевых липняков // Лесоведение, 1975, №2.- С. 80-82.

353 Соколов, П.А. Состояние и теоретические основы формирования липняков.

- Йошкар-Ола: Марийск. кн. изд-во, 1978.- 208 с.

354 Соколов, П.А. Таблицы для таксации липняков северо-приуральского лесорастительного района подзоны хвойно-широколиственных лесов. Йошкар-Ола: Марийск. кн. изд-во, 1968. - 44 с.

355 Соколова, И.Г. Деревья и кустарники города Пскова / И.Г. Соколова // Бот. журн. 2003. Т. 88. № 11. - С. 79-86.

356 Солдатова, В.Ю. Биоиндикационная оценка состояния городской среды по величине флуктуирующей асимметрии Березы Плосколистной *Betula platyphylla* Sukacz: на примере Якутии / В.Ю. Солдатов: Автореф. дис. ... биол. наук. 03.00.16: - Якутск, 2008. – 19 с.

357 Сомов, Е.В. Таксация насаждений сосны обыкновенной в городских посадках (на примере г. Хабаровск) / Е. В. Сомов. Дис. ... канд. с-х. наук – Красноярск, 2012. – 200 с.

358 Сорокин А.Д. Эколого-биологические особенности липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill) в подзоне южной тайги Омской области / А. Д. Сорокин. Дисс. ... канд. экол. наук. Омск, 2006. – 237 с.

359 Состояние загрязнения атмосферного воздуха городов на территории Красноярского края, республик Хакасия и Тыва в 2010 году / Территориальный Центр по мониторингу загрязнения окружающей среды, ГУ «Красноярский ЦГМС-Р», Среднесибирское УГМС. – Красноярск, 2011. – 117 с.

360 Состояние зеленых насаждений в Москве. По данным мониторинга 1997 г. Аналитический доклад. «Прима-Пресс», Москва 1998 г.

361 Состояние зеленых насаждений в Москве. По данным мониторинга 1998 г.: Аналитический доклад / Под ред. к.м.н. Х.Г. Якубова. Москва: Прима-Пресс-М, 1999. - 216 с.

362 Спицына, Н.Т. Лесоводственная оценка и пылеаккумулирующие свойства березняков в районе карьера по добыче известняка / Н.Т. Спицына, О.Н. Зубарева, В.Д. Перевозникова // Лесной журнал. 2001. - №5-6. - С. 34-42.

363 Степанов, Н.В. *Tilia nashokinii* (Tiliaceae) - новый вид из окрестностей

- Красноярска. // Ботанический журнал. - 1993 - Т.78. № 3. - С. 136-134.
- 364 Стрекаловский, Н.И. О физико-механических свойствах древесины северной березы // Тр. Арханг. лесотехн. ин-та. 1949. № 13. - С. 163-173
- 365 Сукачев, В.Н. Дендрология с основами лесной геоботаники / В.Н. Сукачев: Ленинград. 1938. - 576 с.
- 366 Султанова, Р.Р. Лесоводственные методы формирования высокопродуктивных липняков на Южном Урале. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. 06.03.03: - Екатеринбург, 2006. – 40 с.
- 367 Султанова, Р.Р. Нектарные липняки. / Р.Р. Султанова, Р.М. Мустафин, А.Ф. Хайретдинов - Уфа: БашГАУ, 2002. - 125 с.
- 368 Сунцова, Л.Н. Оценка состояния липы мелколистной в условиях урбанизированной среды г. Красноярска // Л. Н. Сунцова, Е. М. Иншаков, Н. И. Бекиян // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства. – Красноярск : СибГТУ, 2013. – С. 70-72
- 369 Суткин, А.В. Флора сосудистых растений г. Улан-Удэ / А.В. Суткин. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. - Улан-Удэ, 2002. - 18 с.
- 370 Тарасов, П.А. О почвоулучшающем влиянии липы мелколистной / П. А. Тарасов, Л. В. Рязанова. // Проблемы химико-лесного комплекса: Научно-практическая конференция. – Красноярск: СибГТУ, 1999. - 280 с.
- 371 Тахтаджян, А.Л. Флористические области Земли. - Л.: Наука, 1978. - 248 с.
- 372 Терёхина, Т.А. Конспект флоры Камня-на-Оби / Т.А. Терёхина // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. Барнаул: Изд-во АГУ, 1995. - Вып. 1. - С. 150-166.
- 373 Терёхина, Т.А. Конспект флоры г. Барнаула / Т.А. Терёхина, Т.М. Копытина // Флора и растительность Алтая. Барнаул, 1996. - С. 115-128.
- 374 Терёхина, Т.А. Антропогенные фитосистемы / Т.А. Терёхина. - Барнаул: Изд-во АГУ, 2000. - 250 с.
- 375 Тимофеев, В.П. Основы лесовосстановления в Московской и смежных областях // Возобновление леса.- М.: Колос, 1975. - С. 158-174.

- 376 Тимофеев, В.П. Продуктивность лесных насаждений в молодом возрасте // Лесоведение, 1970, №6. - С. 3-13.
- 377 Тимофеева, Я.О. Тяжелые металлы в почвах, прилегающих к автотрассе // Фундаментальные исследования. 2013. № 10–10. С. 2226–2230
- 378 Ткаченко, М.Е. Общее лесоводство. Учебное пособие. – 2-е изд., посмертное, доп. и испр. Под ред. И.С. Мелехова. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1952. — 600 с.
- 379 Товстолес, Д.И. Ход роста сибирской лиственницы по исследованию в Пермской и Костромской губерниях // Д. И. Товстолес. – [Б. м. : б. и.], [1915]. – 318 с.
- 380 Трегубова, Т.А. Исследование газоустойчивости березы повислой и клена ясенелистного в условиях г. Красноярска // Т. А. Трегубова, Л. Н. Сунцова, Е. М. Ишмаков; Сиб. гос. технол. ун-т // Проблемы химико-лесного комплекса : сб. тез. докл. студентов и молодых ученых науч.-практ. конф. – Красноярск, 2000. – С. 91.
- 381 Трубянов, А.Б. Анализ показателей флуктуирующей асимметрии / А.Б. Трубянов: Автореф. дис. ... биол. наук. 03.00.16: - Йошкар-Ола, 2010. – 23 с.
- 382 Турмухометова, Н.В. Использование морфометрических и фенологических показателей *TILIA CORDATA MILL.* для целей биоиндикации. // Самарский научный вестник. 2019. Т.8. №4 (29). – с. 93-97.
- 383 Уварова, С.С. Рост и фитомасса древостоев липы в Свердловской области. / С.С. Уварова: Автореф. дис. ... канд. с.х. наук. 06.03.02: - Екатеринбург, 2006. – 23 с.
- 384 Уральская, Н.Г. Некоторые особенности флоры Новгорода, связанные с преобразованием его ландшафтов / Н.Г. Уральская // Формирование растительного покрова на урбанизированных территориях.- Великий Новгород, 2000. - С. 20-22.
- 385 Уранов, А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функции времени

и энергетических волновых процессов / А.А. Уранов. - Текст : непосредственный // Научный доклад высшей школы биологической науки. - 1975.-№2. – С.7-34.

386 Урманцев, Ю.А. Симметрия природы и природа симметрии / Ю. А. Урманцев. Москва: Мысль, 1974. – 230 с.

387 Устинов, М.В. Фитомасса крон липняков Предуральской провинции // Лесная геоботаника и биология древесных растений.- Брянск: Изд-во БИТМа, 1987. - С. 131-136.

388 Уфимцева, М. Д. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга / М. Д. Уфимцева, Н. В. Терехина. - Санкт- Петербург : Наука, 2005. - 340 с.

389 Уфимцева, М.Д. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт – Петербурга / М. Д. Уфимцева, Н. В. Терехина. Санкт – Петербург: Наука, 2005. – 339 с.

390 Уфимцева, М.Д. Экспрессный фитоиндикационный метод оценки экологического состояния городской среды / М. Д. Уфимцева, Н. В. Терехина. Метод. пособие. Санкт – Петербург, 2000. – 32 с.

391 Филин, В.А. Видеоэкология. / В.А. Филин. - Москва: ТАСС-Реклама, 1997. – 320 с.

392 Филин, В.А. Видимая среда в городских условиях как экологический фактор / В. А. Филин. Урбоэкология. - Москва: Наука, 1990. – С. 45-60.

393 Формирование комфортной городской среды 2021 года // .Администрация г. Красноярск : официальный сайт. - URL: <http://www.admkrsk.ru/citytoday/municipal/fond/sreda2021/Pages/default.aspx>. -

Текст : электронный

394 Фролов, А.К. Экологические аспекты жизнедеятельности растений в условиях города : Автореф. ... док. биол. наук. – М., 1998. – 340 с.

395 Фрейберг, И.А. Видовое разнообразие берёзы в связи с эдафическими условиями / И.А. Фрейберг //Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1969. -

Вып. 3. - С. 114-119.

396 Хайретдинов, А.Ф. Повышение продуктивности рекреационных лесов Южного Урала,- Уфа: Баш. кн. изд-во, 1990. - 280 с.

397 Харитонович, Ф.Н. Биология и экология древесных пород Текст. -М.: Лесная промышленность, 1968. - 304 с.

398 Хисматуллин, А.Ю. Структура, ход роста древостоев липы мелколистной в условиях Бурзянского лесничества // Российский электронный научный журнал. 2020. № 3 (37), - С. 91-99. URL : https://journal.bsau.ru/archive/renj_3_2020.pdf. - Текст : электронный

399 Хлонов, Ю.П. Липа сердцевидная - *Tilia cordata* Mill. // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. - Барнаул-Кемерово, 2006. - С. 39-53.

400 Хлонов, Ю.П. К характеристике липового леса в Кузнецком Алатау Текст. // Тр. по лесному хозяйству Сибири, 1958. Вып. 4. С. 11-21.

401 Хлонов, Ю.П. Липы и липняки Западной Сибири Текст. Новосибирск: РИО Сибирского отделения АН СССР, 1965. - 154 с.

402 Хмелев, К.Ф. Антропогенная трансформация флоры окрестностей города Саратова за последние 100 лет / К.Ф. Хмелев, М.А. Березуцкий // Экология. 1995. № 5. - С. 363-367.

403 Хузина, Г.Р. Влияние урбаноcреды на морфометрические показатели листа березы повислой (*Betula Pendula* Roth) / Г. Р. Хузина // Вестник Удмурского университета. 2010. – С 53 – 57.

404 Цандекова, О.Л. Фенологическая оценка древесных растений в очагах загрязнения выбросов автотранспорта // В сб. науч. тр.: «Современный мир, природа и человек» / Под ред. проф., д.б.н. Н.Н. Ильинских. Новосибирск, 2009. Т. 1. Вып. 1. - С. 70–72.

405 Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / отв. ред. А. А. Уранов, Т. И. Серебрякова. - Москва : Наука, 1976. - 217 с.

406 Циркуляр о проведении праздника древонасаждения. – Красноярск : Государственный архив Красноярского края, 1901. – ф. 348, оп.1, д.183, л.97. –

Текст : непосредственный.

407 Черепнин, Л.М. Флора южной части Красноярского края. // Уч. зап. пед. ин-та. Красноярск, 1963. - Т. 24. Вып. 4. - № 4. - С. 3-270

408 Черепнин, Л.М. Флора южной части Красноярского края. // Уч. зап. пед. ин-та. Красноярск, 1963. - Т. 24. Вып. 4. - № 4. - С. 3-270.

409 Чернышенко, О.В. Поглощительная способность и газоустойчивость древесных растений в условиях города / О. В. Чернышенко. - Москва : МГУЛ, 2002. - 120 с.

410 Чистякова, А.А. О жизненной форме и вегетативном разрастании липы сердцевидной.— «Бюл. МОИП. Отд. биол.». - Т. 83, Вып. 2. 1978. - С. 129-137.

411 Чистякова, А.А. Большой жизненный цикл *Tilia cordata* L. Бюлл. МОИП. - 1979. - Т. 84, вып. 1. - С. 85-98.

412 Чистякова, С.Б. Охрана окружающей среды : [Учеб. для архит. спец. вузов] / С.Б. Чистякова. - Москва : Стройиздат, 1988. – 270 с.

413 Чистякова, А.А. *Tilia cordata* Mill. – липа сердцевидная / А.А. Чистякова // Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники. – Москва: МГПИ, 1989. – С. 42-52

414 Чистякова, Е.К. Анализ стабильности развития в природных популяциях растений на примере березы повислой (*Betula pendula* Roth). Автореф. дис. ...канд. биол. наук. - М., 1997. - 20 с.

415 Чичёв, А.В. Синантропная флора города Пущина / А.В. Чичёв // Экология малого города. Пущино, 1981. - С. 18-43.

416 Чубанов, Н.Д. Изучение форм берез бородавчатой и пушистой северной части БССР : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Минск, 1969. - 35 с.

417 Шемберг, М.А. Береза каменная. / М.А. Шемберг - Новосибирск. 1986. – 175 с.

418 Шемберг, М.А. Семейство *Betulaceae* / М.А. Шемберг // Флора Сибири. Новосибирск. 1992. Т. 5. - С. 61-70.

419 Шестакова, Г.А. Методика сбора и обработки материала для оценки

- качества среды (по березе повислой) / Г.А Шестакова, А.Б. Стрельцов, А.А. Логинов, И.Н. Лыков, Н.В. Коротких // Очерк экологии города Калуги. Калуга, 2000. - С. 378-385.
- 420 Шиманюк, А.П. Биология древесных и кустарниковых пород СССР / А.П. Шиманюк. – Москва: Просвещение, 1964. – 480 с.
- 421 Шихова, Н.С. Деревья и кустарники в озеленении города Владивостока. / Н.С. Шихова, Е.В. Полякова. - Владивосток: Дальнаука, 2006. - 236 с.
- 422 Шумилова, Л.В. Ботаническая география Сибири : Учеб. пособие / Под ред. Л. П. Сергиевской. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1962. - 439 с.
- 423 Якубов, Х.Г. Экологический мониторинг зеленых насаждений Москвы. М : ООО «Стагирит-Н», 2005. 264 с.
- 424 Янбаев, Ю.А. Эколого-популяционные аспекты адаптации лесообразующих видов к условиям природной и техногенной среды / Ю.А. Янбаев: Автореф. дис. ... док. биол. наук. 03.00.16: - Тольятти, 2002. – 35 с.
- 425 Jäger, E. Möglichkeiten der Prognose synanthroper Pflanzenausbreitungen. - Flora 180: 1988. S. 101-131.
- 426 Kozlov M.V., B.J. Wisley, J. Koricheva, E. Haukioja Fluctuating symmetry of birch leaves increases under pollution impact //Journal of Applied Ecology, 1996. Vol. 33, P. 1489-1495.
- 427 Kornas, J. Man's impact upon the flora: processes and effects / J. Kornas // Mem. zool. 1982. Vol. 37. P. 11-30.
- 428 Kunick, W. Flora und Vegetation städtlicher Parkanlagen / W. Kunick // Acta bot. SI. 1987. V. 3. P. 455-463. Landolt, L. Veränderungen der flora der Stadt Zurich in der letzten 159 Jahren / L. Landolt // Bauhinia. 1992. B. 10. S. 149-164.
- 429 Palmer A.R. Waltzing with asymmetry // Bioscience. -1996, 46. 518-532.
- 430 Scholz, H. Die Veränderungen in der Ruderalflora Berlins. Ein Beitrag zur jüngsten Florengeschichten / H. Scholz // Willdenowia. 1960. B. 2 Hf. 3. -S. 379-397.
- 431 Sukopp, H. Verluste der Berliner Flora warend der letzten hundert Jahre/H. Sukopp // Sitzungsber. Ges. Naturforsch. Freunde Berlin. 1966. B.6 Hf.1-3.-S.126-

136.

432 Valkama J., Kozlov M.V. Impact of climatic factors on the developmental stability of mountain birch growing in contaminated area // J. of Appl. Ecol. 2001. - Vol. 38.-P. 665-673.

433 Weinert, E. Ruderalpflanzen als Umweltzeiger / E. Weinert // Gleditschia. 1985.- P. 169-182.

434 Wittig, R. Ökologie der Stadt / R. Wittig // Ökologische Grundlagen, Methoden, Umsetzung. Stuttgart, 1995. - S. 230-260.

435 Zvereva E.L., M.V. Kozlov, E. Haukioja Stress responses of *Salix borealis* to pollution and defoliation//Journal of Applied Ecology, 1997 a, Vol. 34, P. 1387-1396.

436 Zvereva E.L., M.V. Kozlov, P. Niemela, E. Haukioja. Delayed induced resistance and increase in leaf fluctuating asymmetry as responses of *Salix borealis* to insect herbivory// Oecologia, 1997 b. Vol. 109. P. 368-373.

437 Van Valen, L. (1962) A study of fluctuating asymmetry. // Evolution, 16, 1962. – Vol.16. – N.2. p. 125-142. URL : <http://dx.doi.org/10.2307/2406192>

Приложение А
Биометрические параметры березы повислой и липы мелколистной

Таблица А.1 - Биометрические параметры семенных особей березы повислой и липы мелколистной

Возрастной период	Возрастное состояние	Индекс	Биометрические параметры					
			Возраст,годы	Высота,м	Диаметр ствола,см	Диаметр кроны,м	Порядок ветвления	Прирост главной оси, см/год
Липа мелколистная (<i>Tilia cordata Mill.</i>)								
Прегенеративный период	Виргинильное	v1	10 - 20	3,0 - 4,5	1,5 - 3,5	до 2,0	4 - 5	33,5 - 1,5
Генеративный период	Молодые генеративные деревья	g1	30 - 60	8,0 - 20	6,0 - 28	2,6 - 4,6	7 - 8	33,5 - 1,7
	Средневозрастные генеративные деревья	g2	50 - 100	17 - 27	25 - 40	4,0 - 9	8 - 9	23,7 - 3,0
	Старые генеративные деревья	g3	100 - 160 (250)	25 - 35	40 - 110	-	5 - 6,5	5 - 6,5
Сенильный период	Сенильные деревья	s	160(250) -180 (300)	8 - 16	70 - 110	-	-	-
Береза повислая (<i>Betula pendula Roth.</i>)								
Прегенеративный период	Виргинильное	v1	6 - 15	2,4 - 4,5	2,0 - 7,0	0,8 - 1,5	4 - 5	74,8
Генеративный период	Молодые генеративные деревья	g1	15 - 50	8,0 - 25	14 - 35	2,1 - 4,5	4 - 8	55,3
	Средневозрастные генеративные деревья	g2	50 - 90	23 - 28	30 - 60	3,3 - 9	8	17,5
	Старые генеративные деревья	g3	90 - 140	25 - 30	50 - 80	7 - 12		8,5
Сенильный период	Сенильные деревья	s	130 - 150		60 - 80			

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,	
Ландшафтная экология, сферой исследования которой являются локальные, региональные, зональные, глобальные, экосистемы, различные по структуре, функциональному назначению и динамике развития	Климатические		
	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
	Микроклиматические		
	Ветровые условия - сочетание господствующего (для Красноярска - юго-западного) направления ветра и ориентации улиц		
		ЮЗ-СВ, З - В	1
		С - Ю	2
		СЗ - ЮВ	3
	Пространственная ориентация улиц - изменение температурных условий (перегрев насаждений):		
		З - В, ЮЗ - СВ	3
		ЮВ - СЗ	1
	Орографические		
	сочетание сложности рельефа с экспозицией склонов: крутизна склона 30% + южные экспозиции		4
Размещение насаждений ниже по рельефу относительно промпредприятий и автодорог		4	
Урбоэкология - область экологических знаний, изучающий процесс урбанизации и его влияние на окружающую среду	Техногенные		
	Фоновое состояние окружающей среды города		
		I- удовлетворительное	15
		II - напряженное	35
		III - конфликтное	45
	IV - критическое	60	

Автотранспортные	
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
Усиление нагрузки от автотранспортного пресса:	
на светофорах, пешеходных переходах	2
на остановках общественного транспорта	2
в не продуваемых "карманах"	2
на магистралях с грузовым движением	2
на участках с низким качеством дорожного полотна	2
в местах образования "пробок"	2
размещение насаждений на расстоянии до 25 м от проезжей части	2
размещение насаждений на разделительной полосе автомагистрали	3
химическое удаление снега с дорожного покрытия и складирование его под деревьями	3
Градостроительные	
Элементы покрытия земли вблизи растительности	
асфальт	2
брусчатка	1
Размещение насаждений на расстоянии	
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
Снижение освещенности 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

Рекреационные:		
Размещение элементов благоустройства (киоски, павильоны) ближе 5 м от растений	4	
Вытаптываемость травяного покрова	2	
Прямое воздействие населения на растения: поломка, срывание соцветий и плодов	2	
Наличие непредусмотренной тропинойной 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 Б.2 - Плотность негативных факторов, определяющая состояние фитосреды (тип градорастительных условий)

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

Среднемесячные, среднегодовые (2017 – 2019 гг.) данные по загрязнению воздушной среды

Таблица В.1 - Данные за 2017 г. по загрязнению воздушной среды

№1 (140106) – ул. Минусинская

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешенные вещества	0,3	0,35	0,3	0,3	0	0,58	0,25	0,3	0,3	0,35	0,3	0,33	0,31	2,1	17,5	6,2	17,7
Оксид углерода	20,9	15	12,5	13,2	12,7	15,1	10,7	11,1	11,8	11,4	12,1	19,5	13,8	4,6	38,3	4,6	13,1
Диоксид азота	0,45	0,42	0,42	0,32	0,33	0,30	0,30	0,38	0,38	0,34	0,48	0,51	0,39	3,9	32,5	19,5	55,7
Формальдегид	0,015	0,013	0,012	0,014	0,012	0,014	0,015	0,013	0,015	0,014	0,013	0,014	0,014	1,4	11,7	4,7	13,4
Итого														12	100	35	100

№3 (340807) – ул. Сурикова

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешанные вещества	0,35	0,38	0,46	0,39	0,35	0,41	0,38	0,38	0,35	0,41	0,37	0,36	0,38	2,5	15,0	7,6	14,6
Оксид углерода	29,3	24	14,4	11,8	13,8	13,5	10,6	14,1	15,9	14,4	18,1	21,3	16,8	5,6	33,5	5,6	10,7
Диоксид азота	0,79	0,79	0,8	0,65	0,59	0,56	0,51	0,42	0,39	0,51	0,63	0,84	0,62	6,2	37,1	31	59,4
Формальдегид	0,017	0,016	0,015	0,019	0,025	0,04	0,038	0,04	0,031	0,019	0,017	0,016	0,024	2,4	14,4	8	15,3
Итого														16,7	100	52,2	100

№5 (541404) – ул. Быковского

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешанные вещества	0,32	0,39	0,39	0,36	0,33	0,32	0,35	0,31	0,35	0,31	0,32	0,35	0,34	2,27	17,6	6,8	17,6
Оксид углерода	17,1	17,7	13,8	13,1	11,4	15,4	12,6	11,2	12,4	11,4	13,2	17,7	13,9	4,6	35,7	4,6	11,9
Диоксид азота	0,58	0,58	0,52	0,44	0,37	0,4	0,34	0,32	0,34	0,35	0,46	0,6	0,44	4,4	34,3	22	56,8
Формальдегид	0,014	0,016	0,015	0,015	0,014	0,022	0,016	0,016	0,015	0,014	0,014	0,015	0,016	1,6	12,4	5,3	13,7
Итого														12,9	100	38,7	100

№7 (740310) – ул. Матросова

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешанные вещества	0,32	0,4	0,39	0,34	0,3	0,3	0,31	0,33	0,3	0,37	0,41	0,37	0,345	2,3	17,7	6,9	17,9
Оксид углерода	19,5	17,1	13,6	12,9	12,3	16,1	13,2	11,1	13,2	11,7	13,7	17,2	14,3	4,8	36,9	4,8	12,5
Диоксид азота	0,53	0,47	0,48	0,38	0,39	0,46	0,37	0,34	0,33	0,37	0,41	0,59	0,43	4,3	33,1	21,5	55,8
Формальдегид	0,015	0,018	0,015	0,016	0,014	0,015	0,019	0,017	0,016	0,014	0,014	0,015	0,016	1,6	12,3	5,3	13,8
Итого														13	100	38,5	100

№8 (841210) – ул. Кутузова

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешанные вещества	0,3	0,37	0,38	0,35	0,33	0,39	0,33	0,34	0,55	0,43	0,36	0,36	0,37	2,5	16,4	7,4	16,4
Оксид углерода	21,9	21	14	12,9	12,3	15,5	13,3	11,6	13,5	13	14,8	17,7	15,1	5	32,9	5	11,1
Диоксид азота	0,57	0,59	0,5	0,42	0,39	0,37	0,37	0,33	0,29	0,34	0,42	0,6	0,43	4,3	38,3	21,5	47,6
Формальдегид	0,019	0,023	0,019	0,024	0,028	0,047	0,098	0,048	0,034	0,024	0,019	0,019	0,034	3,4	22,4	11,3	25
Итого														15,2	100	45,2	100

№9 (941308) – ул. Чайковского

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешанные вещества	0,31	0,36	0,46	0,37	0,31	0,38	0,37	0,33	0,34	0,43	0,33	0,37	0,36	2,4	17,1	7,2	17,3
Оксид углерода	19,2	18,4	14,3	13,3	12,5	16,1	12,5	11,5	12,8	12,7	14,1	17,9	14,6	4,9	35	4,9	11,8
Диоксид азота	0,53	0,52	0,47	0,37	0,39	0,39	0,39	0,37	0,32	0,38	0,45	0,59	0,43	4,3	30,7	21,5	51,7
Формальдегид	0,017	0,019	0,018	0,022	0,024	0,039	0,044	0,042	0,028	0,02	0,017	0,018	0,024	2,4	17,1	8	19,2
Итого														14	100	41,6	100

№20 (2041606) – ул. Бакинских комиссаров

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
	Взвешанные вещества	0,33	0,38	0,38	0,44	0,42	0,43	0,44	0,31	0,33	0,39	0,34		0,38	0,38	2,53	16,7
Оксид углерода	18,4	17,9	13,8	12,6	12,5	17,1	13,4	10,7	13,7	11,2	12,7	17,2	14,3	4,8	31,7	4,8	10,6
Диоксид азота	0,51	0,60	0,48	0,4	0,45	0,34	0,34	0,28	0,27	0,31	0,41	0,43	0,40	4	26,4	20	44,3
Формальдегид	0,018	0,023	0,022	0,03	0,043	0,038	0,07	0,064	0,054	0,04	0,028	0,023	0,038	3,8	25,1	12,7	28,2
Итого														15,1	100	45,1	100

№21 (2140507) ул. Красномосковская

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
	Взвешанные вещества	0,35	0,4	0,38	0,36	0,38	0,42	0,34	0,34	0,31	0,35	0,36		0,4	0,37	2,47	17,8
Оксид углерода	21,2	15,4	12,9	13	13,3	14,6	12,5	11	13,6	11,6	13,5	21,4	14,5	4,8	34,6	4,8	11,3
Диоксид азота	0,6	0,64	0,62	0,5	0,45	0,46	0,41	0,37	0,34	0,41	0,5	0,69	0,5	5	36	25	58,8
Формальдегид	0,021	0,018	0,014	0,016	0,014	0,017	0,015	0,017	0,017	0,015	0,014	0,015	0,016	1,6	11,5	5,3	12,5
Итого														13,9	100	45,2	100

Таблица В.2 - Данные за 2018 г. по загрязнению воздушной среды
№1 (140106) – ул. Минусинская

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешенные вещества	0,31	0,3	0,31	0,39	0,34	0,35	0,25	0,33	0,33	0,41	0,36	0,38	0,35	2,3	16,7	7	17,3
Оксид углерода	18,8	20,3	14,9	12,5		10,5	10,7	10	10	18,1	20,9	26	15,7	5,2	37,7	5,2	12,8
Диоксид азота	0,44	0,61	0,52	0,45	0,39	0,36	0,35	0,32	0,33	0,39	0,48	0,63	0,44	4,4	31,8	22	54,3
Формальдегид	0,014	0,015	0,017	0,017	0,017	0,026	0,025	0,021	0,021	0,023	0,014	0,015	0,019	1,9	13,8	6,3	15,6
Итого														13,8	100	40,5	100

№3 (340807) – ул. Сурикова

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений %	
Взвешенные вещества	0,38	0,38	0,40	0,63	0,39	0,36	0,33	0,43	0,32	0,45	0,38	0,39	0,4	2,7	10,5	8	9,2
Оксид углерода	20,2	19,4	14,8	16,5	19,6	23,6	28,1	30,1	45,6	19,9	25	25,1	24	8	31,4	8	9,2
Диоксид азота	0,77	0,97	1,04	0,88	0,75	0,7	0,69	0,80	0,71	0,72	0,67	0,82	1,3	13	51	65	74,7
Формальдегид	0,014	0,017	0,017	0,015	0,019	0,026	0,018	0,019	0,019	0,019	0,015	0,014	0,018	1,8	7,1	6	6,9
Итого														25,5	100	87	100

№5 (541404) – ул. Быковского

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешенные вещества	0,38	0,42	0,36	0,47	0,3	0,31	0,30	0,32	0,44	0,37	0,36	0,37	0,37	2,5	19,7	7,4	18,7
Оксид углерода	16,7	18,5	12,8	11,3	10	11,2	10	10	10	18,3	21,8	27	14,8	4,9	35,6	4,9	12,4
Диоксид азота	0,52	0,60	0,52	0,37	0,31	0,41	0,37	0,39	0,33	0,42	0,48	0,55	0, 44	4,4	32,8	22	55,5
Формальдегид	0,014	0,017	0,024	0,019	0,013	0,016	0,017	0,016	0,013	0,015	0,013	0,014	0,016	1,6	11,9	5,3	13,4
Итого														13,4	100	39,6	100

№7 (740310) – ул. Матросова

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешенные вещества	0,42	-	0,37	0,48	0,34	0,31	0,30	0,32	0,36	0,51	0,32	0,34	0,37	2,5	16,8	7,4	17,3
Оксид углерода	17,7	-	11,5	13,3	40	10,3	10	10	10	20,1	23,9	28,3	17,7	5,9	39,6	5,9	13,8
Диоксид азота	0,58	-	0,76	0,47	0,35	0,36	0,36	0,41	0,40	0,44	0,42	0,57	0,47	4,7	31,5	23,5	54,9
Формальдегид	0,017	-	0,024	0,025	0,017	0,022	0,016	0,015	0,16	0,015	0,014	0,017	0,018	1,8	12,1	6	14
Итого														14,9	100	42,8	100

№8 (841210) – ул. Кутузова

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешенные вещества	0,35	0,35	0,39	0,36	0,3	0,32	0,8	0,32	0,30	0,40	0,40	0,37	0,39	2,6	11,5	7,8	15,4
Оксид углерода	17,3	20,3	13,9	10		10	10	10	245,8	22	25,1	46,8	39,2	13,1	57	13,1	25,8
Диоксид азота	0,52	0,56	0,67	0,43	0,32	0,34	0,33	0,34	0,01	0,36	0,48	0,60	0,41	4,1	18,1	20,5	40,4
Формальдегид	0,017	0,020	0,018	0,019	0,022	0,043	0,49	0,048	0,031	0,028	0,018	0,017	0,028	2,8	12,4	9,3	18,3
Итого														22,6	100	50,7	100

№9 (941308) – ул. Чайковского

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешенные вещества	0,37	0,37	0,35	0,46	0,36	0,32	0,41	0,30	0,34	0,51	0,30	0,37	0,37	2,5	16,7	7,4	17,3
Оксид углерода	16,2	18,6	13,9	10	10	13,4	12,9	10	11,4	22,5	24,5	49,4	17,7	5,9	39,3	5,9	13,8
Диоксид азота	0,51	0,67	0,56	0,45	0,39	0,39	0,34	0,38	0,34	0,42	0,44	0,45	0,45	4,5	30	22,5	52,6
Формальдегид	0,015	0,016	0,016	0,018	0,019	0,039	0,034	0,028	0,019	0,022	0,015	0,014	0,021	2,1	14	7	16,4
Итого														15	100	42,8	100

№20 (2041606) – ул. Бакинских комиссаров

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешенные вещества	0,41	0,4	0,37	0,52	0,33	0,51	0,30	0,31	0,31	0,51	0,34	0,41	0,39	2,6	17,0	7,8	17,5
Оксид углерода	16,4	18,7	12,5	10		10,5	10	10	11,3	19,6	21,9	31,4	15,7	5,2	34	5,2	11,7
Диоксид азота	0,47	0,54	0,49	0,36	0,36	0,3	0,27	0,29	0,31	0,35	0,41	0,52	0,39	3,9	25,5	19,5	43,8
Формальдегид	0,017	0,020	0,023	0,024	0,030	0,06	0,062	0,066	0,053	0,038	0,020	0,017	0,036	3,6	23,5	12	27
Итого														15,3	100	44,5	100

№21 (2140507) ул. Красномосковская

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешенные вещества	0,43	0,4	0,39	0,49	0,34	0,4	0,3	0,30	0,33	0,36	0,30	0,38	0,37	2,5	12,4	7,4	14,2
Оксид углерода	18,6	21,4	13,9	15	-	10	10	10	164,6	20,4	22,7	29,7	30,6	10,2	50,7	10,2	19,6
Диоксид азота	0,61	0,9	0,82	0,51	0,44	0,53	0,47	0,53	0,46	0,55	0,56	0,74	0,59	5,9	29,4	29,5	56,6
Формальдегид	0,015	0,016	0,014	0,013	0,013	0,019	0,019	0,016	0,013	0,015	0,013	0,013	0,015	1,5	7,5	5	9,6
Итого														20,1	100	52,1	100

Таблица В.3 - Данные за 2019 г. по загрязнению воздушной среды

№1 (140106) – ул. Минусинская

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%	Для зелёных насаждений ед./%		
Взвешенные вещества	0,30	0,38	0,34	0,30	0,33	0,30	0,32	0,34	0,31	0,38	0,46	0,38	0,35	2,3	15,1	7	17,1
Оксид углерода	15,2	18,3	13,9	13,1	13,6	13,9	24,2	45,7	13,6	23,2	40,1	18,0	21,1	7	46,1	7	17,1
Диоксид азота	0,56	0,60	0,42	0,47	0,41	0,37	0,31	0,30	0,66	0,34	0,41	0,44	0,44	4,4	28,9	22	53,7
Формальдегид	0,013	0,13	0,015	0,014	0,014	0,012	0,016	0,016	0,018	0,019	0,014	0,013	0,015	1,5	9,9	5	12,2
Итого														15,2	100	41	100

№3 (340807) – ул. Сурикова

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%	Для зелёных насаждений ед./%		
Взвешенные вещества	0,34	0,42	0,42	0,44	0,47	0,40	0,36	0,34	0,35	0,52	0,55	0,48	0,42	2,8	12,8	8,4	13,0
Оксид углерода	21,8	24,6	15,2	12,6	13,3	16,1	45,4	67,7	28,9	25,8	27,6	19,9	26,6	8,9	40,8	8,9	13,8
Диоксид азота	0,82	0,92	0,83	0,88	1,10	0,75	0,65	0,57	1,70	0,59	0,53	0,52	0,82	8,2	37,6	41	63,5
Формальдегид	0,014	0,016	0,016	0,015	0,016	0,018	0,018	0,022	0,020	0,026	0,022	0,019	0,019	1,9	8,7	6,3	9,8
Итого														21,8	100	64,6	100

Продолжение таблицы В.3

№5 (541404) – ул. Быковского

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешенные вещества	0,42	0,39	0,31	0,63	0,34	0,32	0,36	0,37	0,33	0,37	0,42	0,48	0,40	2,7	18,2	8	18,9
Оксид углерода	16,7	17,6	14,3	12	11,8	12,1	23,3	22,9	15	18,3	18,7	30,6	17,8	5,9	39,9	5,9	13,9
Диоксид азота	0,60	0,65	0,45	0,48	0,47	0,38	0,32	0,31	0,69	0,44	0,39	0,47	0,47	4,7	31,8	23,5	55,4
Формальдегид	0,013	0,015	0,14	0,014	0,014	0,015	0,017	0,014	0,016	0,019	0,014	0,015	0,015	1,5	10,1	5	11,8
Итого														14,8	100	42,4	100

№7 (740310) – ул. Матросова

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешенные вещества	0,32	0,36	0,33	0,27	0,34	0,35	0,36	0,34	0,54	0,47	0,42	0,44	0,38	2,5	16,3	7,6	16,9
Оксид углерода	16,5	16,6	11,5	13,9	12,1	14,9	23,3	24,3	13,1	20,8	22,0	17,0	17,2	5,7	37,3	5,7	12,7
Диоксид азота	0,46	0,47	0,46	0,48	0,55	0,51	0,40	0,40	0,65	0,46	0,44	0,50	0,48	4,8	31,4	24	53,3
Формальдегид	0,016	0,017	0,021	0,023	0,022	0,029	0,023	0,029	0,026	0,024	0,020	0,21	0,023	2,3	15	7,7	17,1
Итого														15,3	100	45	100

Продолжение таблицы В.3

№8 (841210) – ул. Кутузова

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешенные вещества	0,36	0,37	0,32	0,35	0,32	0,37	0,34	0,33	0,30	0,30	0,36	0,33	0,34	2,3	13,6	6,8	14,3
Оксид углерода	55,6	24,8	17,2	12,3	12,6	12,8	22,7	17,8	13,7	19,3	23	18,7	20,9	7	41,4	7	14,7
Диоксид азота	0,69	0,63	0,52	0,49	0,50	0,46	0,35	0,30	0,61	0,40	0,46	0,54	0,50	5	29,6	25	52,6
Формальдегид	0,016	0,021	0,020	0,20	0,024	0,041	0,037	0,043	0,035	0,023	0,017	0,018	0,026	2,6	15,4	8,7	18,3
Итого														16,9	100	47,5	100

№9 (941308) – ул. Чайковского

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
Взвешенные вещества	0,34	0,37	0,37	0,33	0,33	0,31	0,33	0,38	0,48	0,42	0,40	0,40	0,37	2,5	15,4	7,4	17,1
Оксид углерода	39,8	23,9	15	11	11,1	12,7	25,1	42,5	16,3	21,1	22,9	21,7	21,9	7,3	45,1	7,3	16,9
Диоксид азота	0,47	0,39	0,38	0,41	0,50	0,42	0,37	0,34	0,58	0,37	0,43	0,49	0,43	4,3	26,5	21,5	49,8
Формальдегид	0,014	0,016	0,016	0,018	0,020	0,034	0,032	0,031	0,024	0,16	0,015	0,015	0,021	2,1	13	7	16,2
Итого														16,2	100	43,2	100

№20 (2041606) – ул. Бакинских комиссаров

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
	Взвешенные вещества	0,33	0,33	0,37	0,35	0,38	0,33	0,39	0,37	0,38	0,41	0,34		0,42	0,37	2,5	16,2
Оксид углерода	19,6	22,7	14,1	13,2	12,4	12,4	23,0	26,9	14,7	20,4	20,8	15,7	18,0	6	39	6	13,9
Диоксид азота	0,50	0,56	0,38	0,33	0,45	0,33	0,28	0,31	0,66	0,34	0,34	0,39	0,41	4,1	26,6	20,5	47,5
Формальдегид	0,017	0,020	0,025	0,025	0,030	0,049	0,031	0,042	0,033	0,023	0,017	0,018	0,028	2,8	18,2	9,3	21,5
Итого														15,4	100	43,2	100

№21 (2140507) ул. Красномосковская

	Месяц, мг/м ³												Год, мг/м ³	Индекс загрязнения атмосферы, рассчитанный на основе ПДКсс			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Для человека ед./%		Для зелёных насаждений ед./%	
	Взвешенные вещества	0,34	0,34	0,30	0,39	0,31	0,34	0,36	0,32	0,37	0,30	0,42		0,41	0,35	2,3	14,3
Оксид углерода	17,0	20,0	15,1	11,9	14,8	15,8	26,4	30,6	42,2	13,6	24,0	9,7	20,1	6,7	41,6	6,7	14,3
Диоксид азота	0,67	0,81	0,63	0,62	0,55	0,46	0,43	0,41	0,65	0,43	0,54	0,65	0,57	5,7	35,4	28,5	60,8
Формальдегид	0,012	0,014	0,015	0,014	0,015	0,014	0,013	0,017	0,016	0,013	0,015	0,013	0,014	1,4	8,7	4,7	10,0
Итого														16,1	100	46,9	100

Таблица В.4 – Загрязнение атмосферного воздуха ПН №1 (140106) – ул. Минусинская, среднегодовые ПДК

	среднегодовые ПДК					
	для человека			для растений		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Взвешенные вещества	2,1	2,3	2,3	6,2	7	7
Оксид углерода	4,6	5,2	7	4,6	5,2	7
Диоксид азота	3,9	4,4	4,4	19,5	22	22
Формальдегид	1,4	1,9	1,5	4,7	6,3	5
Итого	12	13,8	15,2	35	40,5	41

Таблица В.5 – Загрязнение атмосферного воздуха ПН №3 (340807) – ул. Сурикова, среднегодовые ПДК

	среднегодовые ПДК					
	для человека			для растений		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Взвешенные вещества	2,5	2,7	2,8	7,6	8	8,4
Оксид углерода	5,6	8	8,9	5,6	8	8,9
Диоксид азота	6,2	13	8,2	31	65	41
Формальдегид	2,4	1,8	1,9	8	6	6,3
Итого	16,7	25,5	21,8	52,2	87	64,6

Таблица В.6 – Загрязнение атмосферного воздуха ПН №5 (541404) – ул. Быковского, среднегодовые ПДК

	среднегодовые ПДК					
	для человека			для растений		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Взвешенные вещества	2,27	2,5	2,7	6,8	7,4	8
Оксид углерода	4,6	4,9	5,9	4,6	4,9	5,9
Диоксид азота	4,4	4,4	4,7	22	22	23,5
Формальдегид	1,6	1,6	1,5	5,3	5,3	5
Итого	12,9	13,4	14,8	38,7	39,6	42,4

Таблица В.7 – Загрязнение атмосферного воздуха ПН №7 (740310) – ул. Матросова, среднегодовые ПДК

	среднегодовые ПДК					
	для человека			для растений		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Взвешенные вещества	2,3	2,5	2,5	6,9	7,4	7,6
Оксид углерода	4,8	5,9	5,7	4,8	5,9	5,7
Диоксид азота	4,3	4,7	4,8	21,5	23,5	24
Формальдегид	1,6	1,8	2,3	5,3	6	7,7
Итого	13	14,9	15,3	38,5	42,8	45

Таблица В.8 – Загрязнение атмосферного воздуха ПН №8 (841210) – ул. Кутузова, среднегодовые ПДК

	среднегодовые ПДК					
	для человека			для растений		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Взвешенные вещества	2,5	2,6	2,3	7,4	7,8	6,8
Оксид углерода	5	13,1	7	5	13,1	7
Диоксид азота	4,3	4,1	5	21,5	20,5	25
Формальдегид	3,4	2,8	2,6	11,3	9,3	8,7
Итого	15,2	22,6	16,9	45,2	50,7	47,5

Таблица В.9 – Загрязнение атмосферного воздуха ПН №9 (941308) – ул. Чайковского, среднегодовые ПДК

	среднегодовые ПДК					
	для человека			для растений		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Взвешенные вещества	2,4	2,5	2,5	7,2	7,4	7,4
Оксид углерода	4,9	5,9	7,3	4,9	5,9	7,3
Диоксид азота	4,3	4,5	4,3	21,5	22,5	21,5
Формальдегид	2,4	2,1	2,1	8	7	7
Итого	14	15	16,2	41,6	42,8	43,2

Таблица В.10 – Загрязнение атмосферного воздуха ПН №20 (2041606) – ул. Бакинских комиссаров, среднегодовые ПДК

	среднегодовые ПДК					
	для человека			для растений		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Взвешенные вещества	2,53	2,6	2,5	7,6	7,8	7,4
Оксид углерода	4,8	5,2	6	4,8	5,2	6
Диоксид азота	4	3,9	4,1	20	19,5	20,5
Формальдегид	3,8	3,6	2,8	12,7	12	9,3
Итого	15,1	15,3	15,4	45,1	44,5	43,2

Таблица В.11 – Загрязнение атмосферного воздуха ПН №21 (2140507) ул. Красномосковская, среднегодовые ПДК

	среднегодовые ПДК					
	для человека			для растений		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Взвешенные вещества	2,47	2,5	2,3	7,4	7,4	7
Оксид углерода	4,8	10,2	6,7	4,8	10,2	6,7
Диоксид азота	5	5,9	5,7	25	29,5	28,5
Формальдегид	1,6	1,5	1,4	5,3	5	4,7
Итого	13,9	20,1	16,1	45,2	52,1	46,9

Таблица В.12 - Средние значения индекса загрязнения атмосферного воздуха по постам наблюдения за 3 года по 4 примесям (среднегодовые ПДК для человека)

Для человека				
Взвешенные вещества	2017	2018	2019	
№1 (140106) – ул. Минусинская	2,1	2,3	2,3	2,2
№3 (340807) – ул. Сурикова	2,5	2,7	2,8	2,7
№5 (541404) – ул. Быковского	2,3	2,5	2,7	2,5
№7 (740310) – ул. Матросова	2,3	2,5	2,5	2,4
№8 (841210) – ул. Кутузова	2,5	2,6	2,3	2,5
№9 (941308) – ул. Чайковского	2,4	2,5	2,5	2,5
№20 (2041606) – ул. Бакинских комиссаров	2,53	2,6	2,5	2,5
№21 (2140507) ул. Красномосковская	2,47	2,5	2,3	2,4
	2,4	2,5	2,5	
Оксид углерода	2017	2018	2019	
№1 (140106) – ул. Минусинская	4,6	5,2	7	5,6
№3 (340807) – ул. Сурикова	5,6	8	8,9	7,5
№5 (541404) – ул. Быковского	4,6	4,9	5,9	5,1
№7 (740310) – ул. Матросова	4,8	5,9	5,7	5,5
№8 (841210) – ул. Кутузова	5	13,1	7	8,4
№9 (941308) – ул. Чайковского	4,9	5,9	7,3	6,0
№20 (2041606) – ул. Бакинских комиссаров	4,8	5,2	6	5,3
№21 (2140507) ул. Красномосковская	4,8	10,2	6,7	7,2
	4,9	7,3	6,8	
Диоксид азота	2017	2018	2019	
№1 (140106) – ул. Минусинская	3,9	4,4	4,4	4,2
№3 (340807) – ул. Сурикова	6,2	13	8,2	9,1
№5 (541404) – ул. Быковского	4,4	4,4	4,7	4,5
№7 (740310) – ул. Матросова	4,3	4,7	4,8	4,6
№8 (841210) – ул. Кутузова	4,3	4,1	5	4,5
№9 (941308) – ул. Чайковского	4,3	4,5	4,3	4,4
№20 (2041606) – ул. Бакинских комиссаров	4	3,9	4,1	4,0
№21 (2140507) ул. Красномосковская	5	5,9	5,7	5,5
	4,6	5,6	5,2	
Формальдегид	2017	2018	2019	
№1 (140106) – ул. Минусинская	1,4	1,9	1,5	1,6
№3 (340807) – ул. Сурикова	2,4	1,8	1,9	2,0
№5 (541404) – ул. Быковского	1,6	1,6	1,5	1,6
№7 (740310) – ул. Матросова	1,6	1,8	2,3	1,9
№8 (841210) – ул. Кутузова	3,4	2,8	2,6	2,9
№9 (941308) – ул. Чайковского	2,4	2,1	2,1	2,2
№20 (2041606) – ул. Бакинских комиссаров	3,8	3,6	2,8	3,4
№21 (2140507) ул. Красномосковская	1,6	1,5	1,4	1,5
	2,3	2,1	2,0	

Таблица В.13 - Средние значения индекса загрязнения атмосферного воздуха по постам наблюдения за 3 года по 4 примесям (среднегодовые ПДК для зелёных насаждений)

Для зелёных насаждений				
Взвешенные вещества	2017	2018	2019	
№1 (140106) – ул. Минусинская	6,2	7	7	6,7
№3 (340807) – ул. Сурикова	7,6	8	8,4	8,0
№5 (541404) – ул. Быковского	6,8	7,4	8	7,4
№7 (740310) – ул. Матросова	6,9	7,4	7,6	7,3
№8 (841210) – ул. Кутузова	7,4	7,8	6,8	7,3
№9 (941308) – ул. Чайковского	7,2	7,4	7,4	7,3
№20 (2041606) – ул. Бакинских комиссаров	7,6	7,8	7,4	7,6
№21 (2140507) ул. Красномосковская	7,4	7,4	7	7,3
	7,1	7,5	7,5	
Оксид углерода	2017	2018	2019	
№1 (140106) – ул. Минусинская	4,6	5,2	7	5,6
№3 (340807) – ул. Сурикова	5,6	8	8,9	7,5
№5 (541404) – ул. Быковского	4,6	4,9	5,9	5,1
№7 (740310) – ул. Матросова	4,8	5,9	5,7	5,5
№8 (841210) – ул. Кутузова	5	13,1	7	8,4
№9 (941308) – ул. Чайковского	4,9	5,9	7,3	6,0
№20 (2041606) – ул. Бакинских комиссаров	4,8	5,2	6	5,3
№21 (2140507) ул. Красномосковская	4,8	10,2	6,7	7,2
	4,9	7,3	6,8	
Диоксид азота	2017	2018	2019	
№1 (140106) – ул. Минусинская	19,5	22	22	21,2
№3 (340807) – ул. Сурикова	31	65	41	45,7
№5 (541404) – ул. Быковского	22	22	23,5	22,5
№7 (740310) – ул. Матросова	21,5	23,5	24	23,0
№8 (841210) – ул. Кутузова	21,5	20,5	25	22,3
№9 (941308) – ул. Чайковского	21,5	22,5	21,5	21,8
№20 (2041606) – ул. Бакинских комиссаров	20	19,5	20,5	20,0
№21 (2140507) ул. Красномосковская	25	29,5	28,5	27,7
	22,8	28,1	25,8	
Формальдегид	2017	2018	2019	
№1 (140106) – ул. Минусинская	4,7	6,3	5	5,3
№3 (340807) – ул. Сурикова	8	6	6,3	6,8
№5 (541404) – ул. Быковского	5,3	5,3	5	5,2
№7 (740310) – ул. Матросова	5,3	6	7,7	6,3
№8 (841210) – ул. Кутузова	11,3	9,3	8,7	9,8
№9 (941308) – ул. Чайковского	8	7	7	7,3
№20 (2041606) – ул. Бакинских комиссаров	12,7	12	9,3	11,3
№21 (2140507) ул. Красномосковская	5,3	5	4,7	5,0
	7,6	7,1	6,7	

Приложение Г

Встречаемость видов в скверах

Таблица Г.1 – Встречаемость видов в скверах

Порода	Сквер «Серебряный»	Сквер «Лесок»	Сквер «Сказочный»	Сквер «Панюковский»	Сквер «Энгузиастов»	Сквер «Юбилейный»	Сквер «Космонавтов»	Сквер Им. В. И. Сурикова	Сквер «Одесский»
Береза повислая	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Липа мелколистная	-	+	+	+	+	-	+	+	+
Ель сибирская	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Сосна обыкновенная	-	+	-	-	-	-	-	+	+
Лиственница сибирская	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Яблоня сибирская	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Вяз мелколистный	-	-	+	+	+	-	+	+	+
Рябина обыкновенная	+	-	-	+	+	+	+	-	+
Клен ясенелистный	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Тополь бальзамический	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Клен приречный	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Черемуха Маака	+	-	-	+	+	+	+	-	+
Груша уссурийская	-	-	-	+	+	-	+	-	-
Сосна сибирская кедровая	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Ясень обыкновенный	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Ясень пенсильванский	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Ива волчниковая	-	-	-	-	+	-	+	-	+
Ива остролистная	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Ива ломкая	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Орех маньчжурский	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Тополь лавролистный	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Тополь белый	+	-	-	-	-	-	+	-	+
Липа крупнолистная	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Ель колючая голубая	-	-	-	-	+	-	+	+	-
Черемуха обыкновенная	-	+	+	+	+	+	-	-	-
Ива белая	+	-	-	-	-	-	-	-	+
Слива уссурийская	-	-	-	-	+	-	-	-	+

Приложение Д

Фрагменты экологических паспортов исследуемых объектов озеленения

Сквер «Лесок»

1 Общие характеристики объекта

Наименование объекта: *сквер «Лесок»*

Категория объекта по функциональному назначению: *общего пользования*

Значимость объекта: *объект районного значения*

Дата обследования объекта – *апрель 2018 г.*

“Адрес” объекта:

- Административный район города: *Октябрьский*
- Адрес объекта (ориентиры): *ул. 2-я Ботаническая*

Общая площадь объекта: *8116 м²*

2 Ситуационный план



Рисунок Д.1 – Ситуационный план сквера «Лесок»

3 Баланс территории объекта

Периметр объекта: *404 м*

Общая площадь объекта: *8116 м² (0,81 га)*

Индекс пространственной формы объекта: *1,27*

Вывод: *пространственная форма объекта способствует снижению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости зеленых насаждений*

Тип условий произрастания растений – *удовлетворительный.*

4 Количественные показатели озелененности объекта

Количество древесных растений на объекте:

- Деревьев – *323 шт.*

- Кустарников – 89 шт.

5 Оценка жизненного состояния насаждений на объекте озеленения - индекс жизненного состояния насаждений сквера «Лесок» составляет 75,5%, состояние посадок оценивается как «ослабленное».

6 Видовой состав растений

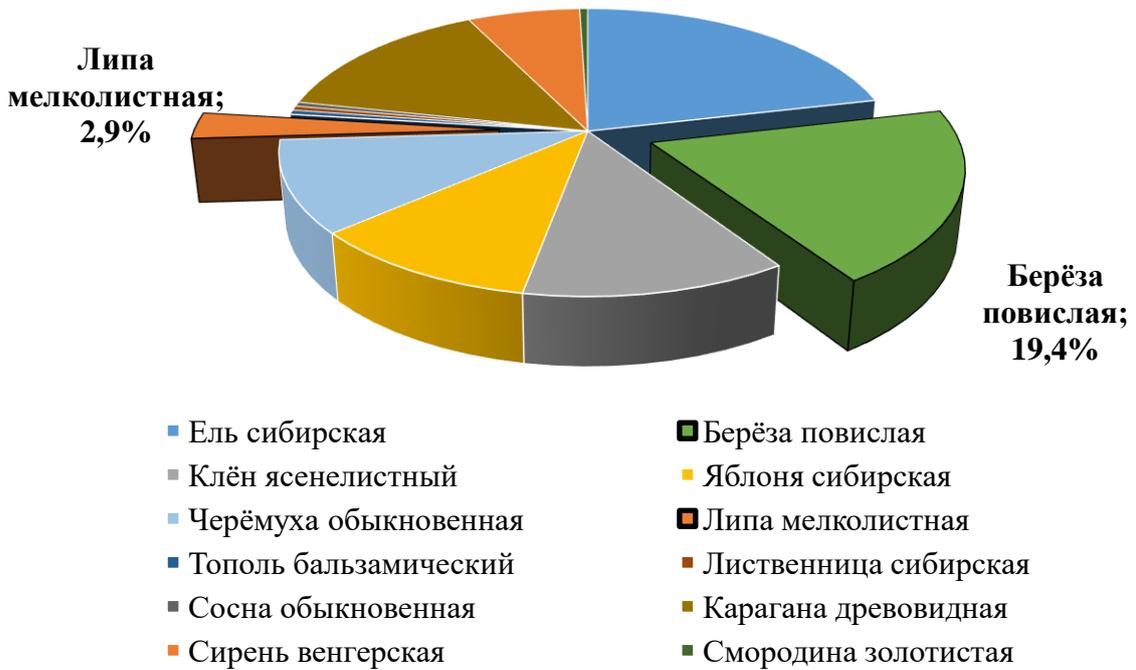


Рисунок Д.2 – Видовой состав растений

7 Жизненное состояние древесных растений на объекте озеленения

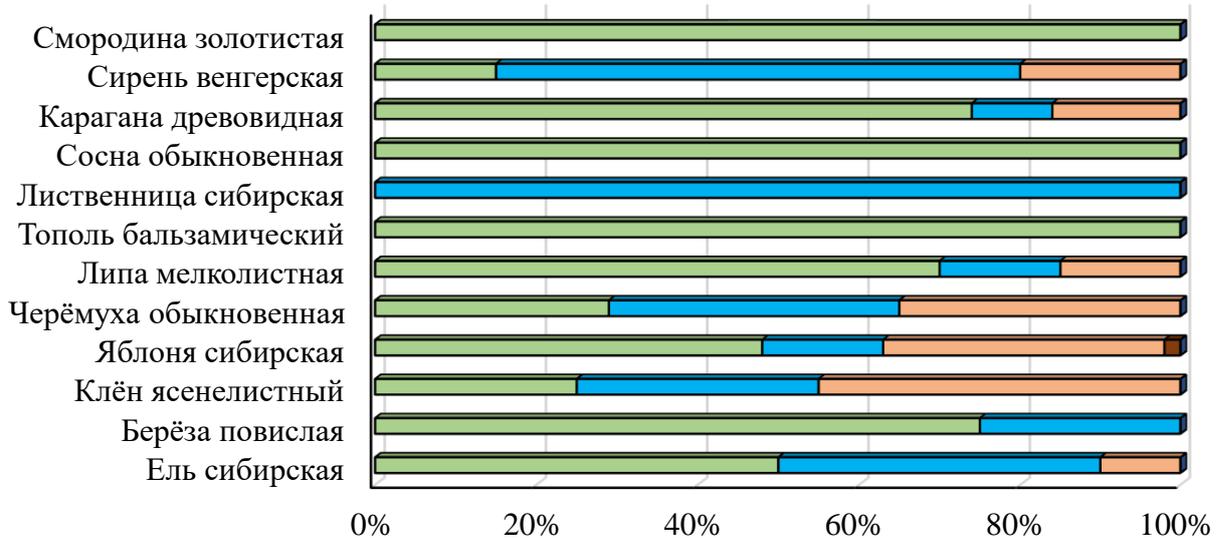


Рисунок Д.3 – Жизненное состояние растений

Сквер «Серебряный»

1 Общие характеристики объекта

Наименование объекта: *сквер «Серебряный»*

Категория объекта по функциональному назначению: *общего пользования*

Значимость объекта: *объект районного значения*

Дата обследования объекта: *апрель 2018 г.*

“Адрес” объекта:

- Административный район города: *Октябрьский*
- Адрес объекта (ориентиры): *улица Хабаровская 2-а*

Общая площадь объекта: *25872 м²*

2 Ситуационный план



Рисунок Д.4 – Ситуационный план сквера «Серебряный»

3 Баланс территории объекта

Периметр объекта: *680 м*

Общая площадь объекта: *25872 м² (2,59 га)*

Индекс пространственной формы объекта: *1,19*

Вывод: *пространственная форма объекта является экологически эффективной, т.е. способствует повышению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости насаждений на данной территории.*

Тип условий произрастания растений – напряженный.

4 Количественные показатели озелененности объекта

Количество древесных растений на объекте

- Деревьев – *239 шт.*
- Кустарников – *23 шт.*

5 Оценка жизненного состояния насаждений на объекте озеленения - индекс жизненного состояния насаждений сквера «Серебряный» составляет 65,4% и оценивается как «ослабленное».

6 Видовой состав растений



Рисунок Д.5 – Видовой состав растений

7 Жизненное состояние древесных растений на объекте озеленения

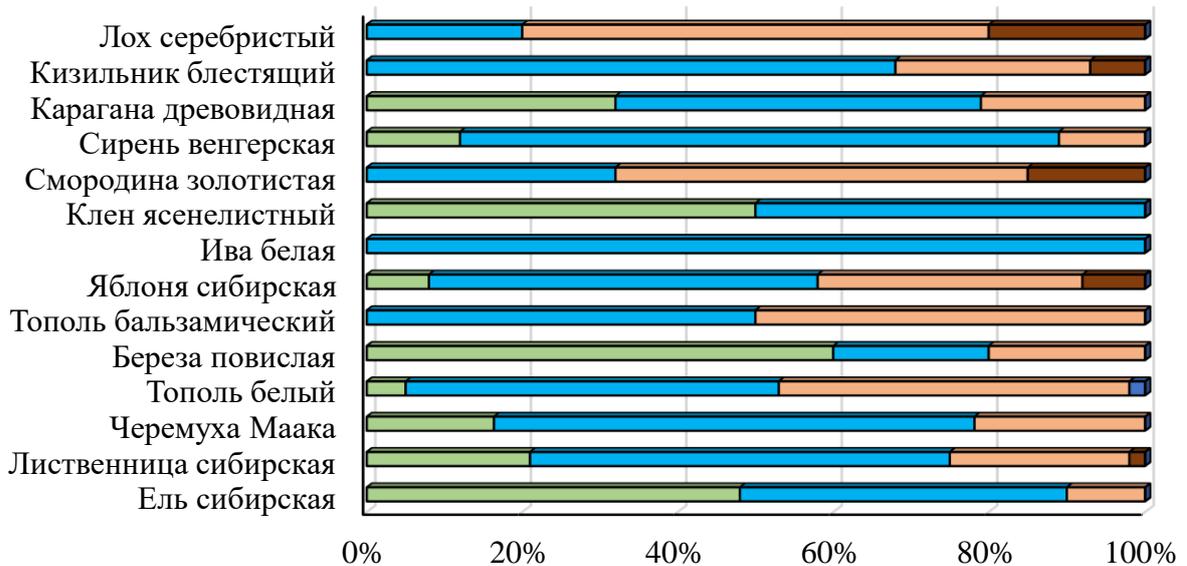


Рисунок Д.6 – Жизненное состояние растений

Сквер «Сказочный»

1 Общие характеристики объекта

Наименование объекта: *сквер «Сказочный»*

Категория объекта по функциональному назначению: *общего пользования*

Значимость объекта: *объект районного значения*

Дата обследования объекта: *апрель 2018 г.*

“Адрес” объекта:

- Административный район города: *Свердловский*
- Адрес объекта (ориентиры): *ул. Александра Матросова, 30/1*

Общая площадь объекта: *10530 м²*

2 Ситуационный план



Рисунок Д.7 – Ситуационный план сквера «Сказочный»

3 Баланс территории объекта

Периметр объекта: *401 м*

Общая площадь объекта: *10530 м² (1,05 га)*

Индекс пространственной формы объекта: *1,10*

Вывод: *пространственная форма объекта является экологически эффективной, т.е. способствует повышению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости насаждений на данной территории.*

Тип условий произрастания растений – конфликтный.

4 Количественные показатели озелененности объекта

Количество древесных растений на объекте

- Деревьев – 118 шт.
- Кустарников – 0 шт.

5 Оценка жизненного состояния насаждений на объекте озеленения - индекс жизненного состояния насаждений сквера «Сказочный» составляет 73,7% и оценивается как «ослабленное».

6 Видовой состав растений

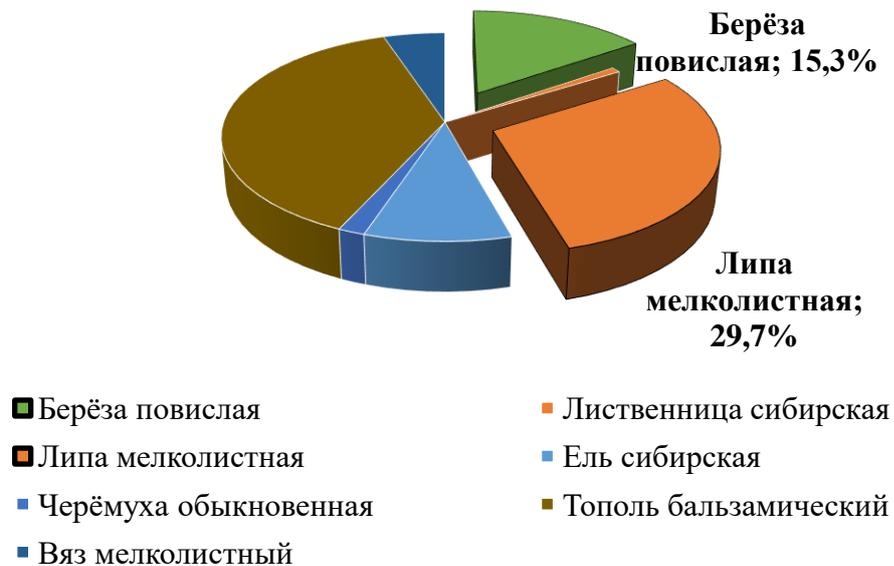


Рисунок Д.8 – Видовой состав растений

7 Жизненное состояние древесных растений на объекте озеленения

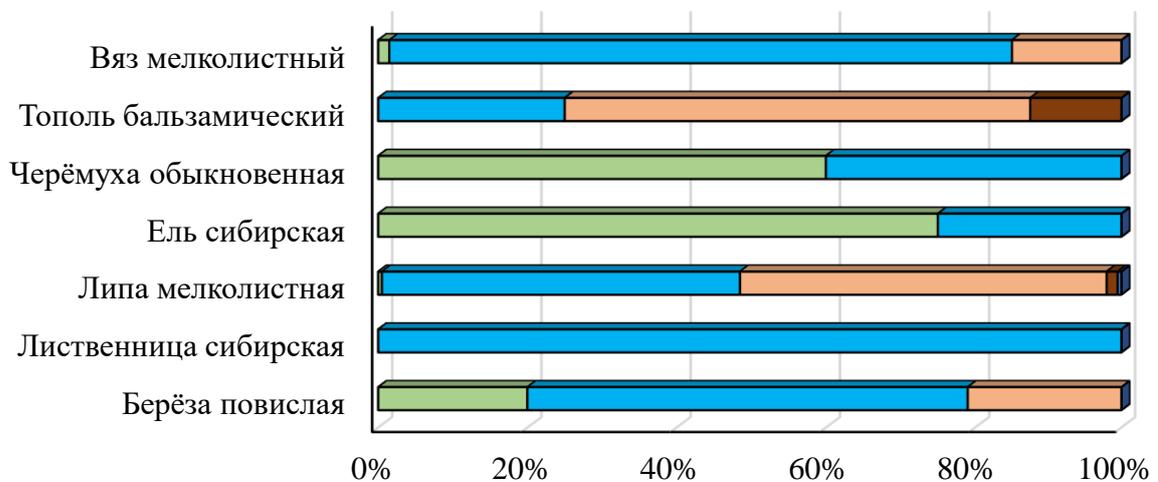


Рисунок Д.9 – Жизненное состояние растений

Сквер «Панюковский»

1 Общие характеристики объекта

Наименование объекта: *сквер «Панюковский»*

Категория объекта по функциональному назначению: *общего пользования*

Значимость объекта: *объект районного значения*

Дата обследования объекта: *апрель 2018 г.*

“Адрес” объекта:

- Административный район города: *Свердловский*
- Адрес объекта (ориентир): *пр. имени газеты Красноярский рабочий, 143а*

Общая площадь объекта: *21167 м²*

2 Ситуационный план



Рисунок Д.10 – Ситуационный план сквера «Панюковский»

3 Баланс территории объекта

Периметр объекта: *652 м*

Общая площадь объекта: *19108 м² (1,91 га)*

Индекс пространственной формы объекта: *1,33*

Вывод: *пространственная форма объекта способствует снижению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости зеленых насаждений;*

Тип условий произрастания растений – конфликтный.

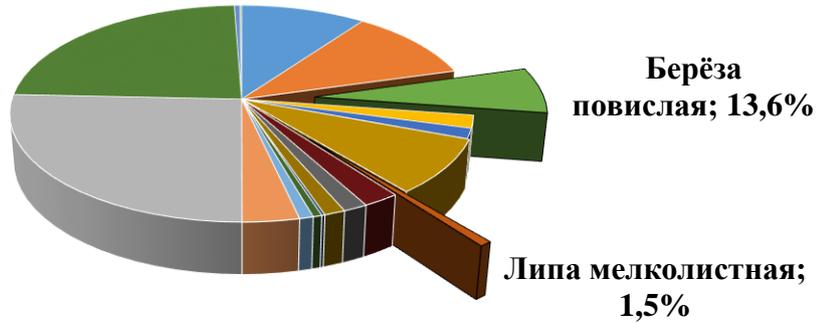
4 Количественные показатели озелененности объекта

Количество древесных растений на объекте

- Деревьев – *469 шт.*
- Кустарников – *1439 шт.*

5 Оценка жизненного состояния насаждений на объекте озеленения - индекс жизненного состояния насаждений сквера «Панюковский» составляет 70,1% и оценивается как «ослабленное».

6 Видовой состав растений



- Рябина обыкновенная
- Берёза повислая
- Груша уссурийская
- Липа мелколистная
- Клён приречный
- Черёмуха Маака
- Тополь бальзамический
- Живая изгородь: вяз мелколистный
- Кизильник блестящий
- Яблоня сибирская
- Ива ломкая (ф. шаровидная)
- Лиственница сибирская
- Клён ясенелистный
- Ель сибирская
- Черёмуха обычная
- Вяз мелколистный
- Сирень венгерская
- Смородина обыкновенная

Рисунок Д.11 – видовой состав растений

7 Жизненное состояние древесных растений на объекте озеленения

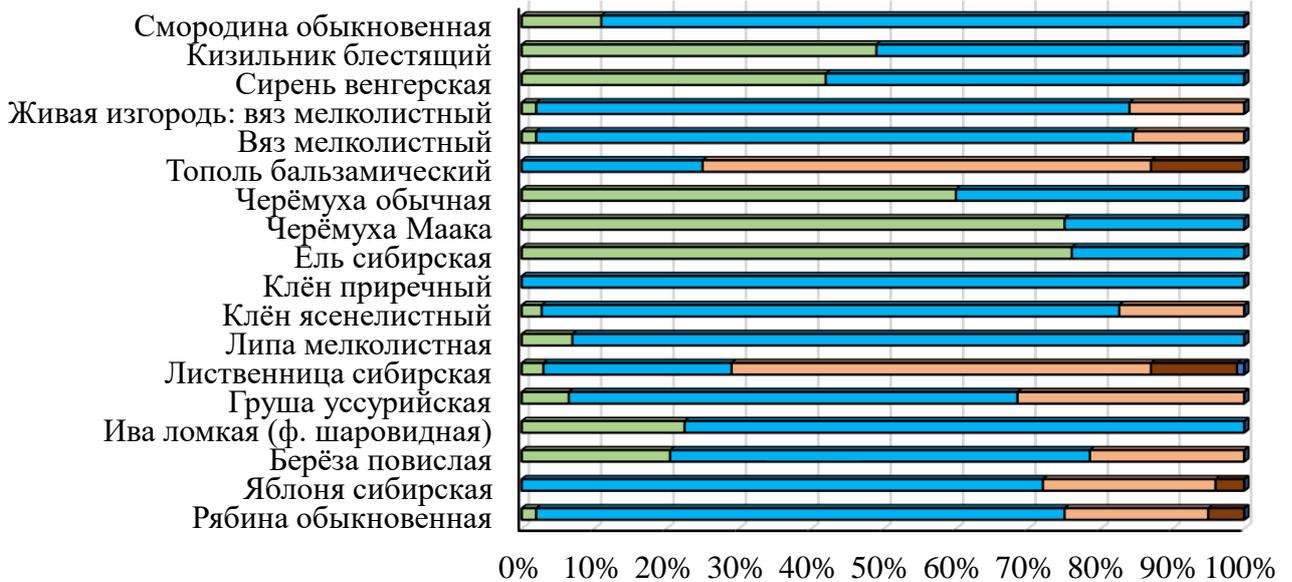


Рисунок Д.12 – Жизненное состояние растений

Сквер «Энтузиастов»

1 Общие характеристики объекта

Наименование объекта: *сквер «Энтузиастов»*

Категория объекта по функциональному назначению: *общего пользования*

Значимость объекта: *объект районного значения*

Дата обследования объекта: *апрель 2018 г.*

“Адрес” объекта:

- Административный район города: *Кировский*
- Адрес объекта (ориентир): *пр. имени Газеты Красноярский Рабочий, 120*

Общая площадь объекта: *29474 м²*

2 Ситуационный план



Рисунок Д.13 – Ситуационный план сквера «Энтузиастов»

3 Баланс территории объекта

Периметр объекта: *720 м*

Общая площадь объекта: *33324 м² (3,33 га)*

Индекс пространственной формы объекта: *1,11*

Вывод: *пространственная форма объекта является экологически эффективной, т.е. способствует повышению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости насаждений на данной территории.*

Тип условий произрастания растений – конфликтный.

4 Количественные показатели озелененности объекта

Количество древесных растений на объекте

- Деревьев – *698 шт.*
- Кустарников – *451 шт.*

5 Оценка жизненного состояния насаждений на объекте озеленения - индекс жизненного состояния насаждений сквера «Энтузиастов» составляет 89% и оценивается как «здоровое».

6 Видовой состав растений



Рисунок Д.14 – Видовой состав растений

7 Жизненное состояние древесных растений на объекте озеленения

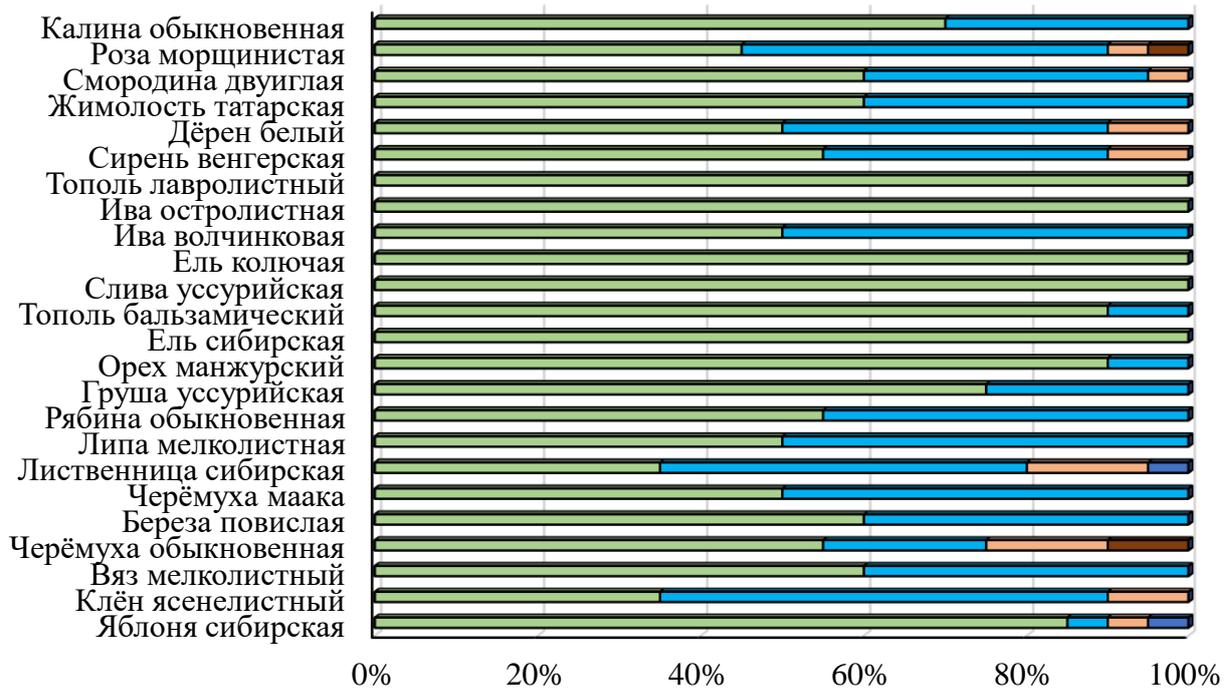


Рисунок Д.15 – Жизненное состояние растений

Сквер «Юбилейный»

1 Общие характеристики объекта

Наименование объекта: *сквер «Юбилейный»*

Категория объекта по функциональному назначению: *общего пользования*

Значимость объекта: *объект районного значения*

Дата обследования объекта: *апрель 2018 г.*

“Адрес” объекта:

- Административный район города: *Советский*
- Адрес объекта (ориентиры): *ул. Коломенская*

Общая площадь объекта: *9078 м²*

2 Ситуационный план



Рисунок Д.16 – Ситуационный план сквера «Юбилейный»

3 Баланс территории объекта

Периметр объекта: *500 м*

Общая площадь объекта: *9078 м² (0,91 га)*

Индекс пространственной формы объекта: *1,50*

Вывод: *пространственная форма объекта способствует снижению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости зеленых насаждений – очень низкая экологическая устойчивость озелененных территорий из-за незащищенности внутренних пространств объекта (как правило узкая линейная или изрезанная форма объекта)*

Тип условий произрастания растений – конфликтный.

4 Количественные показатели озелененности объекта

Количество древесных растений на объекте

- Деревьев – 85 шт.
- Кустарников – 54 шт.

5 Оценка жизненного состояния насаждений на объекте озеленения - индекс жизненного состояния насаждений сквера «Юбилейный» составляет 73,8% и оценивается как «ослабленное».

6 Видовой состав растений



Рисунок Д.17 – Видовой состав растений

7 Жизненное состояние древесных растений на объекте озеленения

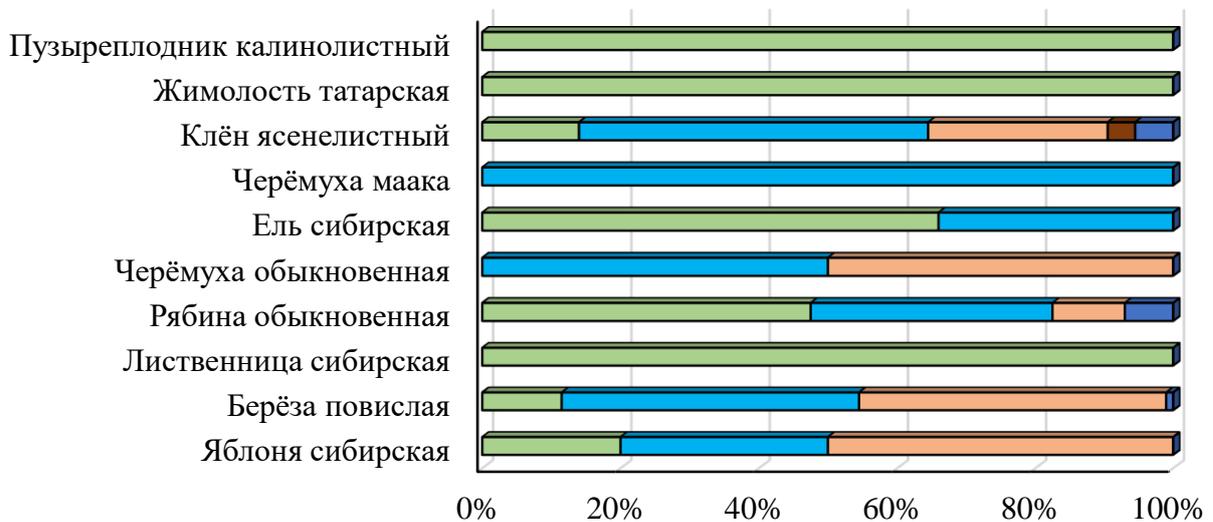


Рисунок Д.18 – Жизненное состояние растений

Сквер «Одесский»

1 Общие характеристики объекта

Наименование объекта: *сквер «Одесский»*

Категория объекта по функциональному назначению: *общего пользования*

Значимость объекта: *объект районного значения*

Дата обследования объекта - *апрель 2018 г.*

“Адрес” объекта:

- Административный район города: *Ленинский*
- Адрес объекта (ориентиры): *ул. Одесская, 7*

Общая площадь объекта: *15000 м²*

2 Ситуационный план



Рисунок Д.19 – Ситуационный план сквера «Одесский»

3 Баланс территории объекта

Периметр объекта: *675 м*

Общая площадь объекта: *15000 м² (1,50 га)*

Индекс пространственной формы объекта: *1,55*

Вывод: *пространственная форма объекта способствует снижению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости зеленых насаждений – очень низкая экологическая устойчивость озелененных территорий из-за незащищенности внутренних пространств объекта (как правило узкая линейная или изрезанная форма объекта)*

Тип условий произрастания растений – критический.

4 Количественные показатели озелененности объекта

Количество древесных растений на объекте

- Деревьев – 426 шт.
- Кустарников – 96 шт.

5 Оценка жизненного состояния насаждений на объекте озеленения - индекс жизненного состояния насаждений сквера «Одесский» составляет 66,6% и оценивается как «ослабленное».

6 Видовой состав растений



Рисунок Д.20 – Видовой состав растений

7 Жизненное состояние древесных растений на объекте озеленения

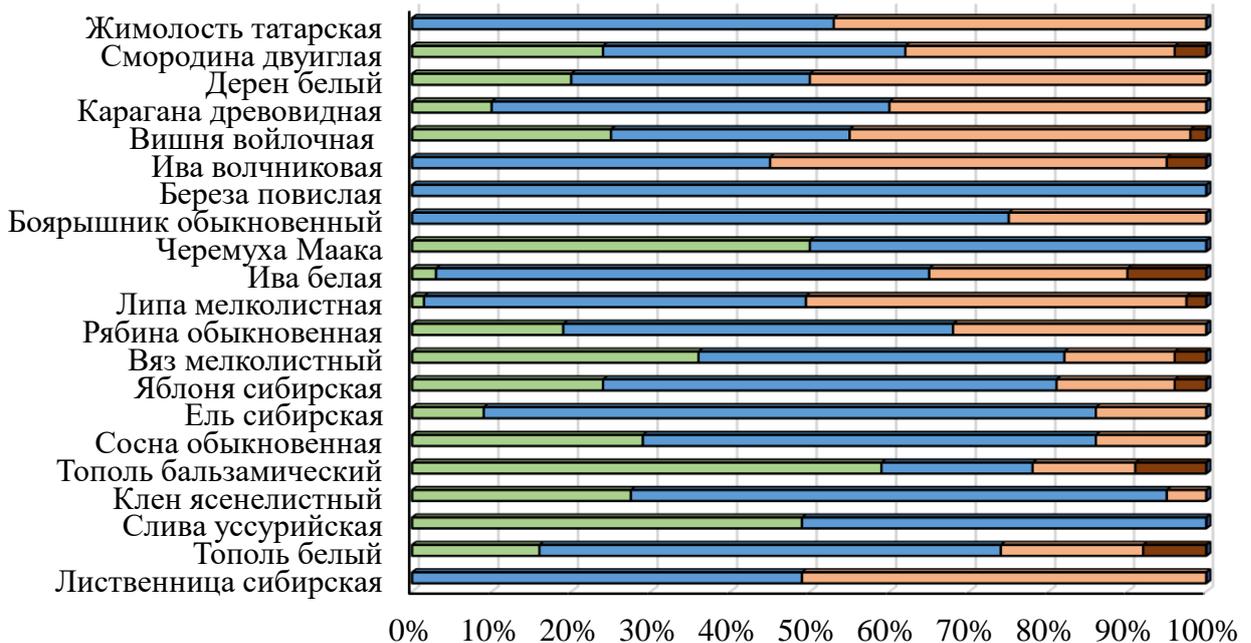


Рисунок Д.21 – Жизненное состояние растений

Сквер «Им. В. И. Сурикова»

1 Общие характеристики объекта

Наименование объекта: *сквер «Им. В. И. Сурикова»*

Категория объекта по функциональному назначению: *общего пользования*

Значимость объекта: *объект районного значения*

Дата обследования объекта - *апрель 2018 г.*

“Адрес” объекта:

- Административный район города: *Центральный*
- Адрес объекта (ориентиры): *ул. Ленина, 118а*

Общая площадь объекта: *14042 м²*

2 Ситуационный план



Рисунок Д.22 – Ситуационный план сквера «Им. В.И. Сурикова»

3 Баланс территории объекта

Периметр объекта: *487 м*

Общая площадь объекта: *14042 м² (1,40 га)*

Индекс пространственной формы объекта: *1,16*

Вывод: *пространственная форма объекта является экологически эффективной, т.е. способствует повышению рекреационной комфортности посетителей и экологической устойчивости насаждений на данной территории.*

Тип условий произрастания растений – критический.

4 Количественные показатели озелененности объекта

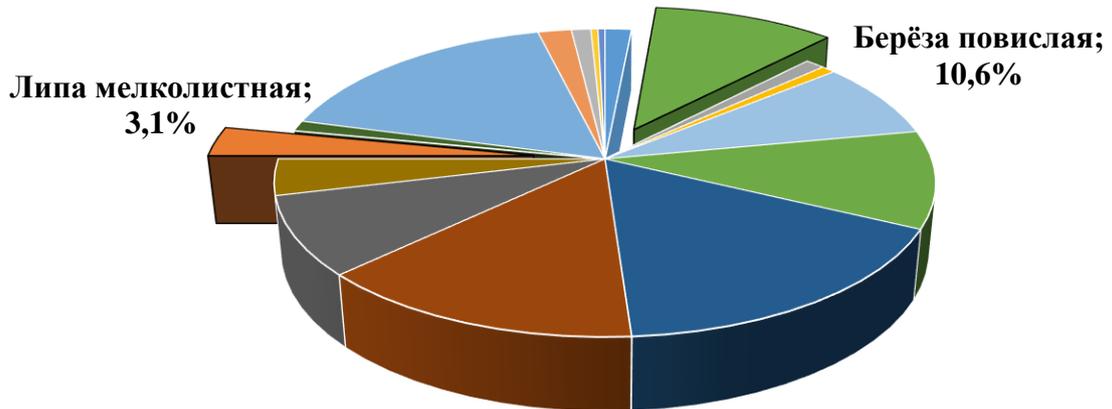
Количество древесных растений на объекте

- Деревьев – *234 шт.*

- Кустарников – 33 шт.

5 Оценка жизненного состояния насаждений на объекте озеленения - индекс жизненного состояния насаждений сквера «Им. В. И. Сурикова» составляет 41,9% и оценивается как «сильно ослабленное».

6 Видовой состав растений



- Яблоня сибирская
- Берёза повислая
- Лиственница сибирская
- Рябина обыкновенная
- Ель сибирская
- Черёмуха маака
- Клён ясенелистный
- Вяз мелколистный
- Сирень венгерская
- Боярышник кроваво-красный
- Липа мелколистная
- Ясень пельсенванский
- Сосна обыкновенная
- Ель колючая
- Сосна кедровая
- Тополь бальзамический
- Смородина золотистая

Рисунок Д.23 – Видовой состав растений

7 Жизненное состояние древесных растений на объекте озеленения

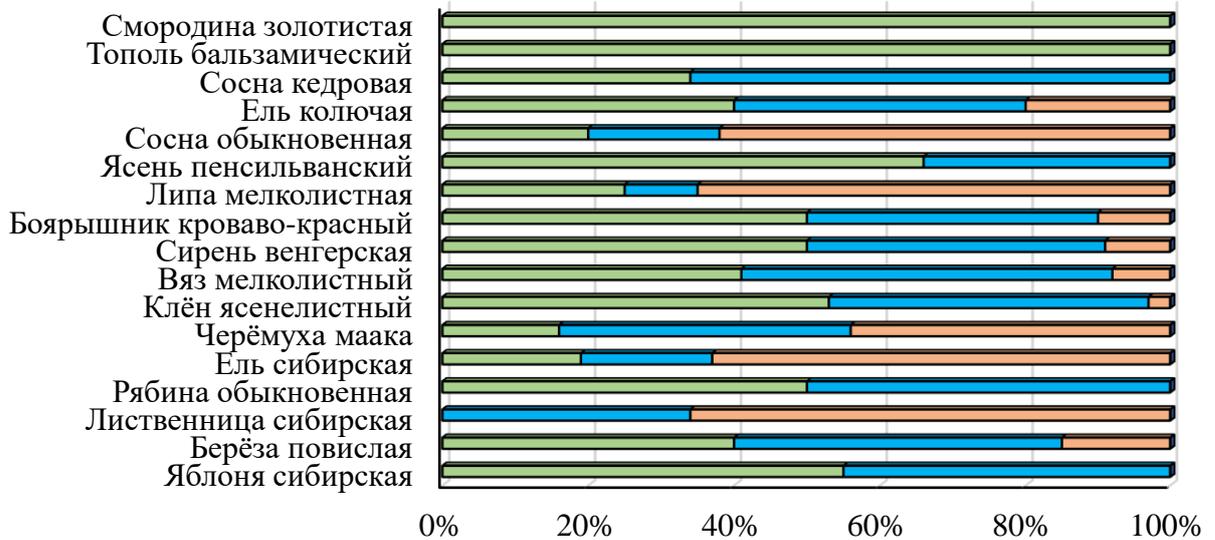


Рисунок Д.24 – Жизненное состояние растений

Приложение Е
Характеристики исследуемых объектов озеленения

Таблица Е.1 – Характеристики исследуемых объектов озеленения

№ на карте (рисунок 2.1)	№1	№ 21		№5	№9	№7	№8		№20	№3
«Адрес» пункта наблюдения	ул. Минусин ская, 14д	ул. Красно- московская, 32д		ул. Быковского, 4д	ул. Чайковс- кого, 7д	ул. Матросова, бд	ул. Кутузова, 92ж		ул. 26 Бакинских Комиссаров, 26д	ул. Сурикова, 54м
Наименова- ние	Плодово- ягодная станция	«Лесок»	«Сереб- ряный»	«Космонавтов»	«Сказочный»	«Панюковс- кий»	«Энтузиастов»	«Юбилейный»	«Одесский»	«Сурикова»
	питомник УЗС									
Площадь, га	3,1	0,81	2,59	6,96	1,05	1,91	2,95	0,95	1,50	1,40
Периметр, м	1590	404	680	1336	401	652	890	500	675	487
Индекс формы объекта	1,0	1,27	1,19	1,43	1,10	1,33	1,46	1,50	1,55	1,16
Мезоклиматические характеристики (средние значения за вегетационный период: май – сентябрь)										
Температура воздуха, °С	13,7	16,5		17,2	16,5	15,4	16,5		17	17
Влажность воздуха, %	66,3	74,3		61,3	61,1	67,2	54,9		72,6	64,2
Сумма осадков, мм	329 мтс. Красноярск. Город	286 мтс. Красноярск. Город								

Продолжение таблицы Е.1

Средняя скорость ветра, м/с	2,33	1,4	3,87	3,09	1,26	1,66	2,04	1,5
Господствующее направление ветра	ЮЗ	СВ	СЗ	СЗ	ЮЗ	ЮЗ	ЮЗ	З
Техногенные нагрузки по данным постов наблюдения гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (КЦГМС-Р) на стационарных постах г. Красноярска								
Индекс загрязнения атмосферы, ед., рассчитанный на основе ПДКсс для человека / %								
Взвешенные вещества	2,2 / 16,3	2,4 / 14,5	2,5 / 18,2	2,5 / 16,4	2,4 / 16,9	2,5 / 13,5	2,5 / 16,6	2,7 / 12,5
Оксид углерода	4,6 / 41	7,2 / 43,3	5,1 / 37,5	6,0 / 40,0	5,5 / 38,0	8,4 / 45,9	5,3 / 34,9	7,5 / 35,2
Диоксид азота	5,2 / 31	5,5 / 33,2	4,5 / 32,9	4,4 / 29,0	4,6 / 31,9	4,5 / 24,5	4,0 / 26,2	9,1 / 42,8
Формальдегид	1,6 / 11,7	1,5 / 9,0	1,6 / 11,4	2,2 / 14,6	1,9 / 13,2	2,9 / 16,1	3,4 / 22,3	2,0 / 9,5
ИЗА ₄ , в долях ПДК для человека	13,7	16,7	13,7	15,1	14,4	18,2	15,3	21,3
Индекс загрязнения атмосферы, ед., рассчитанный на основе ПДКсс для зелёных насаждений / %								
Взвешенные вещества	6,7 / 17,3	7,3 / 15,4	7,4 / 18,4	7,3 / 17,2	7,3 / 17,3	7,3 / 15,3	7,6 / 17,2	8,0 / 11,8
Оксид углерода	5,6 / 14,4	7,2 / 15,3	5,1 / 12,8	6,0 / 14,2	5,5 / 13,0	8,4 / 17,5	5,3 / 12,0	7,5 / 11,0
Диоксид азота	21,2 / 54,5	27,7 / 58,7	22,5 / 55,9	21,8 / 51,3	23,0 / 54,6	22,3 / 46,7	20,0 / 45,2	45,7 / 67,2
Формальдегид	5,3 / 13,7	5,0 / 10,6	5,2 / 12,9	7,3 / 17,2	6,3 / 15,0	9,8 / 20,4	11,3 / 25,6	6,8 / 10,0

ИЗА ₄ , в долях ПДК для зелёных насаждений	38,8	47,2	40,2	42,5	42,1	47,8	44,3	67,9		
Древесные растения										
Количество деревьев на объекте, шт.	380	412	272	1688	118	1908	1149	139	522	264
Аборигенные виды, шт./%	380 / 100	259 / 63	202 / 74	732 / 43	32 / 27	352 / 18	394 / 34	83 / 60	188 / 36	106 / 40
Интродуценты, шт./%	-	153 / 37	70 / 26	956 / 57	86 / 73	1556 / 82	755 / 66	56 / 40	334 / 64	158 / 60
Доля участия берёзы повислой, шт./%	высокая, 38 / 16	высокая , 80 / 19,4	высокая , 15 / 5,5	средняя, 46 / 2,7	высокая, 18/15,3	средняя, 64 / 13,6	высо- кая, 60 / 5,2	высокая 62 / 45	низкая, 3 / 0,6	высокая 28 / 10,6
Доля участия липы мелколистной шт./%	средняя, 9 / 5	средняя, 12 / 2,9	-	низкая, 11 / 0,7	высокая, 35/29,7	низкая, 7 / 1,5	средняя , 34 / 3	-	высокая, 12 / 2,3	средняя, 8 / 3,1
Биометрические параметры деревьев на объектах исследования										
Средний диаметр ствола, см										
Берёза повислая	22,5	18,5	19,5	21,3	28,3	22,5	23	23,5	10	19,2
Липа мелколистная	24,3	23,5	-	18,3	35,3	18,3	14	-	13	12
Средняя высота дерева, м										
Берёза повислая	10,6	8,5	7,4	7,5	11,4	10,4	14	12,7	3,9	7,3
Липа мелколистная	10,3	9,8	-	8,4	10,7	9,6	3	-	5,1	2,6

Средний диаметр кроны, м										
Берёза повислая	4,6	5,2	4,2	4,3	5,6	4,8	3,8	4,9	2,8	3,9
Липа мелколистная	5,6	5,3	-	4,5	6,5	5,3	4,6	-	3,2	2,8
Средний диаметр кроны, м										
Берёза повислая	4,6	-	4,2	4,3	5,6	4,8	3,8	4,9	2,8	3,9
Липа мелколистная	5,6	5,3	-	4,5	6,5	5,3	4,6	-	3,2	-
Категория жизненного состояния , %										
Береза повислая										
Здоровые	90	75	60	50	20	20,5	60	11,5	0	40
Ослабленные	10	25	20	50	59	28,5	40	43	100	45
Сильно ослабленные	0	0	20	0	21	21,5	0	44,5	0	15
Отмирающие	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Липа мелколистная										
Здоровые	85	30	-	50	1	7	70	-	1,5	25
Ослабленные	15	35	-	50	47,5	93	30	-	48	10
Сильно ослабленные	0	35	-	0	49	0	0	-	48	65
Отмирающие	0	0	-	0	1,5	0	0	-	2,5	0

Приложение Ж

Условные обозначения экологических свойств растений

Таблица Ж.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	

	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
			