

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева**»



На правах рукописи

Панов Алексей Иванович

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
(*PINUS SYLVESTRIS L.*) В ГОРОДСКИХ ПОСАДКАХ
(НА ПРИМЕРЕ Г. КРАСНОЯРСКА)**

06.03.01 Лесные культуры, селекция, семеноводство

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
доцент Авдеева Елена Владимировна

Красноярск – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.....	8
2 ПРОГРАММА, ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	24
2.1 Программа исследований.....	24
2.2 Объекты исследования.....	24
2.3 Методы исследования.....	26
3.ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ	45
4. РОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ Г. КРАСНОЯРСКА.....	66
4.1 Классификация объектов озеленения по условиям произрастания растений.....	66
4.2 Оценка жизненного состояния сосны обыкновенной в городских посадках с различным уровнем техногенного загрязнения	70
4.3 Изменчивость показателей роста сосны обыкновенной в посадках города Красноярска	78
4.4 Изменчивость ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной в различных условиях произрастания.....	84
4.5 Изменчивость прироста боковых ветвей сосны обыкновенной в городских посадках	93
4.6 Изменчивость ассимиляционного аппарата осевого побега боковой ветви сосны обыкновенной	102
5 ФОРМИРОВАНИЕ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ.....	116
5.1 Вертикальная структура сосны обыкновенной в городских посадках	116
5.2 Формирование искусственных насаждений с участием сосны обыкновенной.....	125
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	150
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	152
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	179

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. На современном этапе развития урбанизированных территорий особую актуальность приобретает максимально полное использование различных полезных функций зелёных насаждений, которые составляют основу экологического каркаса городов. Анализ исследований роста сосны обыкновенной показал, что ее распространению в насаждениях городов способствуют декоративные качества, в том числе в зимний период, нетребовательность к эдафическим условиям, быстрота роста, зимостойкость, высокие санитарно-гигиенические и средозащитные свойства. При этом состояние сосны обыкновенной на городских объектах озеленения оценивается от «здоровых» до «отмирающих», суммарное воздействие антропогенных факторов часто ведет к усыханию скелетных ветвей, вершин, общей деградации насаждений, раннему биологическому старению, преждевременной гибели особей. Анализ справочной и нормативной литературы в области озеленения городов показал, что в них содержатся общие сведения о динамике морфологических показателей сосны обыкновенной для насаждений Европейской части России. При этом отсутствуют региональные нормативные материалы по возрастной динамике биометрических показателей сосны обыкновенной, произрастающей в условиях урбанизированной среды г. Красноярска.

В городских условиях, даже в пределах одного объекта озеленения, с одинаковым уровнем антропогенного загрязнения, но различной рекреационной нагрузкой, градостроительной ситуацией, агротехническим уходом происходят процессы изменения жизненного состояния древесных растений (деградация, гибель или наоборот, «непредвиденно» хороший рост). На основании этого необходимо установить особенности роста сосны обыкновенной, произрастающей на объектах городского озеленения с различным сочетанием антропогенных нагрузок (промышленность, транспорт, рекреационные нагрузки, механические повреждения, несоблюдения правил ухода и посадки и др.), разработать

мероприятия, повышающие устойчивость, биоразнообразие, декоративность насаждений с участием сосны обыкновенной на объектах городского озеленения.

Степень разработанности проблемы. Вопросы создания зеленых насаждений в городах Сибири со сложным сочетанием природно-климатических условий и техногенных нагрузок изложены в работах Л.И. Аткиной, А.Г. Большакова, Е.М. Руновой, З.Я. Ивановой, Р.И. Лоскутовым, Е.В. Авдеевой, З.И. Лучник, Г.В. Крыловым, Е.Н. Протопоповой, И.Ю. Коропачинским, Р.И. Лоскутовым, Т.Н. Встовской, С.И. Конашовой, Е.В. Потаповой В.Л. Ружже, Агаповой А.М., Т.Б. Сродных, Хромовым и других авторов. Несмотря на обширный объем информации, связанный с оценкой роли зеленых насаждений в урбанизированной среде, остаются малоизученными вопросы специфики роста сосны обыкновенной в возрастной динамике, ее приживаемости на объектах озеленения, формирования ландшафтных посадок с участием сосны обыкновенной в городских насаждениях с различным уровнем антропогенного воздействия.

Цель работы заключается в установлении изменчивости показателей роста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в возрастной динамике, ее приживаемости на объектах озеленения, обосновании формирования ландшафтных посадок в городских насаждениях с различным уровнем антропогенного воздействия.

Задачи исследований

1. Изучить изменчивость показателей роста сосны обыкновенной в городских посадках с различным уровнем антропогенного воздействия, разработать математические модели динамики биометрических показателей.

2. Оценить изменчивость ассимиляционного аппарата и рост боковых ветвей сосны обыкновенной в городских посадках.

3. Разработать научно обоснованные рекомендации по формированию искусственных насаждений с участием сосны обыкновенной с целью повышения устойчивости, долговечности и биоразнообразия на городских объектах озеленения с учетом техногенных нагрузок, экологических и эстетических

свойств растений.

Научная новизна. Впервые для городских насаждений с участием сосны обыкновенной (на примере г. Красноярска) с различным уровнем техногенного загрязнения установлены особенности роста и реакции сосны обыкновенной в возрастной динамике, разработаны математические модели динамики высоты, диаметра, объема, площади поверхности кроны сосны обыкновенной в диапазоне от 8 до 50 лет. Установлена взаимосвязь возраста хвои, класса повреждения с качеством воздушной среды, что позволяет использовать сосну обыкновенную в качестве вида-индикатора для оценки аэротехногенного загрязнения городов. Выявлена специфика приживаемости сосны обыкновенной на объектах озеленения по состоянию ассимиляционного аппарата и приросту боковых ветвей, данные о динамике прироста позволяют прогнозировать сроки адаптации сосны обыкновенной на объектах городского озеленения, оценить динамику их восстановления (ослабления), разработать мероприятия по уходу, созданию насаждений по структуре и видовому составу адекватные условиям среды.

Теоретическая и практическая значимость работы. Выявлены закономерности показателей роста сосны обыкновенной в условиях урбанизированной среды г. Красноярска, установлены видовые особенности, которые проявляются в изменении биометрических параметров формы, размеров, ассимиляционного аппарата. Разработаны научно обоснованные рекомендации (структурно-пространственные, фитоценотические, агротехнические) по повышению приживаемости и устойчивости сосны обыкновенной на городских объектах озеленения, улучшению санитарно-гигиенического и декоративного эффекта насаждений с участием сосны обыкновенной. По экологической и ландшафтной совместимости, адаптации к условиям городской среды и степени устойчивости к вредителям и болезням обоснован основной и дополнительный видовой состав растений для создания смешанных, многоярусных посадок на городских объектах озеленения.

Методология и 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 19». Для сбора данных, обработки фотоснимков, проведения статистических расчетов применен ряд специализированных программ.

Положения, выносимые на защиту:

1. Изменчивость показателей роста сосны обыкновенной на антропогенные воздействия городской среды имеют видовые особенности, что проявляется в изменении биометрических параметров и жизненном состоянии растений.

2. Характер и степень приживаемости сосны обыкновенной в городских посадках зависит от интенсивности антропогенных факторов и отражается на росте боковых ветвей и состоянии ассимиляционного аппарата.

3. Наиболее устойчивыми для конкретных условий к воздействию негативных факторов городской среды, максимально эстетичными и долговечными насаждениями являются смешанные многоярусные посадки хвойных и лиственных растений, совместимые по экологическим свойствам, объемно-пространственная структура которых адекватна условиям среды.

Степень достоверности и апробации результатов. Степень достоверности полученных результатов обусловлена многолетними (2013 – 2021 гг.) исследованиями, необходимым и достаточным объемом экспериментального материала, использованием современных средств статистического анализа и программного обеспечения. Основные положения и результаты диссертационных исследований апробированы на конференциях различного уровня: международный научно-практический форум «Проблемы озеленения крупных городов» (Москва, 2018; 2019); Международная мультидисциплинарная конференция по промышленному инжинирингу и современным технологиям FarEastCon (Владивосток, 2019, 2020); международная научно-техническая конференция «Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики» (Екатеринбург, 2019); всероссийская научно-практическая конференции «Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного

строительства (Красноярск, 2013 – 2020).

Личный вклад. Автор принимал личное участие в сборе экспериментального материала, статистической обработке данных, построении регрессионных моделей, проводил анализ, обобщение и интерпретацию полученных результатов.

Структура и объем научной работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и приложений. Текстовая часть содержит 18 таблиц, 57 рисунков. Список использованных источников включает 230 наименований. Работа изложена на 181 странице, содержит 3 приложения на 47 страницах.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 16 научных статей, в том числе, 5 в рецензируемых журналах (по списку ВАК), 1 в издании, индексируемом в базе данных Scopus.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

На современном этапе развития урбанизированных территорий особую актуальность приобретает максимально полное использование различных полезных функций зелёных насаждений, которые составляют основу экологического каркаса городов. Способность сосны обыкновенной существовать в разнообразных экологических условиях – крайнего севера и субтропических районов, полярного длинного дня и короткого дня юга, короткого вегетационного периода на севере продолжительного на юге, при абсолютном зимнем минимуме температуры воздуха - 60°C и абсолютном максимуме $+ 40^{\circ}\text{C}$ и выше, довольствоваться низким уровнем влажности воздуха и малыми запасами воды и питательных веществ в почве, произрастать на болотах и сухих песках - обеспечила ей обширную область распространения на материке Евразии от 70° с.ш. и от 7° з.д. до 126° в.д. [Правдин, 1964].

Сосна обыкновенная – *Pinus sylvestris* l. вечнозеленое дерево, достигающее высоты 35 м, с диаметром ствола до 80-100 см. В густых насаждениях дерево имеет прямой, высокоочищенный от веток ствол с компактной кроной в верхней его части. У отдельно стоящих деревьев крона раскидистая, равномерно расположенная по всему стволу [Колесников, 1974]. Кора светлая, красно-бурая, трещиноватая, на молодых частях ствола и ветвях желтоватая. Хвоя собрана в пучки по 2 шт., 4-7 см длиной, заостренная, с одной стороны слегка выпуклая, часто имеет сизоватый налет по устьечным бороздкам. Шишки располагаются одиночные или по 2 – 3 штуки, яйцевидно-конусовидные, продолговато- или короткозаостренные, обращены к низу на изогнутых коротких ножках, серовато-коричневые, матовые, длиной 2,5-7 см, диаметром 2-3,5 см (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Сосна обыкновенная, г.Красноярск, Академгородок

Сосна обыкновенная относится к быстрорастущим деревьям: в молодом возрасте растет очень быстро, уступая из хвойных пород лишь лиственнице, позднее (после 20 – 25 лет) растет медленнее, и к 60 – 70 годам прирост настолько уменьшается, что ее в росте догоняет ель. По долговечности относится к весьма долговечным древесным породам, предельная долговечность которых 500 – 600 лет. В Красноярске (Академгородок) в 35 лет плодоносящие деревья сосны достигают 11,5 – 13 м высотой с диаметром ствола 18 – 30 см и кроны 3,5 – 6 м [Лоскутов, 1987, 1993; Коропачинский, 2014].

Сосна относится к весьма морозостойким породам, переносящим понижение температуры до 35 – 50⁰С и ниже, но в тоже время может переносить и сухой континентальный климат южных степей со знойными ветрами. По потребности в воде ее относят к группе – малотребовательные к влаге. Весьма светолюбивая порода, однако, менее чем лиственница. В отношении почвенных условий порода весьма пластична – она занимает обширные пространства на разных почвах; может расти как на весьма сухих почвах (высокие дюны), так и на избыточно влажных (болота). Также весьма нетребовательна к минеральному составу почвы, произрастая и на очень бедных почвах. Однако лучше всего развивается на достаточно плодородных, свежих глубоких песках или супесях. Выносит наличие извести в почве; может расти почти на чистых меловых обнажениях. По газоустойчивости можно отнести к сильно повреждаемым породам, с плохой способностью противостоять вредному воздействию дымовых выделений. Сосна ветроустойчива, однако при неблагоприятных почвенных

условиях, особенно на мелких почвах, вследствие плохого развития корневой системы становится менее ветроустойчивой [Колесников, 1974].

Сосна обыкновенная используется в озеленении городских улиц и мест отдыха. Сосновые деревья высаживают на обширных территориях в лесопарковых зонах, городских парках и скверах. В пределах своего ареала сосна обыкновенная является ценным деревом для строительства крупных городских и загородных парков, а также лесопарков при условии отсутствия вблизи них промышленных предприятий, выделяющих вредные газы. Используется как в чистых, так и в смешанных насаждениях, массивами (в лесопарках), группами и в виде солитеров. В зеленом строительстве имеет не только декоративное, но и санитарно-гигиеническое значения благодаря антисептическому действию смолистых летучих веществ. Весьма ценное дерево для лесных, лесомелиоративных и полезащитных насаждений на бедных песчаных и супесчаных почвах.

Сосна обыкновенная хороша и в качестве солитера, и в групповых посадках с лиственными и хвойными деревьями. Однако следует помнить, что сосна с возрастом будет не только видоизменяться, но и значительно увеличиваться в размерах. Если не предусмотреть данный фактор сразу при высадке дерева в группу, вырастая, деревья могут ограничивать жизненное пространство друг друга, в результате чего пострадает эстетический вид групповой композиции, да и сами деревья не будут выглядеть здоровыми и красивыми [Колесников, 1974].

Природные особенности деревьев и кустарников по-разному проявляются при различных приемах посадки. В аллейных посадках деревья развиваются совсем иначе, чем в одиночных, здесь сказывается их взаимовлияние, которое зависит от интервала между стволами. Плотные рядовые посадки, в особенности из нескольких ярусов, образуют сплошные зеленые стены. В группах растения развиваются в зависимости от местонахождения – в центре или на периферии группы, - кроны деревьев стремятся заполнить свободное пространство, получают ассиметричное развитие. В регулярных посадках деревья и кустарники

полностью меняют свой естественный вид, их форма определяется приемами стрижки [Горохов, 2012].

Декоративные качества растений не могут рассматриваться вне возрастных и сезонных изменений. В процессе роста деревья и кустарники кардинально изменяют свои высоту, диаметр кроны, толщину и текстуру поверхности ствола, рисунок и толщину скелетных ветвей, силуэт, т.е. все основные показатели, влияющие на эстетическое восприятие зеленых насаждений. Закономерности развития декоративно-художественных форм следует учитывать при формировании пейзажей садов и парков.

Рост и развитие сосны происходит неравномерно. До 15 лет она имеет конусовидную крону, начинающуюся у самой поверхности земли, затем нижняя часть ствола очищается от веток и к 50 – 70 годам у отдельно стоящих деревьев формируется раскидистая крона. В лесных посадках сосна быстрее вытягивается, очистка ствола от ветвей идет более интенсивно и крона сохраняется только в самой верхней части дерева (рис. 1.2). Поэтому знание пределов роста каждого вида растений имеет большое значение как для формирования многоярусных насаждений на значительных территориях, так и для компоновки отдельных древесно-кустарниковых групп, выбора деревьев-солитеров. При этом необходимом учитывать условия среды, в которой происходит развитие растений. В крупных городах, где понижен уровень грунтовых вод, нарушены почвообразовательные процессы, значительна загазованность воздуха, растения менее долговечны и не достигают размеров как в естественных условиях [Горохов, 2012; Лунц, 1974; Машинский, 1973, 1978, 1991; Теодоронский, 1985, 1999, 2001 и др.].

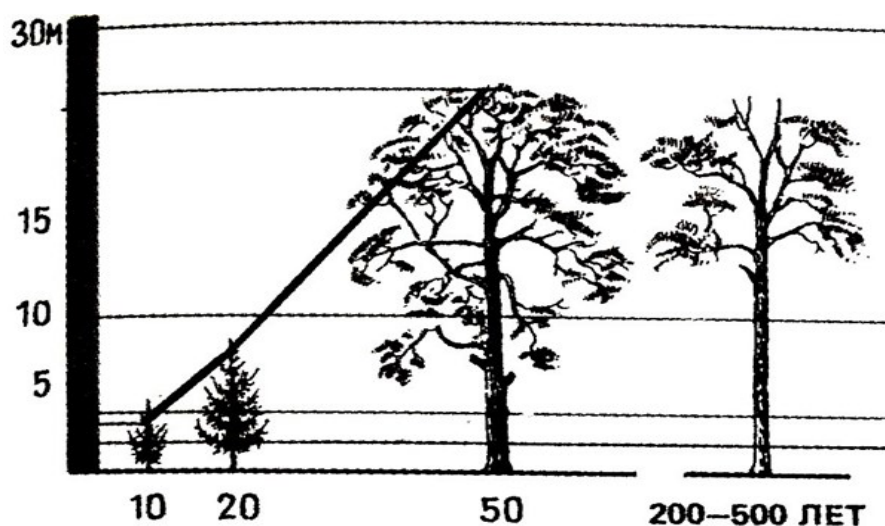


Рисунок 1.2 – Изменение габитуса сосны обыкновенной в естественных условиях на различных этапах формирования [Горохов, 2012].

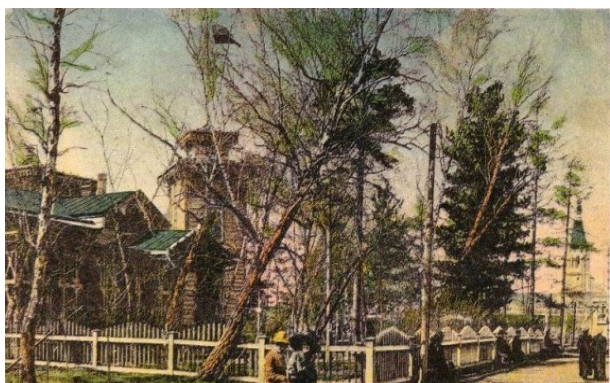
Исторические предпосылки создания насаждений сосны обыкновенной на объектах озеленения г. Красноярск. В период закладки острога Красноярск размещался в микроклиматических условиях горной котловины, защищенной от северных ветров, а его компактная планировка не противоречила климатическим условиям и природному окружению, подступавшему достаточно близко к границам города. Красноярск основан, строится и развивается на территории, отличающейся природной живописностью. К северо-западу от города поднимаются красноверхие мергелевые вершины Дрокинских и Арейских гор, скаты урочища Каракуша. С запада Гремячинская возвышенность оканчивается со стороны города высокой сопкой [Беляк, 1952; Туточкин, 1960]. Особый облик городу придает Караульная гора, точнее, ее сложное геологическое строение.

На противоположном правом берегу реки Енисей тянутся покрытые лесом Куйсумские горы, которые являются частью горной системы Восточного Саяна. Их вершина – Черная сопка – хорошо просматривается на юго-востоке города и обладает естественным природным колоритом. Другая вершина Куйсумских гор, скальный массив Такмак, сложенный из сиенита, придает особый эффект ландшафту города. Историческое ядро Красноярск в настоящее время – лишь небольшая часть города. При этом на протяжении 300 лет городская застройка заполняла пространство от Стрелки до подножия Афонтовых гор. Исторические документы показывают, что потребность в озеленении в городах Сибири возникла

довольно поздно. Более 150 первых лет существования Красноярского острога окрестные леса использовались как источник строительных материалов, дров, охотничьи угодья и естественная преграда [Ружже, 1966; Авдеева, 2007].

В 1822 году Красноярск становится административным центром Енисейской губернии. Первый енисейский губернатор А.П. Степанов активно занимается благоустройством города. Он предпринял меры по составлению проектного плана Красноярска, который в 1828 году получил высочайшее утверждение [Царев, 2001; 2013]. На плане определился новый общегородской центр – Соборная площадь, которая с южной стороны примыкала к участку лесного массива, сохраненному по предложению Степанова для устройства публичного сада. Губернатор, поясняя истоки своего замысла, писал, что «на западной стороне Красноярска была некогда хвойная роща над крутым берегом Енисея» [Степанов, 1835]. Таким образом, в Красноярске имеются исторические предпосылки создания зеленых насаждений сосны обыкновенной на городских объектах озеленения (рис.1.3).

Для популяризации озеленения в Красноярске с конца XIX века весной проходил праздник древонасаждения. Школьники вместе с родителями и учителями сажали деревья рядом с гимназиями, во дворах и скверах, учеников привлекали не только к посадке деревьев, но и к уходу и надзору за ними. [Циркуляр, 1901]. В 1910 году В. А. Смирнов предложил на Театральной площади произвести посадку хвойных пород вместо тополя, которым уже засажены две части площади из четырех, предназначенных под древесные насаждения, но эта идея не была реализована. В настоящее время в России праздник древонасаждения именуют Днем работника леса. Он был установлен в 1966 году Указом Президиума Верховного Совета СССР.



Клуб Вольно-пожарного общества в Городском саду, 1880 г



Главная аллея городского сада, 1890 г.



Детская площадка в Городском саду. Духовная семинария, 1903 г.



Центральный парк культуры и отдыха имени М. Горького, 1960 г.

Рисунок 1.3 – Исторические предпосылки создания насаждений сосны обыкновенной на объектах озеленения г. Красноярска

В послевоенный период в Центральном парке была осуществлена частичная замена древесных насаждений, в результате которой в 1952 году удалили 300 погибших деревьев, а взамен их высадили более 1800 молодых сосен, лиственниц, лип и других растений [Нифантьев Е.С., 1954].

В 50-70 гг. XIX века часть красноярцев заводит небольшие садики на передних дворах своих усадеб [Мешалкин, 1988]. Отдельные состоятельные жители устраивали большие сады. В конце XIX в. купец Т. В. Юдин устраивает сад в естественном зеленом массиве на берегу реки Качи, а Вс. М. Крутовский в начале XX в. закладывает первый в городе плодовый сад на правом берегу Енисея, что активизировало посадки плодовых культур и другими красноярцами. Зеленые насаждения появлялись возле жилых домов [Гайдин, 1998]. Таким образом, на данном этапе развития, небольшой по площади Красноярск, с одной стороны, был ограничен элементами ландшафта, занимая террасы реки среди

горного окружения, с другой – был связан с живописными внешними панорамами возможностью их активного восприятия с большей части улиц и площадей.

В настоящее время в г. Красноярске, как и в других городах России проводятся большие работы 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 [<http://www.admkrsk.ru>].

При этом проведенный анализ проектных материалов и выполненных проектов, показывает низкий уровень предпроектного этапа при проектировании объектов озеленения, особенно проектировщиками из других городов, инвентаризационные работы не проводятся и даже не актуализируются, расположение на плане существующих насаждений не соответствует реальной ситуации, недостоверно отражены растения и их жизненное состояние, предлагаются к сносу растения отличного эстетического состояния, а взамен устройство насаждений из растений опыта выращивания, которых в Красноярске практически нет, к тому же они требуют дополнительного ухода: поддержание определенных показателей кислотности почвы, обрезки специалистами для лучшего цветения, укрытия на зиму, дополнительного полива и др., новые посадки деревьев запроектированы на месте существующих растений хорошего жизненного состояния и др. Недостаточно качественно выполненный этап препроектного анализа приводит тому, что реализованные проекты не всегда отвечают поставленным задачам создания комфортной среды для отдыха и повышения санитарно-защитных функций объектов озеленения. Таким образом, проектные решения и их реализация должны выполняться с учетом научно обоснованных данных по созданию пространственной структуры, фитоценооточеский взаимодействий, изменения внешнего облика растений в возрастной динамике под воздействием факторов городской среды в конкретных (локальных) природно-техногенных районах.

За последние десять лет по данным МП «Управление зеленого строительства» в городе Красноярске высажено более 3000 экземпляров сосны

обыкновенной. Анализ исследований роста сосны обыкновенной в насаждениях городов показала, что ее распространению способствуют декоративные качества в том числе в зимний период, нетребовательность к эдафическим условиям, быстрота роста, зимостойкость, высокие санитарно-гигиенические и средозащитные свойства [Оценка ... , 2002; Бабурин, 2009; Морозова, 2009; Сомов, 2012]. При этом состояние сосны обыкновенной на городских объектах озеленения оценивается от здоровых до усыхающих. Большинство насаждений присущи недостатки, характерные для городского озеленения в целом. Это загущенность/разреженность посадок, биоэкологическая несовместимость деревьев-соседей, несоблюдение строительных норм в отношении минимального расстояния до зданий и сооружений. По этим причинам часто формируются угнетенные формы деревьев и различные дефекты кроны и ствола. Близкое расположение насаждений сосны к проезжей части автомобильных дорог с интенсивным движением транспорта приводит к резкому ухудшению состояния деревьев, что часто ведет к усыханию скелетных ветвей, вершин, к общей деградации насаждений, раннему биологическому старению, преждевременной гибели особей [Оценка ... , 2002; Атаманюк, 1987; Башкин, 2004; Байдерин, 1987; Бабурин, 2009; Урусов, 2007; Ассортимент ... , 1987; Авдеева, 2007, 2000, Сомов, 2012; и др.].

Неизбежное влияние на рост и развитие сосновых насаждений в городских условиях оказывают тяжелые почвы, техногенное загрязнение среды, комплекс градостроительных условий, рекреационные нагрузки. Отмечается быстрое старение сосны в условиях уличного озеленения [Ухваткина, 2008а; Бурков, 1992; Городков, 2000]. В работе Н. В. Журкова указывается для деревьев в условиях городских насаждений в придорожной полосе на крупных автомагистралях по сравнению с деревьями тех же видов, растущих в пригородном парке характерен меньший прирост по высоте и диаметру, опадение листьев, нарушение фотосинтеза [Журков, 2003].

В исследованиях, посвященных изучению роста сосны обыкновенной в условиях урбанизированной среды приводятся в основном результаты

жизненного состояния и точечные данные по биометрическим параметрам, значений данных параметров в динамике практически нет. Для городов Дальнего Востока в статье В.М. Урусова (1975) изучаются особенности роста сосны обыкновенной в декоративных посадках, предложен график зависимости высоты насаждений сосны обыкновенной от возраста для различных типов посадок. Отмечается зависимость высоты насаждений и диаметра ствола от расстояния между деревьями, а для линейных посадок еще и влияние ориентации насаждений относительно сторон света. График хода роста сосны обыкновенной по высоте для возраста от 20 до 25 лет (прирост за каждый год) в озеленении автомагистрали лесопарковой зоны г. Владивостока, данные относятся к крупномерным деревьям сосны, пересаженным с лесокультурной площади в возрасте 20 лет, для двух вариантов посадок вдоль трассы: под защитой леса и на открытых местах [Журавков, 1975; Сомов, 2012]. Средние значения биометрических показателей деревьев сосны обыкновенной (высота ствола, диаметр ствола на высоте 1,3 м, длина и диаметр кроны) представлены вне зависимости от возраста для насаждений Владивостока [Полякова, 2004].

Зеленые насаждения в городах существенно отличаются от естественных лесных массивов, данное обстоятельство необходимо учитывать на стадии ландшафтного проектирования. Необходимость учета в процессе ландшафтного проектирования возрастной динамики объемно-пространственных характеристик деревьев и насаждений и влияния на нее параметров структуры посадок отмечается во многих работах [Рекомендации ... , 1972; Колесников, 1974; Северин, 1975; Рубцов, 1977; Залесская, 1979; Озеленение ... , 1987; Реконструкция ... , 1987; Нормы ... , 1988; Вергунов, 1991; Волков, 1991; Горохов, 1991, 2003; Гостев, 1991; Разумовский, 1991, 1992; Авдеева, 1994, 2007; Теодоронский, 1999; Сычева, 2006; Хвойные породы ... , 2007; Смирнов, 2008; Сомов, 2012].

При этом справочная литература, которую в основном используют в ландшафтном проектировании содержит общие сведения для городов западной части России: «Справочник архитектора. Озеленение городов» (1960),

«Декоративная дендрология» А.И. Колесникова (1974)», справочнике Л.И. Рубцова (1977), В.Л. Машинского (1978), Л.С. Залесской (1979), справочнике Озеленение под ред. В.И. Ерохиной. Каталог «Древесные растения» содержит сведения для европейской части России [Каталог, 2018]. Основными литературными источниками о размерах древесных растений, произрастающих в условиях г. Красноярска, являются «Древесные растения для озеленения Красноярска» авторы Коропачинский И.Ю., Лоскутов Р.И. (2014), предшествующие работы Лоскутова Р.И., рекомендации Е.Н. Протопоповой [Рекомендации, 1972]. При этом в них приводятся данные для растений, произрастающих в достаточно чистых условиях дендрария Института Леса РАН и Академгородка (г. Красноярск). Обобщенной информации о растениях, произрастающих под воздействием различных техногенных нагрузок практически нет.

Помимо техногенных воздействий на создание устойчивых насаждений оказывает влияние пространственная структура. Рядом авторов установлено, что продуктивность насаждений зависит от густоты посадки и размещения деревьев на площади. Так в насаждениях с узкими междурядьями из-за ограниченности площадей питания создаются наихудшие условия для роста корневых систем и надземной части сосны обыкновенной. Отсутствие ухода за почвой в таких условиях в связи с ранним смыканием полога отрицательно сказывается на росте корней, верхние слои почвы уплотняются, и появляется травянистая растительность – конкурент в борьбе за влагу. В широких же междурядьях смыкание культур происходит гораздо позже, что позволяет более длительно ухаживать за почвой. Такие насаждения менее страдают от засухи [Бондаренко и др., 1972]. Сосна обыкновенная на песчаных землях при рациональной пространственной структуре образует полноценные защитные насаждения, которые имеют не только большое хозяйственное, но и мелиоративное значение [Праходский, 1988]. При изучении роли неравномерного размещения деревьев в культурах сделан вывод о предпочтительности широких междурядий в культурах. Для рационализации размещения предпочтение следует отдавать двухрядной

кулисе с широкими междурядьями [Малинаускас, 2001; Шутов и др., 2002; Павлов, 2002; Барабанова, 2006]. Таким образом, выбор типа и плотности посадок является важным условием для выращивания устойчивых, долговечных, декоративных насаждений в урбанизированной среде.

Древесные растения, произрастающие в различных условиях города, по внешним признакам различаются между собой, а также растениями данных видов естественных местообитаний. Установлено, что антропогенные воздействия вызывают у растений изменения, приводящие их к стрессовому состоянию: в результате уменьшения фотосинтезирующей поверхности, снижается прирост в высоту и по диаметру, что в конечном итоге приводит к изменению уровня продуктивности. Поэтому в городских условиях резервы продуктивности насаждений, возможные для данной природной территории, практически не реализуются из-за техногенного обострения экологической обстановки. Урбанизированная среда является сложной, неоднородной по пространственной структуре и временному аспекту, постоянно изменяющейся системой, в которой наблюдается значительное количество нарушающих факторов и проявляется комплексное стрессовое воздействие среды на живые организмы.

Анализ состояния среды города Красноярска показал, что сложившаяся экологическая ситуация оказывает значительную дополнительную нагрузку на природный комплекс и обуславливает антропогенную модификацию сложных естественных факторов, характерных для данного региона. Это сказывается на изменении свойств отдельных биотических компонентов и качества среды, которое должно рассматриваться и оцениваться с учетом потребностей всех живых организмов, оценка же отклонения параметров среды от их исходных значений возможна методом биоиндикации. Экстремальными факторами городской среды Красноярска для древесной растительности выступают абиотические природные стрессоры, такие, как природный повышенный уровень запыленности, подтопление, котловинность рельефа, низкая устойчивость ландшафтов в сочетании с техногенными стрессорами (промышленность,

транспорт, рекреация). Обзор основных стрессоров среды города Красноярска представлен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Специфика основных природно-техногенных стрессоров среды города Красноярска

Специфика факторов среды города Красноярска			
Абиотические		Биотические	Техногенные
Рельеф	Климат		
- котловинность горного рельефа; - сочетание сложного рельефа с южной экспозицией склонов	- экстремальные низкие и высокие температуры воздуха; - заморозки; - ветровые условия в сочетании с повышенной запыленностью	- болезни; - вредители	- модификация климатических факторов; - изменение орографических и гидрологических условий; - воздействия от стационарных источников загрязнения (промпредприятия); - влияние передвижных источников (автотранспорт); - рекреационные нагрузки; - проектирование объектов озеленения и содержание зеленых насаждений без научного обоснования
Низкая устойчивость отдельных компонентов и ландшафтов в целом			

Эффект вредного воздействия промышленных выбросов на сосну обыкновенную значительно проявляется в районах действия промышленных предприятий [Алексеев, 1990; Ярмишко, 1990; Бабушкина и др., 1991; 1993; Капелькина, 2016; Лебедев, 2019]. Загрязняющие вещества в воздушной среде образуют сложные соединения, поражающие одновременно разные органы растений, ослабляющие интенсивность роста и ухудшающие общее состояние как отдельных растений, так и их сообществ.

Установлено, что в условиях аэротехногенного воздействия в первую очередь происходит угнетение ростовых процессов деревьев в культурах сосны обыкновенной. Использование такого показателя как линейный прирост деревьев в качестве критерия жизненного состояния лесных культур дает возможность более точно оценить состояние каждого древесного растения и диагностировать степень его повреждения [Зарубина, 2012.]. Аэротехногенное загрязнение отрицательно воздействует на состояние хвои деревьев в культурах сосны обыкновенной. Происходит: уменьшение массы, длины хвои, увеличение

плотности охвоения побегов, возрастание количества ее повреждений и сокращение продолжительности жизни [Зарубина, 2012].

Вопросам исследования влияния аэротехногенного влияния на рост сосны обыкновенной уделяется внимание на протяжении многих лет [Антанайтис, 1981; Аугустайтис, 1984, 1989; Барткявичюс, 1990; Ловелиус, Ярмишко, 1990; Ярмишко, 1997; Цветков, 1991; Yarmishko, 1985, 1993; Зарубина, 2012; Чжан, 2014].

В городских условиях, несмотря на определенные особенности, деградация сосновых насаждений носит аналогичный характер. При этом распределение деградирующих растений по территории города носит мозаичный характер, в отличие от воздействия промышленных предприятий на естественные лесные массивы (где чем ближе к источнику загрязнения, тем сильнее реакции растений на техногенные воздействия). В городских условиях в пределах одного объекта озеленения с одинаковым уровнем аэротехногенного воздействия, но различной рекреационной нагрузкой или градостроительным влиянием происходят процессы изменения жизненного состояния древесных растений (деградации, гибели или наоборот, непредвиденно хорошего роста). На основании этого важно обосновать методы исследования и установить особенности роста и развития сосны обыкновенной в пределах крупного города с различным сочетанием антропогенных нагрузок (промышленность, транспорт, рекреационные нагрузки, механические повреждения, не соблюдения правил ухода и посадки и др.). На основании этого исследования интегрированного воздействия средовых техногенных стрессоров методами дендроиндикации являются важными и для установления допустимых нагрузок, для определения диапазона толерантности и стабильности системы озеленения в целом и ее отдельных компонентов, возможности рационального использования насаждений из сосны обыкновенной при создании городской системы озеленения.

Выводы по главе

1. Анализ исследований роста сосны обыкновенной в насаждениях городов показал, что ее распространению способствуют декоративные качества, в том

числе в зимний период, нетребовательность к эдафическим условиям, быстрота роста, зимостойкость, высокие санитарно-гигиенические и средозащитные свойства. При этом состояние сосны обыкновенной на городских объектах озеленения оценивается от «здоровых» до «отмирающих», суммарное воздействие антропогенных факторов часто приводит к усыханию скелетных ветвей, вершин, общей деградации насаждений, раннему биологическому старению, преждевременной гибели особей.

2. Анализ справочной и нормативной литературы показал, что в них содержатся общие сведения о динамике биометрических показателей сосны обыкновенной для насаждений Европейской части России. При этом отсутствуют региональные данные по возрастной динамике биометрических показателей сосны обыкновенной, произрастающей в условиях урбанизированной среды г. Красноярска.

3. В городских условиях в пределах одного объекта озеленения с одинаковым уровнем антропогенного воздействия, но различной рекреационной нагрузкой или градостроительным влиянием, происходят процессы изменения жизненного состояния древесных растений (деградации, гибели или наоборот, непредвиденно хорошего роста). На основании этого необходимо обосновать методы исследования и установить особенности роста и развития сосны обыкновенной в пределах крупного города с различным сочетанием антропогенных нагрузок (промышленность, транспорт, рекреационные нагрузки, механические повреждения, не соблюдения правил ухода и посадки и др.), разработать мероприятия, повышающие устойчивость сосны обыкновенной на объектах городского озеленения.

2 ПРОГРАММА, ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Программа исследований

Программой исследования предусматривалось:

1. Анализ природно-климатических условий и техногенных воздействий урбанизированной среды г. Красноярска.
2. Рекогносцировочное обследование территорий с целью обоснования проведения основных исследований.
3. Исследование состояния и особенностей роста и реакции сосны обыкновенной в городских посадках с различным уровнем техногенного загрязнения, разработка математических моделей динамики биометрических показателей.
4. Изучение изменчивости и степени адаптации сосны обыкновенной на объектах озеленения по состоянию ассимиляционного аппарата и роста боковых ветвей.
5. Разработка научно обоснованных рекомендаций формирования насаждений с участием сосны обыкновенной с целью повышения устойчивости, долговечности и биоразнообразия в городских посадках с учетом техногенных нагрузок, экологических и эстетических свойств растений.

2.2 Объекты исследования

Объектами исследования являются деревья сосны обыкновенной, произрастающие в насаждениях города Красноярска. Исходя из поставленных задач, исследования динамики морфологических параметров сосны обыкновенной, на территории г. Красноярска было отобрано двадцать два основных объекта озеленения с разным уровнем антропогенной нагрузки, максимально приближенные к постам наблюдения за состоянием окружающей среды. На правом берегу города: парк имени 1 Мая; скверы возле завода

«Красмаш»; ТК «Леруа Мерлен»; скверов «Мебелев»; «Панюковский»; у Цирка; на улицах Королева; Красноярский рабочий; Ярыгинский проезд; на левом: Ботанический бульвар; Комсомольский проспект; остановка «Кладбище Бадалык»; Светлогорский переулок; проспект Свободный (возле СФУ); ул. 9 Мая; ул. Шахтеров; мкр. Удачный; посадки вдоль р. Кача; озеленение парковки ТРЦ Планета, сквер «Юннаты». Места расположения исследуемых объектов озеленения представлены на рисунке 2.1. Исследуемые насаждения принадлежат к различным категориям озеленения: общего пользования (скверы, парки, набережные и площади) – 7 объектов, специального назначения в посадках улиц и магистралей – 15. Для проведения исследования обработано более 1500 цифровых фотографий и видеозаписей.

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, которые 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.

В качестве экспериментальной основы исследований использовались биометрические параметры деревьев сосны обыкновенной (размеры стволов и крон), характеризующие их состояние в возрасте от 8 до 50 лет.

Для озеленения городских объектов общего пользования и специального назначения рекомендуется использовать саженцы сосны обыкновенной в соответствии с ГОСТ 25769-83 «Саженцы деревьев хвойных пород для озеленения городов». Саженцы сосны обыкновенной должны соответствовать следующим параметрам (табл. 2.1).

Сосна обыкновенная в соответствии с ГОСТ 25769-83 высаживается на объекты городского озеленения только 3, 4, и 5 группы, в соответствии с предъявляемыми требованиями: саженцы деревьев хвойных пород должны иметь компактную и симметричную крону, прямой ствол, одну вершину и плотный

земляной ком; саженцы должны быть здоровыми, без механических повреждений, а также без внешних признаков повреждения вредителями и болезнями.

Таблица 2.1 – Нормативные значения для саженцев сосны обыкновенной в соответствии с ГОСТ 25769-83

Нормы для саженцев, см	Высота растения	Диаметр кроны, не менее	Размер кома, не менее
третьей группы	150 – 200	120	100*100*60
четвертой группы	200 – 300	150	130*130*60
пятой группы	300 – 400	200	150*150*60

2.3 Методы исследования

Исследования сосны обыкновенной, проводились в двух взаимосвязанных направлениях: биометрическая оценка; оценка состояния фотосинтетического аппарата растений на разных уровнях структурной организации (кроны, побега, хвои). Проведению основных научных исследований предшествовали рекогносцировочное обследование территорий с использованием методик инвентаризации и паспортизации городских насаждений [Правила, 1998; Инструкция, 2002]. Изучалась планово-техническая документация МП «Управление зеленого строительства» г. Красноярск за многолетний период, проводился опрос жителей и специалистов.

На каждый исследуемый объект озеленения составлен экологический паспорт, в котором отражены, следующие характеристики: местоположение объекта; ветровые условия; антропогенные нагрузки; количество деревьев сосны обыкновенной, их санитарное и эстетическое состояние; расстояние от посадок сосны обыкновенной до автодороги; количество автотранспорта проезжающего по прилегающей дороге в сутки и др.

Рисунок 2.1 – Основные объекты озеленения на которых проводились исследования

Оценка состояния фитосреды исследуемых объектов озеленения проведена с использованием авторской программы «Биометрия урбофитоценозов. Интегральная оценка состояния фитосреды» [Свидетельство, 2015]. Обследования состояния среды проводилось на основе анализа техногенных, рекреационных, автотранспортных и градостроительных нагрузок.

Оценка **возрастного состояния** проводилась либо методом подсчета количества мутовок на растении +3 с учетом появления первых мутовок (для сосны) либо по биологическим признакам. Изменения, претерпеваемые растением в онтогенезе, являются выражением процесса развития во времени, свойственны всем биологическим системам. Возраст отражает течение биологических изменений. В монографии «Ценопопуляции растений» возрастность рассматривается как условная мера биологического времени, которая определяется появлением новых структур, не присущих более ранним этапам развития и исчезновением прежних [Ценопопуляции, 1976]. Возрастное состояние, или возрастной уровень – это этап онтогенеза растения, характеризующийся наличием ряда индикаторных морфологических и биологических признаков, в частности, положением растения в пространстве и особыми взаимодействиями со средой [Уранов, 1975; Ценопопуляции, 1976]. Для определения отдельных возрастных состояний сосны обыкновенной использовались методические разработки «Диагнозы и ключи возрастных состояний» (табл. 2.2) [Диагнозы и ключи возрастных состояний, 1989].

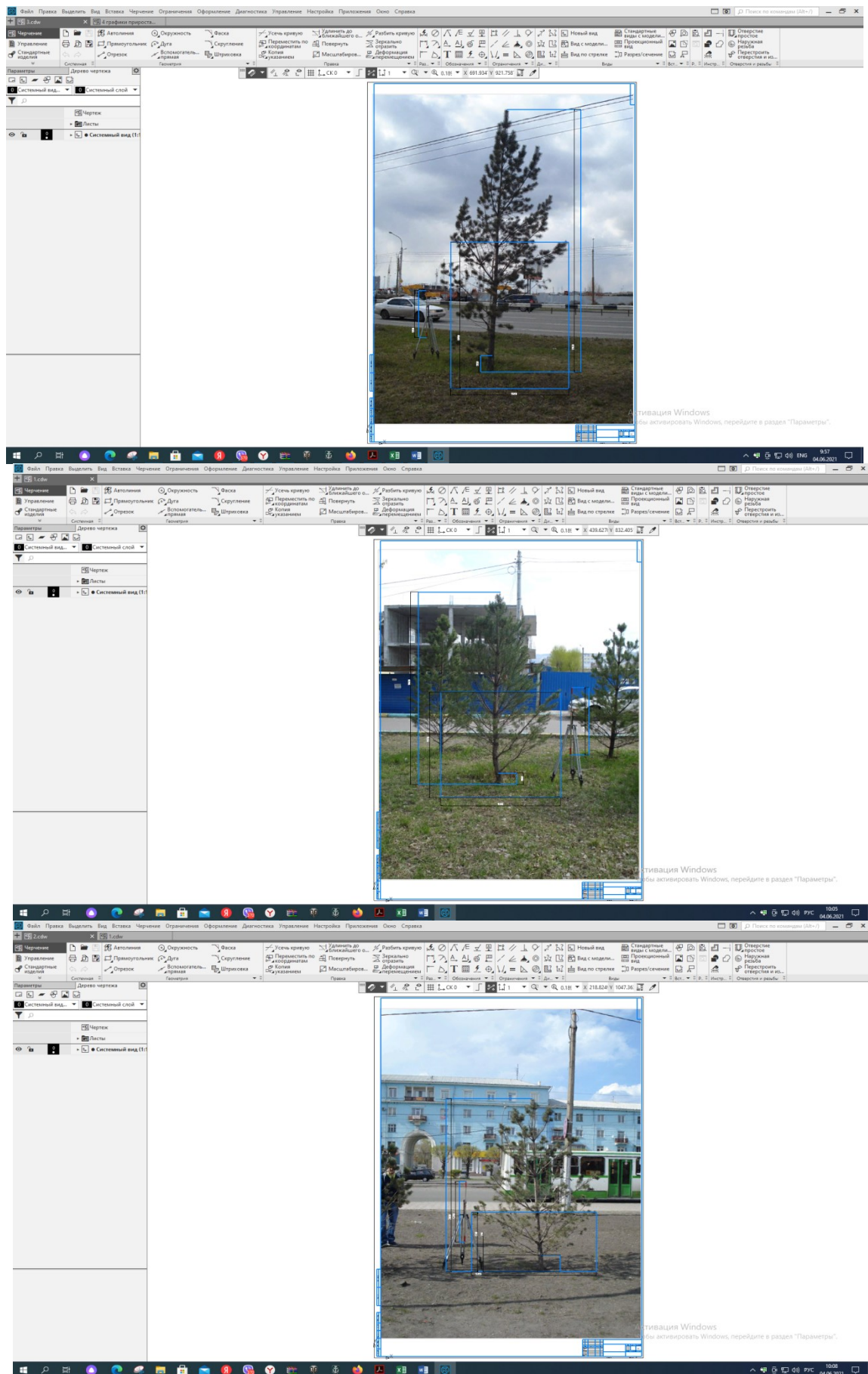
На каждом объекте выполнена фотофиксация каждого дерева с масштабным устройством (равным 1 м), далее в программе «КОМПАС-3D V 19» проведены измерения следующих биометрических параметров: высота дерева, высота до максимального диаметра кроны, высота до начала кроны, диаметр кроны, примеры измерения представлены на рисунке 2.2. Длина окружности ствола дерева на высоте 1.3 м измерялась мерной лентой.

Таблица 2.2 - Онтогенез сосны обыкновенной (Схема онтогенеза сосны обыкновенной по Евстигнееву, 1989). [Диагнозы, 1989; Евстигнеев, 1995; Онтогенетический, 2013]

Индекс онтогенетического состояния / Внешний вид растения	Описание возрастных состояний
Виргинильное состояние	
v_1 - нормальная жизненность	
	Быстро растут в высоту. Длина годовых приростов по главной оси достигает 50 см. Усиленный рост главной оси и верхних боковых побегов тормозят развитие нижних ветвей: их годовые приросты редко бывают больше 20 см. Торможение в развитии нижних ветвей не обязательно связано с их затенением. Нижние ветви кроны часто касаются поверхности земли. В побеговой системе преобладают оси четвертого порядка.
v_1 - низкая жизненность	
	Формируется разреженная крона. Нижняя часть стволика очищена от сучьев. Интенсивность роста в высоту снижена по сравнению с особями, которые выросли на свободе при полной освещенности. В отличие от лиственных деревьев подрост сосны не способен в условиях леса сформировать зонтиковидную крону, при которой листья расположены в одной плоскости и растения улавливают слабый свет с большей площади. У v_1 - особей сосны формируется крона веретеновидной формы, при которой хвоя расположена несколькими слоями.
v_2 - нормальная жизненность	
	Полностью сформировано и готовы к плодоношению. Величина годового прироста по высоте больше, чем у v_1-особей. Узкоконическая крона ещё сильнее вытягивается в вертикальном направлении. Преобладает пятый порядок ветвления. Активный рост главной оси определяет отмирание нижних ветвей: ствол очищается от сучьев на высоту до 2 м.

v_2 низкая жизненность 	Возраст достигает 50 лет. Такая отсрочка семенного размножения необходима подрастающей сосне для увеличения высоты, при которой возможно использование дополнительной освещенности верхних ярусов леса для развития генеративных органов. Сосна в условиях светового голода способна в некоторой степени снижать энергетические затраты на поддержание дышащих (нефотосинтезирующих) частей. У v_2-особей это осуществляется в двух направлениях: 1) очищения ствола от нижних сучьев на значительную высоту; 2) частые перевершинивания побеговой системы в кроне, которое сопровождается отмиранием отдельных побегов и замещением их боковыми. Такие адаптации к низкой освещенности меняют форму кроны от веретеновидной к раскидисто однобокой. Если освещенность на уровне кроны в течение пятидесяти лет не превысит 35%, особи погибают в v_2-состоянии.
Генеративное состояние	
g_1 - молодое генеративное растение	
	Появляются микростробилы (мужские стробилы) и макростробилы (женские стробилы, шишки). Женские побеги сосредоточены, как правило, в верхней половине кроны, а мужские тяготеют к ее нижней части. В начале этого состояния на одном дереве насчитывается несколько женских шишек, а в конце – 200–300. К концу g_1-состояния узкоконическая крона становится ширококонической. От основания и до верхушки дерева, как и у v-особей, прослеживается главная ось, которая возвышается над кроной. У некоторых особей крона поднята над землей до 10 м. Преобладающий порядок ветвления в побеговой системе шестой. В базальной части ствола появляется трещиноватая корка, образующаяся в результате многократного заложения новых прослоек перидермы во все более глубоких слоях коры.

g_2 - редневозрастное генеративное растение	
	Куполообразная крона, что обусловлено ослаблением роста главной оси: ее годовые приросты сопоставимы с приростами на боковых ветвях. В результате главная ось на верхушке кроны теряется. Изменение формы кроны в этом состоянии совпадает с отмиранием более слабых и тонких ветвей в ее внутренней части, сохраняются только сильные сучья. Нарастание побегов в кроне меняется от моноподиального к симподиальному. Преобладающий порядок ветвления восьмой. Ослабление роста главной оси сопровождается общим торможением ростовых процессов. В g_2-состоянии высота дерева увеличивается незначительно. Кора с глубокими трещинами у некоторых особей выражена до половины ствола. Семеношение максимально: формируется от 300 до 800 женских шишек.
g_3 - старое генеративное растение	
	Плосковершинная крона, поскольку у растений прекращается рост в высоту, а верхняя часть ствола подсыхает и умирает. В кроне появляются мертвые скелетные ветви. Преобладающий порядок ветвления девятый. Побеги с ассимилирующей хвоей сосредоточены в верхней части осей последних порядков. В остальной части кроны охвоенных побегов практически нет. Крона становится разреженной. Все размеры дерева максимальны. Судя по данным литературы, одна внутренних причин старения и смерти деревьев – возрастание в общей биомассе растения доли многолетних дышащих частей (стволов, стеблей, корней) и сокращение доли листьев, создающих пластические вещества для дыхания. Жизнь старых генеративных особей сосны может быть продлена за счет отмирания дышащих частей в виде крупных сучьев и веток. Особи сенильного онтогенетического состояния, которые прекратили семеношение, не обнаружены. Это определяется тем, что сосна в отличие от лиственных деревьев не способна формировать вторичную крону, которая образуется из спящих почек ствола и крупных ветвей.



Дальнейшая обработка материалов проводилась в программе «Биометрия урбофитоценозов. Построение таблиц биометрических параметров древесных растений урбанизированных территорий на основе анализа возрастных состояний и интегральной оценки фитосреды» [Авдеева, Надемянов, Черникова, 2015]. Программа разработана для интегральной оценки состояния фитосреды на локальном уровне в урбанизированных условиях, расчета и анализа биометрических параметров древесных растений.

В Блоке 1. «Интегральная оценка состояния фитосреды на локальном уровне» проводится анализ экологических факторов, влияющих на изменения фитосреды. Методика расчета основана на показателях и критериях ландшафтной и градостроительной экологии (урбоэкологии), позволяющих оценить состояние мест произрастания растений в многообразных условиях городской среды. Диаграммы интегральной оценки позволяют оценить вклад каждой группы факторов (ландшафтные, техногенные, автотранспортные, градостроительные, рекреационные), влияющих на условия произрастания растений, сгруппировать объекты исследования по уровню воздействия урбанизированной среды.

Фоновое состояние окружающей среды города 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. Экологическое состояние территории г. Красноярска согласно схемы районирования составленной Госцентром «Природа» (1994) принято за экологический фон города (рис. 2.3).

Локальные состояния, увеличивающие уровень загрязнения среды, формируются ситуациями, которые зависят от территориального распространения, интенсивности проявления, времени возникновения и длительности неблагоприятных воздействий. Поэтому при проектировании объектов озеленения и выборе технологии по уходу за насаждениями необходимо учитывать условия их произрастания на локальном уровне.

На основе принятой балльной оценки составлена шкала плотности факторов, оказывающих неблагоприятное воздействие на условия произрастания растений. Исходя из принятой за основу интегральной оценки состояния среды г. Красноярска, с учетом натурных обследований объектов озеленения города и анализа динамики техногенного загрязнения среды выделено 4 уровня экологического воздействия среды на условия произрастания растений. Сумма баллов характеризует уровень антропогенной нагрузки (плотность негативных факторов, отрицательно влияющих на рост древесных растений) и определяет тип условий произрастаний растений: I – удовлетворительный (сумма баллов до 50), II – напряженный (от 51 до 100), III – конфликтный (от 101 до 150) критический (151 и выше) [Авдеева, 2007] (табл. 2.3). Расчет интегральной оценки состояния фитосреды на локальном уровне для каждого объекта озеленения представлены в Приложении.

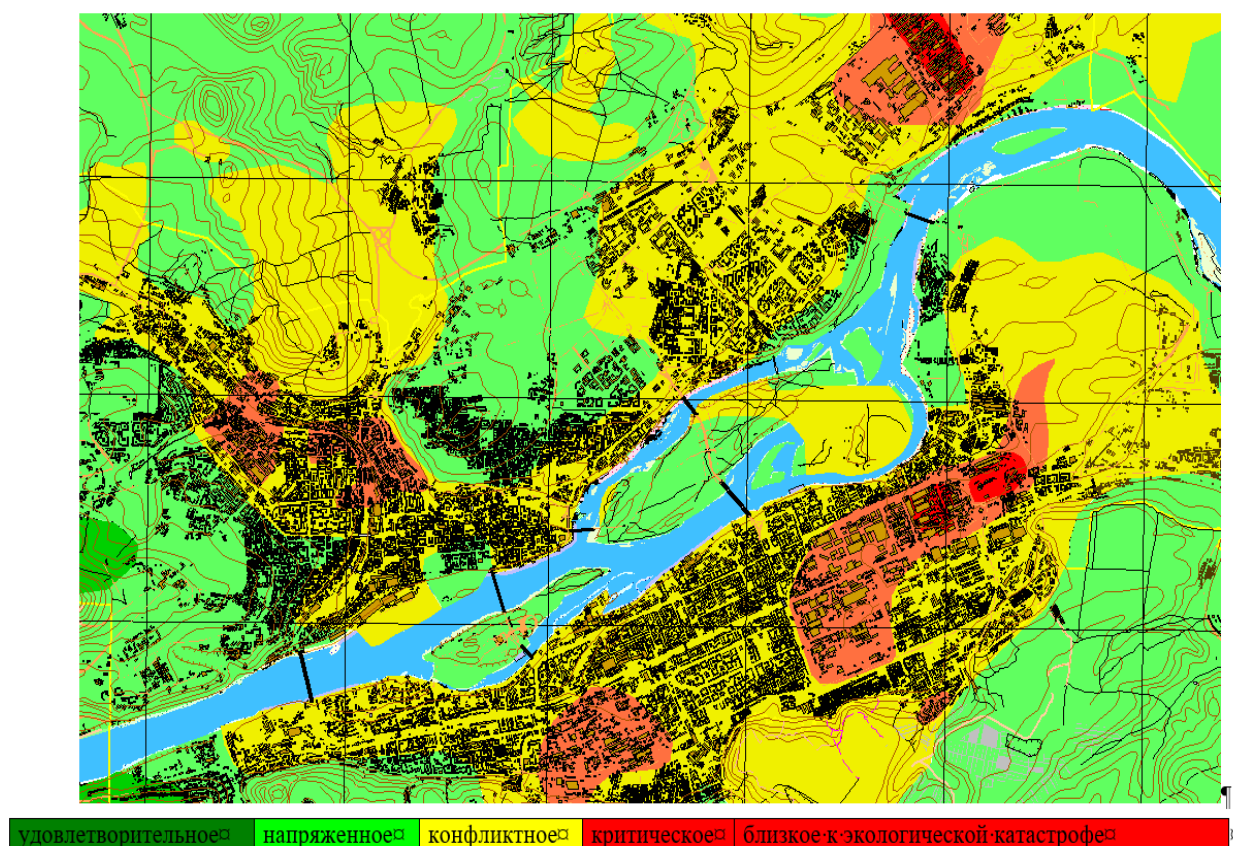


Рисунок 2.3 - Схема экологического районирования окружающей среды города Красноярска

Таблица 2.3 – Методика «Интегральная оценка состояния фитосреды на локальном уровне»

Раздел экологии	Экологические факторы, влияющие на изменения фитосреды	Экологическая нагрузка фактора, баллы
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	
	З - В, ЮЗ - СВ	3
	ЮВ - СЗ	1
	Орографические:	
	сочетание сложности рельефа с экспозицией крутизна склона 30% + южные экспозиции	4
	Размещение насаждений ниже по рельефу относительно промпредприятий и автодорог	4
	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:	2
	на светофорах, пешеходных переходах	
	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

Продолжение таблицы 2.3

Урбоэкология - область экологических знаний, изучающий процесс урбанизации и его влияние на окружающую среду	Градостроительные:	
	Элементы покрытия земли вблизи растительности	
	асфальт	2
	брусчатка	1
	Размещение насаждений на расстоянии	2
	от зданий и сооружений до 5 м	
	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	1
	на 30%	
	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 1м 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,	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
Раздел экологии	Факторы экологического состояния городской среды	Баллы
Ландшафтная	Ландшафтные	
Урбоэкология	Техногенные (фоновое состояние среды)	
	Автотранспортные	
	Градостроительные	
	Рекреационные	
ИТОГО		
Оценка местопроизрастания растений	Тип градорастительных условий	

Блок 2. «Расчет биометрических параметров древесных растений и анализ экспериментальных данных на отдельном объекте исследования (на каждом объекте озеленения)». Выполняется расчет биометрических параметров для каждого исследуемого растения.

На основании полученных данных в ходе обработки фотоснимков проводятся расчеты следующих биометрических параметров: высота штамба, м; высота до максимального диаметра кроны, м; высота дерева, м; длина освещенной части кроны, м, ее % относительно протяженности кроны; длина затененной части кроны, м, ее % относительно протяженности кроны; протяженность кроны, м, % относительно высоты дерева; диаметр ствола, см; максимальный диаметр кроны, м. По общепринятым формулам рассчитываются площади поверхности освещенной и затененной частей кроны, общая поверхность кроны м^2 , объемы ствола и кроны м^3 ; по коэффициенту отношения диаметра кроны к высоте определяется форма кроны (узкокронная, ширококронная); отмечается тип искусственного формирования крон; устанавливаются классы санитарно-гигиенического, эстетического, жизненного состояния растения; тип растительной группировки (группа, солитер, массив, роща, ряд) и тип условий произрастания.

Далее для каждой выборки (совокупность объектов озеленения одного возрастного состояния (пять возрастных состояний) с одинаковым уровнем техногенной нагрузки (четыре уровня) – 20 выборок) рассчитываются статистические показатели: максимальное значение ($M_{\max}$), минимальное значение ($M_{\min}$), размах вариации (R), стандартное отклонение (σ), дисперсия (σ^2), коэффициент вариации (V , %), уровень изменчивости признака, точность опыта (P , %), ошибка среднего значения ($\pm m$), объем выборки (n), достоверность среднего значения. Уровень изменчивости признака при значении коэффициента вариации до 7% оценивался как очень низкий, 8 ... 12% - низкий, 13 ... 20 % - средний, 21 ... 30% - повышенный, 31 ... 40% - высокий, 40 % и более - очень высокий [Мамаев, 1972]. Статистические расчеты представлены в Приложении, пример расчета в программе «Биометрия урбофитоценозов» на рис. 2.3.

В «Блоке 3. Статистический анализ. Статистическая обработка экспериментальных данных» проводилась оценка достоверности различий средних значений биометрических параметров растений различных возрастных состояний (по t- критерию Стьюдента), произрастающих в одном типе условий произрастания, рассчитывалась матрица достоверности различий средних значений биометрических параметров растений в различных возрастных состояниях (Приложение).

Изучение хода роста древесных растений в условиях города. 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.

Построение рядов роста деревьев по высоте проведено статистическим методом [Кузьмичев, 1977; Загребев, 1978; Анучин, 1982, 2004]. Для построения оценочных шкал роста деревьев весь массив средних значений высот разделен на количество рядов роста в соответствии с результатами оценки условий произрастания.

Для описания взаимосвязи средних значений высот деревьев с возрастом в пределах рядов роста по высоте использовалась формула Митчерлиха

$$H = b_1 \cdot (1 - (\exp(-1(A/b_2)))^{b_3}, \quad (3.1)$$

где A – возраст, b_1 , b_2 , b_3 – коэффициенты уравнения.

Функция Митчерлиха широко применяется для описания роста древесных растений [Кивисте, 1988; Кузьмичев, 1977; 2013; Дубинок, 2018]. Данная функция Митчерлихом использовалась для выражения зависимости роста от плодородия почвы, а в дальнейшем стала применяться и для описания взаимосвязи показателей роста с возрастом. Параметры функции Митчерлиха имеют чёткую

интерпретацию: параметр ϵ_1 отражает максимальное значение признака, к которому асимптотически приближается кривая, второй параметр ϵ_2 характеризует скорость роста, а третий параметр ϵ_3 указывает на соотношение между вогнутой и выпуклой частями кривой.

Оценка жизненного состояния проводилась по методике Алексеева А.А. (1990) [Алексеев, 1990]. Расчет относительного жизненного состояния древостоя по числу деревьев производился по формуле:

$$Ln = \frac{100 \cdot n_1 + 70 \cdot n_2 + 40 \cdot n_3 + 5 \cdot n_4}{N}, \quad (3.3)$$

где L_n – относительное жизненное состояние, рассчитанное по количеству деревьев; n_1 – количество здоровых; n_2 – ослабленных; n_3 – сильно ослабленных; n_4 – отмирающих деревьев на объекте исследования, шт.; N – общее количество деревьев (включая сухостой), шт.

При показателе 100 – 80% жизненное состояние дерева оценивалось как «здоровое», при 79 – 50% – «поврежденное» («ослабленное»), при 49 – 20% – «сильно поврежденное» («сильно ослабленное»), при 19% и ниже – «отмирающее». В. А. Алексеев предложил следующую шкалу 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 (менее 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 - 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 на городских объектах озеленения удаляются при проведении санитарной обрезке, на основании этого исключены из расчетов [Алексеев, 1990].

Экспресс-оценка загрязнения воздуха по состоянию ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной проведена биоиндикационным методом, в основу которого заложена зависимость степени повреждения хвои (некрозов и усыхания) от загрязнения воздуха в районе ее произрастания [Jager, 1980; Мелехова, 2007] (рис. 2.4; табл. 2.4).



Осевой побег боковой ветви, с которого собирались образцы для обследования хвои сосны обыкновенной

Рисунок 2.4 – Оценка состояния ассимиляционных органов сосны обыкновенной

На каждом объекте озеленения (22 объекта) было собрано по 100 образцов хвои (2200 шт.) с деревьев сосны обыкновенной на высоте 1 – 1,5 м с внешней стороны насаждения, с учетом вытоптанности территории (без признаков уплотнения почвы), далее проводилась оценка состояния хвои в соответствии с диагностическими и оценочными характеристиками (табл. 2.5). Измерения длины и толщины хвои проводились с использованием электронного штангенциркуля Stayer Professional с точностью – 0,1 мм. Участок побега второго года жизни, с которого брались образцы для обследования хвои представлен на рисунке 2.4.

Таблица 2.4 – Классы повреждения и усыхания хвои

Классы повреждения (некрозы)	1	2	3			
Классы усыхания	1	1	1	2	3	4

Классы повреждения: 1 – хвоинки без пятен; 2 – хвоинки с небольшим числом мелких пятен; 3 – хвоинки с большим числом черных и желтых пятен. Классы усыхания: 1 – на хвоинках нет сухих участков; 2 – на хвоинках усох кончик 2 – 5 мм; 3 – усохла 1/3 хвоинки; 4 – вся или большая часть хвоинки сухая.

Таблица 2.5 – Оценочная шкала «Экспресс-оценка загрязнения воздуха с использованием сосны обыкновенной»

Максимальный возраст хвои, лет	Класс повреждения хвои на побегах второго года жизни		
	1	2	3
4	I	I – II	III
3	I	II	III – IV
2	II	III	IV
2	–	IV	IV – V
1	–	IV	V – VI
1	–	–	VI

I – воздух идеально чистый; II – чистый; III – относительно чистый («норма»); IV – загрязненный («тревога»); V – грязный («опасно»); VI – очень грязный («вредно»); – - невозможные сочетания.

Различают следующие типы дефолиации: 1) равномерная по всей кроне; 2) от основания кроны – потеря хвои на нижних живых ветвях кроны; 3) от ствола – потеря хвои во «внутренних» частях кроны, часто совмещена с равномерной дефолиацией; 4) периферийная, от скелетных ветвей; 5) вершинный тип. При дефолиации этого типа происходит потеря хвои с верхушки, что в конце концов приводит к суховершинности; 6) верхней части кроны. Дехромация - пожелтение или побурение ассимиляционного аппарата деревьев могут вызвать самые разные причины (загазованность, нарушение режима питания, вредители, грибные болезни, старение хвои и ряд других). Пожелтевшая или побуревшая хвоя не восстанавливается и с течением времени опадает. Дехромация точнее определяется в солнечную погоду. Для оценки степени дехромации хвои применяется следующая шкала (табл. 2.6) [Методические рекомендации, 1995; Методика, 2011]. Критерии оценки дефолиации крон и ветвей сосны обыкновенной представлены в таблице 2.7 [Временная, 1986].

Таблица 2.6 - Классы повреждения деревьев по степени дехромации крон

Класс повреждения	Степень дехромации кроны, %
0	< 10
1	11 - 25
2	26 – 50
3	51 - 75
4	Более 75

Для анализа и разработки моделей строения боковых ветвей сосны обыкновенной использовались деревья, произрастающие на объектах озеленения города Красноярска с которых были срезаны модельные ветви из средней части

кроны (на высоте 1,2 метра) одинаково направленные во внешнюю сторону насаждения с его южной стороны.

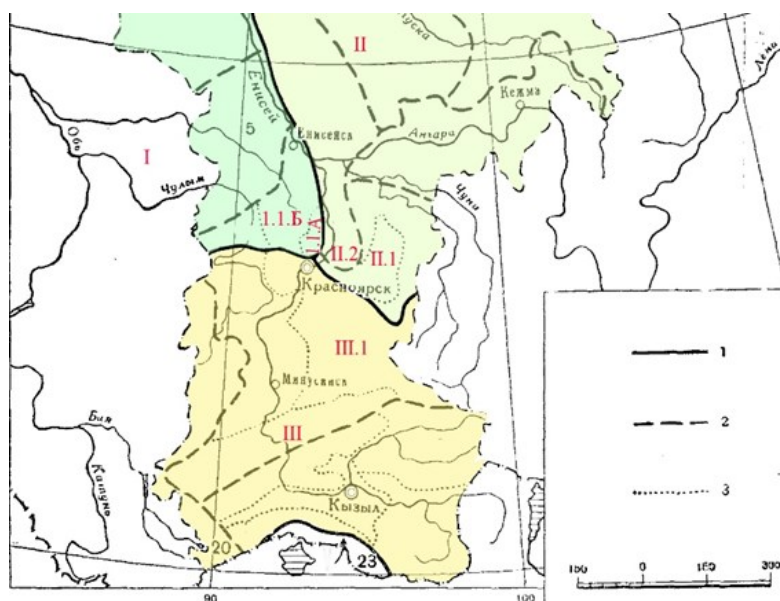
Таблица 2.7 - Классы дефолиации крон и ветвей сосны обыкновенной

Рисунок	Классы дефолиации крон и ветвей	
	< 10% опавшей хвои, имеется 4х-летняя хвоя	0 – норма
	10-25% опавшей хвои, имеется 3х-летняя хвоя	1 – слабая
	25-50% опавшей хвои, имеется 2х-летняя хвоя	2 – средняя
	>50% опавшей хвои, имеется 1-летняя хвоя	3 – сильная

Статистическая обработка данных выполнялась с использованием пакета программ MS Office Excel, «Statistica 10.0», «КОМПАС-3D V 19».

3 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Город Красноярск приурочен к зоне сопряжения трёх крупнейших морфоструктур Сибири. С севера Красноярск граничит с Красноярско-Кемчугской равниной, являющейся юго-восточной частью Западно-Сибирской равнины, с юга с восточной частью Алтае-Саянской горной страны, с востока со Средне-Сибирским плоскогорьем, а именно с Ангаро-Канской частью Енисейского кряжа (рис. 3.1) [Архипов, 1970; Средняя Сибирь, 1964].



Границы: 1 – стран, 2 – провинций, 3 – округов

I. Западно-Сибирская равнина: I.1. Ачинско–Красноярская лесостепная предгорная равнина и Кемчугская лесная возвышенность: I.1.А. Красноярская лесостепная равнина; I.1.Б. Кемчугская лесная возвышенность. II. Средне–Сибирское плоскогорье: II.1. Канская лесостепная котловина и обрамляющие ее возвышенности; II.2 Енисейский кряж. III. Алтае-Саянское нагорье: III. 1. Восточно-Саянские лесные и гольцовые горы.

Рисунок 3.1 - Схема природного районирования [Средняя Сибирь, 1964]

Климатические условия г. Красноярска определяются географическим положением, удалённостью от океанов и морей, циркуляцией воздушных масс и подстилающей поверхностью. На формирование климата данной территории большое влияние оказывают влажные массы, поступающие с территории Европы и Северной Атлантики, с одной стороны, и частые вторжения воздуха со стороны Арктики и его последующей трансформации - с другой [Бахтин, Орловский, 1971; Средняя Сибирь, 1964]. Всё это обуславливает ярко выраженную континентальность, составляющую 87 – 89 % [Хромов, 1983; Мокринцев, 2012].

Для Красноярска характерна однородность режима ветра в течение всего года, что объясняется условиями орографии. Так как направление долины Енисея совпадает с преобладающим направлением ветра (рис. 3.2), повторяемость юго-западных ветров велика в течение всего года (35-53%), в 38 января вместе с западными ветрами она составляет 80%. Весной и летом повторяемость юго-западных и западных ветров составляет 40-45 %. Распределение скоростей ветра по направлениям аналогично повторяемости направлений по румбам. Сильные ветры (скорость более 15 м/с) в Красноярске наблюдаются в среднем около 30 дней в год [Климат, 1982].



Рисунок 3.2 – Территория г. Красноярска (космический снимок Google) и роза ветров [Мокринец, 2012]

Большое влияние на климатические условия города оказывают северо-западные отроги Восточного Саяна. Полузатихшие циклоны, несущие атлантический воздух, несколько оживляются в горных районах, воздух охлаждается, увеличивается облачность и выпадают осадки. При движении вниз по склонам в пониженные степные части лесостепи воздушные потоки превращаются в фены. Попадая в более плотные слои атмосферы, они нагреваются, уменьшается их относительная влажность. Такой воздух, опускаясь во впадину, оказывает иссушающее действие [Климат, 1982].

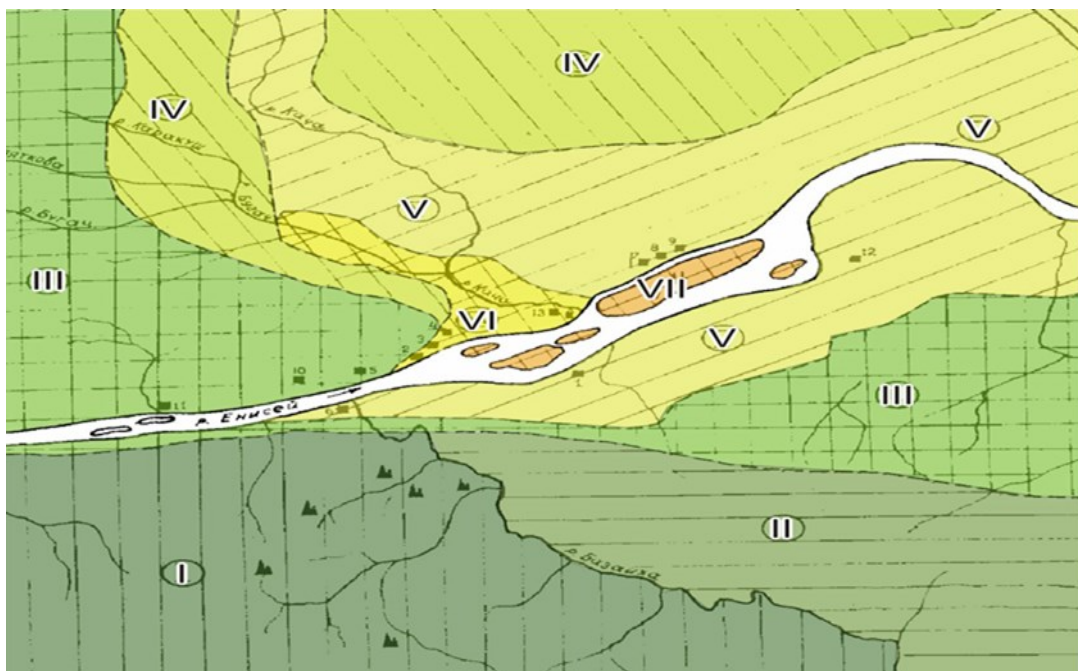
В условиях холмистой местности окрестностей Красноярска холодный воздух застаивается в котловине, что способствует образованию температурных инверсий. Именно с особенностями рельефа на небольшой территории окрестностей Красноярска связана заметно выраженная вертикальная

климатическая поясность. Анализ среднегодовых температур показывает постепенное похолодание от степных районов ($0,8^{\circ}\text{C}$) к горной тайге ($- 0,9^{\circ}\text{C}$) [Климат, 1982; Авдеева, 2008].

Важными показателями продуктивности климата являются радиационный баланс, прямая и рассеянная солнечная радиации. По наблюдениям на мтс. Красноярск, Опытное поле период с положительным радиационным балансом составляет 8 месяцев - с марта по ноябрь. Суммы радиационного баланса в мае – августе составляют $494 - 654 \text{ МДж/м}^2$. При этом в процессе фотосинтеза используется фотосинтетически активная радиация, максимум которой в данном регионе приходится на июнь и достигает 323 МДж/м^2 . За период большой вегетации приход фотосинтетически активной радиации составляет 1311 МДж/м^2 . Заморозки значительно снижают возможности ее использования. На сроки заморозков значительное влияние оказывают особенности рельефа. На открытых возвышенных участках и в городских условиях безморозный период на поверхности почвы продолжительнее, чем в пониженных местах. Самые поздние весенние заморозки отмечаются в конце июня. Они приносят наибольший вред растениям, так как наблюдаются в период высоких среднесуточных температур. [Климат, 1982].

Условия увлажнения территории оцениваются средней многолетней суммой осадков и распределением их во времени. В горных районах города их количество выше, чем в пониженных лесостепных частях пригородной зоны. При этом прослеживается общая закономерность в их распределении по сезонам года: минимум выпадает в холодный период, максимум – в теплый. Анализ влагообеспеченности различных ландшафтных зон территории зеленой зоны Красноярска по гидротермическому коэффициенту Селянинова показал, что, в зависимости от сложившихся температурно-влажностных условий в пригородной зоне и городе, выделяются участки как с избыточным увлажнением (в районе заповедника «Столбы»), так и слабо засушливые – в степной ландшафтной зоне [Климат, 1982; Авдеева, 2008].

Разнообразие форм рельефа определило наличие семи ландшафтных зон [Кириллов, 1977], особого микроклимата и эстетической привлекательности территории [Мокринец, 2012]. Каждый тип ландшафта обладает своей спецификой (рис. 3.3).



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

Рисунок 3.3 - Схема ландшафтного районирования территории города Красноярска и его окружения [Кириллов, 1977]

I - Ландшафт темнохвойной тайги Куйсумских гор (рис. 3.4), в пределах городской черты это районы: Фанпарк «Бобровый лог», западная часть Свердловского района.

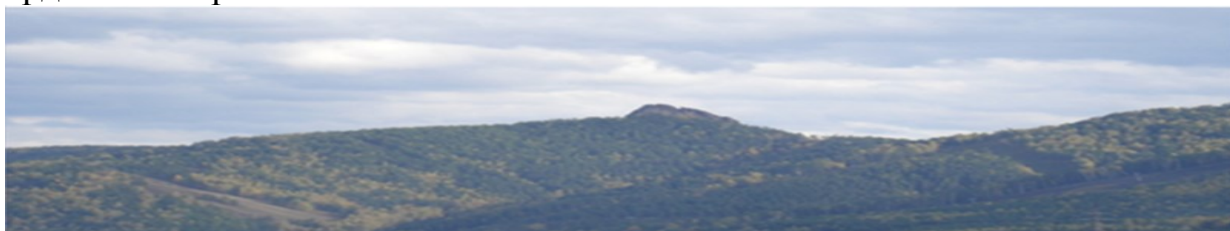


Рисунок 3.4 – Ландшафт тайги

Природная характеристика: Низкогорье. Возрожденные горы на месте древнего сильного расчлененного пенеплена. Слагающие территорию осадочные, магматические и метаморфические горные породы древнейшего (протерозойского) и древнего (палеозойского) возраста. Почвы горные,

подзолистые и дерново-подзолистые. Елово-пихтовые леса с примесью кедра и сосны [Кириллов, 1977; Безруких, 2020; Bezrukikh, 2020].

Основные лесообразующие виды: древостой – пихта сибирская (*Abies sibirica* L.), ель сибирская (*Picea obovata*), сосна сибирская (*Pinus sibirica*), тополь дрожащий (осина) (*Populus tremula*). Кустарниковый ярус – рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.). Травяной покров – под пологие леса – осочка, черника, кисличка, мхи, щитовник мужской (мужской папоротник) и др. [Кириллов, 1977; Безруких, 2020; Bezrukikh, 2020].

II - Ландшафт горной светлохвойной тайги Торгашинского хребта, в пределах городской черты это восточная часть Свердловского района.

Природная характеристика: рельеф низкогорий и предгорий на месте сильно расчлененного древнего пенеплена, сложенного преимущественно известняками древнего (кембрийского) возраста. Почвы дерново-карбонатные, серые лесные и дерново-подзолистые под лиственнично-сосновыми лесами с примесью березы.

Основные лесообразующие виды: древостой – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), береза повислая (*Betula pendula*), береза пушистая (*Betula pubescens*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*). Кустарниковый ярус – роза иглистая (*Rosa acicularis*), черёмуха обыкновенная (*Padus avium*), рябина сибирская (*Sorbus sibirica*), дёрен (свидина) белый (*Swida alba*), малина обыкновенная (*Rubus idaeus*) [Кириллов, 1977; Безруких, 2020; Bezrukikh, 2020].

III - Ландшафт подтайги, в пределах городской черты это районы: Ветлужанка, пос. Удачный, Академгородок, Студгородок, СФУ, экопарк Гремячая грива, Плодово-ягодная станция.

Природная характеристика: рельеф равнинный на древних террасах Енисея и холмисто-увалистый на водоразделах. Горные породы (галечники, песчаники, сланцы и другие) образовались в разные геологические периоды. Почвы преимущественно серые лесные и черноземы, местами дерново-подзолистые. Смешанный сосново-березовые лес с примесью лиственницы и осины; поляны лесного разнотравья.

Основные лесообразующие виды: древостой – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), береза повислая (*Betula pendula*), береза пушистая (*Betula pubescens*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*), тополь дрожащий (осина) (*Populus tremula*), рябина сибирская (*Sorbus sibirica*). Кустарниковый ярус – спирея дубравколистная (*Spiraea chamaedryfolia*), малина обыкновенная (*Rubus idaeus*), жимолость татарская (*Lonicera tatarica*), смородина скальная (*Ribes atropurpureum*), роза иглистая, (*Rosa acicularis*), черёмуха обыкновенная (*Padus avium*), дёрен белый (*Swida alba*), ива шерстистопобеговая (*Salix dasyclados*), кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus*) [Кириллов, 1977; Безруких, 2020; Bezrukikh, 2020].

IV, V – Ландшафт лесостепной предгорной равнины, представляющий холмистый рельеф водоразделов и равнинный рельеф верхних террас Енисея, расположен в северо-западной части пригородной зоны города, характеризуется достаточным увлажнением, вегетационный период данной территории обеспечен достаточными биологическими ресурсами, включает типы ландшафтов северной и южной лесостепи (рис. 3.5). в пределах городской черты – это районы: Верхняя Базаиха, Академгородок, Студгородок, район госуниверситета, мкр. Солнечный, БСМП, Ветлужанка, Николаевская Сопка.



Рисунок 3.5 - Ландшафт лесостепи

Природная характеристика: Равнинный рельеф древних террас Енисея и холмисто-увалистый водоразделов. Преобладают горные породы разных эр и периодов (девонского, юрского и четвертичного). В северной лесостепи почвы серые лесные и выщелоченные черноземы, а на южных склонах – обыкновенные черноземы. В южной - преобладают обыкновенные черноземы, местами выщелоченные черноземы и лугово-черноземные почвы. Растительность лугово-

степная, березовые и осиновые колки, рощи березовых и березово-лиственничных лесов, на северных склонах березово-сосновые рощи.

Основные лесообразующие виды: древостой – береза повислая (*Betula pendula*), береза пушистая (*Betula pubescens*), тополь дрожащий (осина) (*Populus tremula*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*). Кустарниковый ярус - спирея зверобоелистная (*Spiraea hypericifolia*), роза иглистая (*Rosa acicularis*), карагана древовидная (*Caragana arborescens*), боярышник кроваво-красный (*Crataegus sanguinea*), дерен белый (*Cornus alba*), калина обыкновенная (*Viburnum opulus*), бузина красная (*Sambucus racemosa*), яблоня ягодная (*Malus baccata*), смородина чёрная (*Ribes nigrum*) [Кириллов, 1977; Безруких, 2020; Bezrukikh, 2020].

VI – Ландшафт степи расположен в долине реки Енисей, на крутых берегах рек Качи и Бугача, на склонах возвышенностей южной экспозиции в северной части пригородной зоны города. По степени увлажнения подрайон относится к слабо засушливой территории, количество выпадающих осадков меньше испаряемости. Ландшафт типичной степи с фрагментами сухой и опустыненной степи (рис. 3.6)



Рисунок 3.6 – Ландшафт степи

Природная характеристика: Террасы и крутые склоны рек Качи и Бугача с характерным моноклинальным падением пластов, состоящих из красно-цветных пород девонского периода и отложений аллювиальных и делювиальных четвертичного периода. В почвенном покрове преобладают обыкновенные черноземы, на крутых склонах маломощные щебнистые сильно эродированные. Растительность на пологих склонах полынно-ковыльная и четырехзлаковая, на крутых южных склонах лапчатка, кохия, растения опустыненных степей. Основные виды: кустарниковый ярус – кизильник черноплодный (*Cotoneaster*

melanocarpus), спирея средняя (*Spiraea media*), карагана древовидная (*Caragana arborescens*), барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris*).

Травяной покров: крутые склоны - Эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria*), *Hedysarum gmelinii* (копеечник Гмелина), Горошек приятный (*Vicia amoena*), Люцерна жёлтая (*Medicago falcate*) эдельвейс сибирский, полынь морская, тимьян азиатский, бурачок женский, проломник серый, лапчатка бесстебельная (*Potentilla acaulis*), кохия простертая; пологие склоны – ковыль-тырса, полынь холодная, житняк гребенчатый, гвоздика степная, астра альпийская, осочка, типчак ложноовечий, тонконог степной [Кириллов, 1977; Безруких, 2020; Bezrukikh, 2020].

VII – Ландшафт высокой и низкой поймы реки (набережные и острова р. Енисей) (рис 3.7)

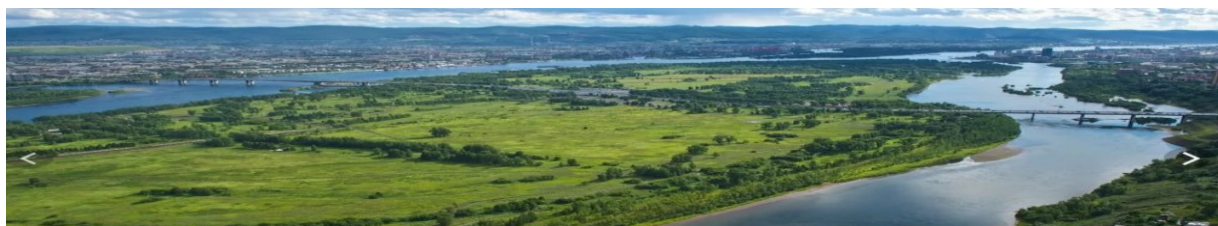


Рисунок 3.7 – Ландшафт поймы реки

Природная характеристика: рельеф равнинный, местами с хорошо заметными микроформами (кочками, буграми). Горные породы (галечники, супеси, пески, суглинки) отложены реками. Почвы преимущественно аллювиальные, слабо развитые аллювиально-луговые и лугово-болотные. Растительность – лугово-болотная, луговая, кустарниковая и тополевые парковые леса.

Гигромезофильные кустарниковые сообщества приурочены к местообитаниям, где создаются условия достаточного проточного увлажнения: берега рек, протоки, острова р. Енисей. Ведущую роль в сложении таких зарослей играют ивы, образуя смешанноивовые (*Salix alba*, *S. jenisseensis*, *S. pentandra*, *S. taraikensis*, *S. viminalis* и др.) кустарниковые сообщества. Обширные заросли образует черёмуха обыкновенная (*Padus avium*), наряду с ивами (*Salix viminalis*, *S. bebbiana*, *S. taraikensis*) и тополями черный, дельтовидный, лавролистный

(*Populus nigra*, *P. deltoides*, *P. laurifolia*), образуя ивово-черёмуховые и тополево-ивово-черёмуховые кустарниковые заросли. Также обычны заросли смородин из *Ribes nigrum* и *Ribes hispidulum*, облепихи (*Hippophae hamnoides*), яблони (*Malus baccata*).

Заливные луга: злаки: овсяница луговая, овсяница красная, мятлик (луговой, узколистый степной), полевица белая, пырей ползучий, вейник наземный; бобовые: клевер (луговой, ползучий); разнотравье – кровохлебка лекарственная, подорожник, осока, донник (белый и желтый), полыни (пижмолистная, сизая, широколистная), ирис; суходольные луга (остепненные): злаки – мятлик луговой, тимopheевка степная; разнотравье – кровохлебка лекарственная, тысячелистник, полынь широколистная, полынь мокрая; кустарники в пойме - ивы, черемуха, калина, смородина, лапчатка, боярышник.

Остров Татышев общей площадью примерно 600 га расположен в черте города, имеет наносное происхождение и характеризуется песчано-галечным сложением, приподнятостью над меженью реки, вытянутостью в длину, расчленением поверхности продольными ложинами. Отдельные участки берегов заболочены. Почвы аллювиальные и аллювиально-луговые, часто малоразвиты. Во время половодья и паводков пониженная часть поймы затопляется, зимой, из-за частично незамерзающей реки, обычны туманы.

Данная территория представляет собой пойменно-луговой массив с крупнозлаковыми и остепненными, реже болотистыми лугами. Залесенность и закустаренность острова составляет около 10% его площади. Господствующей древесной породой является тополь черный, реже встречается тополь лавролистный и береза. Встречаются немногочисленные, в основном искусственного происхождения насаждения сосны обыкновенной. В прибрежной зоне острова произрастают различные виды ив. Кустарниковый ярус представлен шиповником, спиреей и др. Экологический анализ флоры характеризует ее в основном как мезофитную, в меньшей степени мезоксерофитную. Территория острова испытывает значительную антропогенную нагрузку рекреационного характера.

В настоящее время на островах произрастают, деревья: береза повислая (*Betula pendula*), ель сибирская (*Picea obovata*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), тополь серебристый (*Populus alba*), тополь чёрный (*Populus nigra*), ива прутовидная (*Salix viminalis*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*), клён татарский (*Aser tataricum*), клён ясенелистный (*Aser negundo*), орех маньчжурский (*Juglans mandshurica*), вяз шершавый (*Ulmus glabra*), вяз приземистый (*Ulmus pumila*), черёмуха Маака (*Padus maakii*), липа сердцевидная (*Tilia cordata*), груша уссурийская (*Pyrus ussuriensis*), Яблони (сорта) (*Malus*).

Кустарники: сирень венгерская (*Syringa josicaea*), сирень амурская (*Syringa amurensis*), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*), карагана древовидная (*Caragana arborescens*), барбарис амурский (*Berberis amurensis*), барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris*), смородина золотистая (*Ribes aureum*), роза морщинистая (различные сорта) (*Rosa rugosa*) [Кириллов, 1977; Безруких, 2020; Bezrukikh, 2020].

Гидрографическая сеть г. Красноярска тяготеет к р. Енисей, имеющей общую длину от истоков Малого Енисея – 4287 км. В черте города Енисей, протекая с юго-запада на северо-восток, и имеет протяженность около 30 км. Ширина реки в окрестностях Красноярска колеблется от 720 м. до 3 км (в местах, где русло реки разветвляется островами на протоки). Наиболее крупные острова – Отдыха, Молокова, Татышева, Нижний Атамановский, Верный Атомановский, Осерёдыш, имеют площадь 1,87км², 0,5 км², 6,3 км², 1,63 км², 0,46км², 0,32км² соответственно. Глубина реки в отдельных местах достигает 6 м и местами регулируется искусственно.

Река Енисей имеет многочисленные притоки. На правобережье в окрестностях города это - р. Базаиха (протяжённость 160 км, средний расход воды 5 м³/с), р. Берёзовка (протяжённость 41 км). На левобережье - это р. Кача (длина 103 км, площадь водозабора 1280 км², средний расход воды — 4,3 м³/с) с её многочисленными притоками р. Бугач, р. Каракуша, р. Пяткова, р. Нанжуль, Большой и малый Арей и др. [Енисей, 2021, Мокринец, 2012].

Город Красноярск находится в живописном природном окружении. Величественные сибирские реки и крупные формы рельефа играют важную роль в формировании зеленого пояса города [Авдеева, 2006]. Большая часть эстетически привлекательных территорий расположена за пределами административной границы Красноярска и в пределах крупных островов Енисея, которые являются наиболее доступными и привлекательными объектами рекреации для жителей Красноярска. Большое эстетическое значение имеет наличие на территории г. Красноярска и его окрестностях следующих природных условий: горного и равнинного рельефа; степных, лесостепных и таёжных ландшафтов; высоких показателей вертикального расчленения; наличие водных объекта с большой водной гладью – р. Енисей, и множеством притоков. Наибольшей эстетической ценностью наблюдаемого пейзажа обладают: острова р. Енисей и приуроченные к ней крутые межтеррасовые склоны; долина реки Базаиха с фрагментами долин её притоков; фрагменты долин р. Пятково, р. Каракуша, западный склон VIII террасы у деревни Старцево; возвышенные и незалесённые участки Восточно-Саянских гор [Мокинец, 2012].

В соответствии с пространственно-структурной классификацией городов [Экология городской среды, 2007], Красноярск принадлежит к группе городов с линейным типом пространственной планировки. Его структура приурочена к двум линиям распространения: р. Енисей и её перпендикулярам – рекам Кача и Бугач. Последние характеризуют долину Енисея в черте города, как котловину с двумя падами [Крушлинский, 1986]. Город Красноярск от острога площадью 0,17 км² вырос в промышленный центр Сибири площадью 320 км², расположен обоих берегах Енисей, вдоль его течения (с ЮЗ на СВ) на 33 км, и на 19 км поперёк течения Енисея с ЮВ на СЗ. Территория г. Красноярска используется под застройку с разным типом функционирования 164,66 км², из них: 50,44 км² – промышленные зоны; 67,75 км² селитебные зоны (одна - двух и многоэтажные строения); 26,28 км² – садово-дачные зоны; 13,58 км² - зоны сельскохозяйственного назначения; 2,88 км² - карьеры со складированием коммунально-бытовых и золошлаковых отходов; 2,76 км² – кладбища; 0,97 км² –

парковые зоны. Определяющую роль при выборе места для основания Красноярска, для дальнейшего развития внутренней структуры города сыграл рельеф.

Город Красноярск располагается в долине реки, по своим морфологическим свойствам напоминающей котловину (рис. 3.8). Котловинность рельефа является одним из уникальных природно-климатических факторов. Конфигурация котловины Красноярска определяется как открытая с одной падью. При этом северная часть котловины значительно доминирует по преобладающим высотам (Крушлинский, 1986). Для территории г. Красноярска характерно преобладание (по площади) северных, северо-восточных и восточных склонов, в диапазонах азимута 0 - 900 и 270 - 3600 [Мокринец, 2012]. При этом условно «тёплыми» склонами являются: восточные, юго-восточные, юго-западные; «холодными»: западные, северо-западные, северные, северо-восточные [Макаров, 2002]. Данное обстоятельство необходимо учитывать и при выборе растений для их озеленения.

С ростом городской среды происходит изменение микроклиматических параметров, так происходит возрастание термических различий между городом и пригородом. В городе в зимний период на 6°C теплее чем в пригороде, летом это различие составляет $2-3^{\circ}\text{C}$. При этом суточная амплитуда в черте города уменьшается, а безморозный период увеличивается. Благодаря формированию над городом «купола тепла» и повышенной задымлённости атмосферы, продолжительность солнечного сияния здесь на 500 ч в год меньше, чем в пригороде. Относительная влажность воздуха в городе на 5 - 7%, а летом и на 25 - 30% ниже, чем в пригороде [Климат..., 1982].

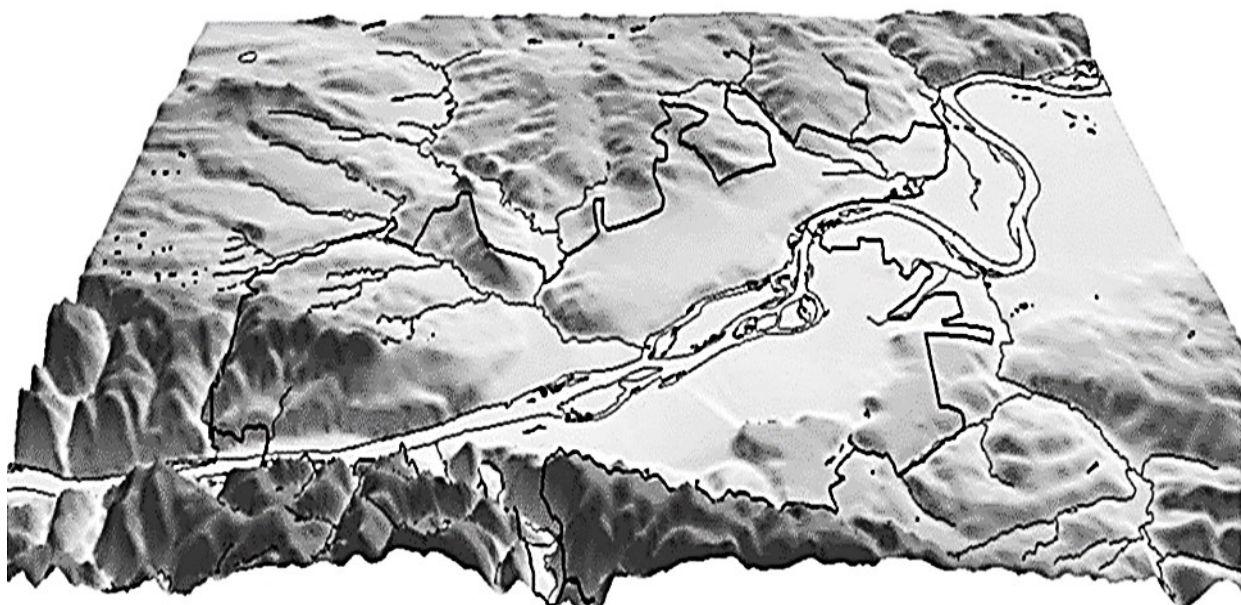


Рисунок 3.8 - Рельеф, водные объекты и административная граница г. Красноярск [Мокринец, 2012]

Город, как источник тепла, усиливает восходящие движения воздуха и способствует усилению облакообразования, увеличивая количество выпадающих осадков. Зимой эта разница составляет в 1,5 раза. Микроклиматические различия внутри города зависят от антропогенных факторов (функционирующие промышленные предприятия, Красноярское водохранилище, плотные застройки, зоны отдыха) [Кириллов, 1977]. Наибольшие температурные различия наблюдаются между центральными районами города и окраинами, между левобережной и правобережной частями города, между юго-западными и юго-восточными районами правобережья, насаженных участках, между набережной Енисея и собственно городом. При этом резкой температурной границей является Енисей.

Качество воздушного бассейна определяется не только объемами выбрасываемых в атмосферу загрязнителей, но и способностью самой атмосферы к их накоплению или рассеиванию [Мокринец, 2012]. Рельеф Красноярска представляет собой котловину и в условиях безветренной погоды, штиле, тумане способствует возникновению смоговых ситуаций. Для летнего периода характерны смоги «лос-анджелесского типа», а для зимнего – «лондонского» и «аляскинского». Наибольшая их повторяемость наблюдается в месяц (июль,

декабрь-февраль) с большим числом дней с антициклонами и малыми скоростями ветра (0,1 м/с). Повторяемость штилей с декабря по февраль составляет 45-48 %. Периоды со слабыми ветрами могут продолжаться от нескольких дней до пяти суток и более. Это приводит к слабой проветриваемости городской котловины и территорий с низким потенциалом самоочищения и, как следствие - к накоплению загрязняющих веществ в приземном слое воздуха. При увеличении скорости ветра условия рассеивания низких атмосферных выбросов (от автомобилей) улучшаются, но при этом возрастает степень загрязнённости нижних слоёв атмосферы выбросами из высоких источников (от труб предприятий). Это наиболее характерно для ветров со скоростью 4 - 5 м/с, повторяемость которых в среднем в год составляет 17%, а с апреля по июнь 22% [Климат..., 1982, Лосев, 2001].

Согласно медико-географической оценке климата южных районов Сибири, период комфортных температур может составлять 2,5...3 месяца [Хлебович, 1972]. В зимний период благоприятным считается сочетание скоростей ветра от 1.5 до 3 м/с с температурой воздуха до - 20°C. Зоны температурного комфорта для летнего времени находятся в пределах 16...24°C при значениях скорости ветра от 1.5 до 4 м/с. На основании анализа метеоданных (мтс. Красноярск, город) проведена биоклиматическая оценка и определен баланс погодных условий городской среды Красноярска [Боговая, 1990; Авдеева, 2008]. Установлено, что комфортные погодные условия составляют 1 месяц и 1 неделю в году, благоприятные (теплые и прохладные) – 42%, или около 5-ти месяцев. В остальной период времени (примерно 5,5 месяцев) в условиях города необходимо создание как "охлаждающего эффекта" в летнее время, так и снижение дискомфортных условий в холодный период года. Необходимо отметить, что под воздействием техногенных факторов в летний период наблюдается повышение температуры воздуха на 2...4°C за счет выделения дополнительного тепла от зданий и твердых покрытий, что в отдельных районах переводит жаркую погоду в перегревную, дополнительно снижающую микроклиматическую комфортность в городе. Таким образом, неблагоприятное состояние климатических условий

городской среды диктует необходимость ее оптимизации с целью создания благоприятных для человека экологических условий. В сложившейся обстановке именно озелененные территории, при рациональной организации, способны существенно влиять на показатели качества окружающей среды [Авдеева, 2007].

Промышленность в г. Красноярске, как основной источник антропогенного воздействия на урболандшафты и окружающие их территории, встречается во всех районах города, и в целом перемешана с застройкой прочих типов функционирования. Общая площадь промышленных объектов для г. Красноярска составляет 50,44 км². Основное строительство относится ко второй трети XX века, тогда были основаны такие промышленные предприятия как: Красфарма, ЦБК, КрасМАШ, ТЭЦ-1, КРАЗ. В последней трети XX века были построены ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3. Особо неблагоприятное местоположение занимают промышленные объекты, расположенные в долинах рек Качи и Бугача. Долины этих рек расположены перпендикулярно движению основных воздушных масс, что создаёт неблагоприятный экологический эффект при рассеивании атмосферных загрязнений, определяемый рельефом местности. Ввиду естественного роста города, промежутки между промышленными предприятиями оказались застроены преимущественно постройками селитебных зон. При этом под парковую зону занято всего 0,97 км².

Особенности распространения загрязнённых воздушных масс в нижних слоях атмосферы Красноярска и его окрестностей определяются геоморфологическими, климатическими особенностями и зависят от расположения функциональных зон. Недоучёт природных условий при планировке города привёл к тому, что выбросы атмосферных загрязнений превышают природный потенциал их очистки [Мокринец, 2012].

Эти обстоятельства привели к тому, что внутри города отмечается незначительная площадь эстетически ценных территорий, вследствие высокой степени изменения природных компонентов ландшафта, и невзрачности антропогенных. Эстетическая ценность снижается за счёт концентрации рекреационных зон, наличия промышленных предприятий, плотной застройки,

частого образования смогов. Негативным образом на эстетической привлекательности территории Красноярска сказывается: плотная застройка, наличием промышленных зон в небольшом удалении от селитебных, низкая площадь парков и скверов, угнетённая растительность. В исследованиях К.С. Мокрица (2012) к территориям с низким эстетическим потенциалом относится около 65% территории Красноярска. Это территории I – VIII террас Енисея, отличающиеся высокой плотностью зданий и сооружений, отсутствием водных объектов, весьма угнетённой и однообразной растительностью и невыразительным рельефом. Город по отношению к природным ресурсам, помимо потребителя, ещё является и фактором снижения их качества.

По степени разрушительного воздействия на городской ландшафт транспортные территории относятся к наиболее агрессивным. Автотранспорт является подвижным источником загрязнения. Наблюдаются высокие темпы увеличения количества по сравнению с количеством стационарных источников, рост пространственной рассредоточенности. Специфика его проявляется в сложном комплексе токсичных выбросов, распространяемых в непосредственной близости и внутри жилых районов, в сложности технической реализации средств защиты, в низком расположении источника загрязнения от земной поверхности. Вследствие этого выхлопные газы автомобилей скапливаются в зоне дыхания людей и растительности. Они слабее рассеиваются ветром в городской среде. Указанные особенности приводят к тому, что автотранспорт создает в городах обширные зоны с устойчивым превышением уровня загрязнения воздуха санитарно-гигиенических нормативов. Установлено, что в атмосфере г. Красноярска находится около 160 видов загрязняющих веществ. Среди них безусловно канцерогенными являются: бенз(а)пирен, тяжелые металлы, бензол, сажа; вероятными канцерогенами: формальдегид, хлористый винил. Большинство из этих соединений входят в состав выхлопных газов автотранспортных средств [Лобанов, 2004].

Зоны загрязнения воздуха от выбросов автотранспорта такими веществами, как оксид углерода, оксиды азота, углеводороды и др., могут характеризоваться

высокими значениями концентрации и распространяться на большие территории. Рассеивание данных веществ в примагистральном пространстве города значительно различается. Так в 5 м от полотна загрязнение воздуха уменьшается от 8 до 23 % в зависимости от интенсивности движения по магистрали. Характер снижения их концентрации при дальнейшем удалении различается. В 25 м от обочины содержание примесей уменьшается от 19 до 35 %. Ослабленное снижение на некоторых улицах обуславливается застойными явлениями в связи с двухсторонней многоэтажной застройкой, повышенное рассеяние объясняется близостью реки [Лобанов, 2004].

Особый характер изменчивости содержания веществ наблюдается в случае образования автомобильных «пробок» и частично на остановках автобусов. Выполненные исследования влияния пробок показали, что загрязнение воздуха здесь волнообразно изменяется в зависимости от режима регулирования движения транспорта. Пределы варьирования его содержания изменяются в 2 раза и более. Близка к подобному состоянию и ситуация с загрязнением воздушной среды на автобусных остановках с небольшим числом маршрутов. При увеличении их количества загрязнение атмосферы становится постоянно высоким, в 1,3 - 1,5 раза превышающим его величину в середине квартала [Степень, 2003; Лобанов, 2004]. Данные обстоятельства учтены в методике интегральной оценки состояния фитосреды. Результаты анализа дорожно-транспортной инфраструктуры и уровня автомобилизации г. Красноярска и ряда других городов показывают их несоответствие градостроительным и социальным условиям, 65% озелененных территорий вдоль городских улиц и магистралей испытывают повышенный уровень техногенной нагрузки и находятся в ослабленном состоянии [Сидоренко, 1984; Аксенов, 1987; Голубев, 1987; Заманская, 1996; Евгеньев, 1997; Бадалян, 2000; Луканин, 2001; Зарцына, 2001; Старокожева, 2001; Инженерная, 2001; Шрингер, 2001; ОНД, 1987; Георгиев, 2002; Авдеева, 2007]. Динамика уровня загрязнения атмосферы города с 1988 по 2018 годы по комплексному индексу представлена на рисунке 3.9 [О состоянии окружающей природной..., 1999 - 2019].

Анализ информации свидетельствует о снижении уровня загрязнения с 1992 года. В 2018 году индекс загрязнения атмосферы по пяти приоритетным примесям (ИЗА₅) составил 21, что по сравнению с максимальным значением, зарегистрированным в 1991 году, в 6,5 раз ниже (ИЗА₅ в 1991 году составлял 64,6). Однако уровень загрязнения и 2002 года характеризуется также как «очень высокий», так как ИЗА₅ > 12. Основными веществами, загрязняющими атмосферу города Красноярска, являются взвешенные вещества (пыль), диоксид азота, формальдегид, бенз(а)пирен, сероуглерод. На их долю приходится до 95 % от общего количества загрязнителей.

Согласно СН 369-74 предельно допустимые выбросы промышленных предприятий (ПДВ) рассчитываются на основе предельно допустимых концентраций (ПДК) газов, паров и пыли для населения городов. Однако даже при соблюдении норм ПДВ и ПДК древесные растения вокруг промышленных предприятий деградируют и гибнут. Данное обстоятельство говорит о высокой чувствительности растений ко многим видам загрязнения [Николаевский, 1978; 1989; 2002; Павлов, 2006; Авдеева, 2007]. Так, максимально разовые ПДК (в мг/м³) по диоксиду серы для человека составляют 0,5, а для растительности и биосферы – 0,02, по аммиаку – 0,2 и 0,05, по хлору – 0,1 и 0,025, соответственно [Николаевский, 1978]. Таким образом, разработанные санитарно-гигиенические нормы ПДК загрязнителей на урбанизированных территориях для населения не могут обеспечить устойчивого развития растительности [Орнатский, 1982; СНиП Градостроительство..., 1989; Оценка, 2002]. Различия предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ для человека и растительности могут отличаться в десятки раз [Чернышенко, 1988, 2002; Николаевский, 2002; Якубов, 2005]. Установлено, что уровень опасности и качественный состав загрязнителей для населения и растений также значительно различается. Для человека и теплокровных животных ряд токсичности из наиболее распространенных примесей, начиная с наиболее вредного, выглядит следующим образом: Cl₂ > SO₂ > NH₃ > HCN > H₂S. Для зеленых насаждений наиболее опасными являются Cl₂, SO₂, NO₂, NH₃, фториды. Менее опасны CO, H₂S, углеводороды [Николаевский,

2002; Якубов, 2005].

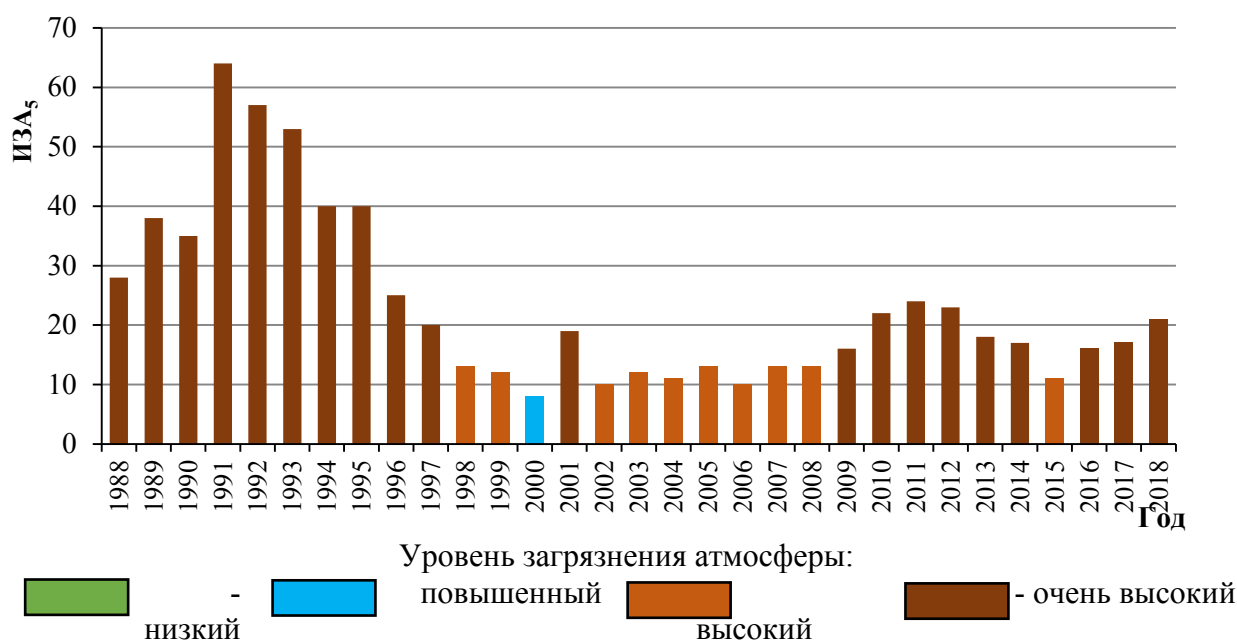


Рисунок 3.9 - Динамика загрязнения атмосферы г. Красноярск
[Государственный доклад..., 1989 - 2018]

На растительность эти же концентрации воздействуют в несколько раз интенсивнее, так растения в 40 раз более чувствительны чем человек к соединению фтора, в 30 раз к наличию взвешенных веществ в атмосфере города, и в 5 раз к диоксиду азота. При этом уже 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 [Николаевский, 2002; Якубов, 2005; Авдеева, 2007].

Кроме того, установлено, что в условиях городской среды на зеленые насаждения также оказывают влияние засоление и уплотнение почв, тяжелые металлы, неблагоприятный гидротермический режим. В целом степень воздействия загазованности атмосферного воздуха на растительность в сложных техногенных районах города следует оценивать по минимальным показателям предельно-допустимых концентраций.

Выводы по главе

1. Состояние окружающей среды города и ее комфортность определяется совокупностью ряда факторов, таких как: природные условия, планировочная структура города, уровень экономического развития, концентрация промышленности и ее специализация, транспортная нагрузка, состояние зеленого фонда города, отсутствие региональной нормативной базы для проектирования объектов озеленения, наличие и осуществление правовых механизмов по управлению природоохранной деятельностью.

2. Крайне неблагоприятными для города являются сочетания факторов, таких как экстремальность климата, котлованность горного рельефа, образование приземных инверсий и штилевых погодных условий с размещением промышленных предприятий, выше по рельефу относительно селитебных территорий, что приводит к нарушению санитарно-гигиенических условий и снижению эстетических качеств природного ландшафта.

3. Биоклиматический анализ погодных условий показывает, что в Красноярске комфортные условия составляют лишь 10% в году. В остальной период года необходимо создание как «охлаждающего эффекта» в летнее время для компенсации перегревных условий, так и снижение воздействий суровых погодных условий в зимний период. При этом до 70 дней в году формируются метеоусловия, способствующие накоплению вредных веществ в атмосфере города.

4. В настоящее время качество окружающей среды оценивается, с точки зрения влияния его на здоровье человека. Однако даже при соблюдении норм предельно-допустимых выбросов вокруг промышленных предприятий и, особенно, вдоль транспортных магистралей древесные растения деградируют и даже гибнут. Данное обстоятельство и ряд проведенных исследований говорят о повышенной чувствительности растений ко многим видам загрязнения. так растения в 40 раз более чувствительны чем человек к соединению фтора, в 30 раз к наличию взвешенных веществ в атмосфере города и в 5 раз к диоксиду азота.

5. Все это диктует необходимость проведения работ с целью повышения качества среды, в том числе и за счет рациональной организации системы озеленения.

4 РОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ Г. КРАСНОЯРСКА

4.1 Классификация объектов озеленения по условиям произрастания растений

Оценка условий произрастания сосны обыкновенной на объектах озеленения проводилось на основе анализа техногенных, рекреационных, автотранспортных и градостроительных нагрузок, в соответствии с методикой «Интегральная оценка состояния фитосреды на локальном уровне» (глава 2). Результаты оценки представлены на рисунках 4.1 – 4.4.

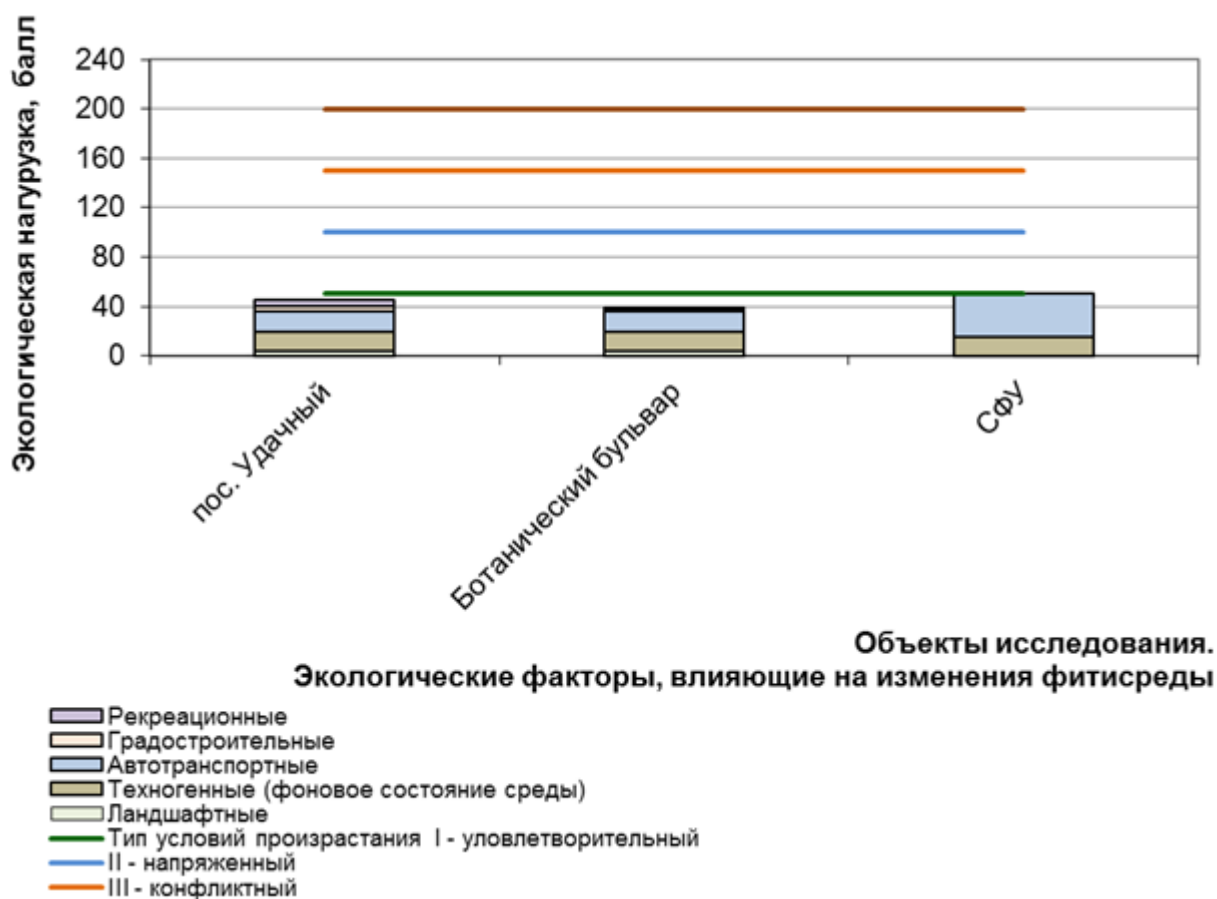


Рисунок 4.1 - Интегральная оценка состояния фитосреды объектов исследования - условиях произрастания - удовлетворительные

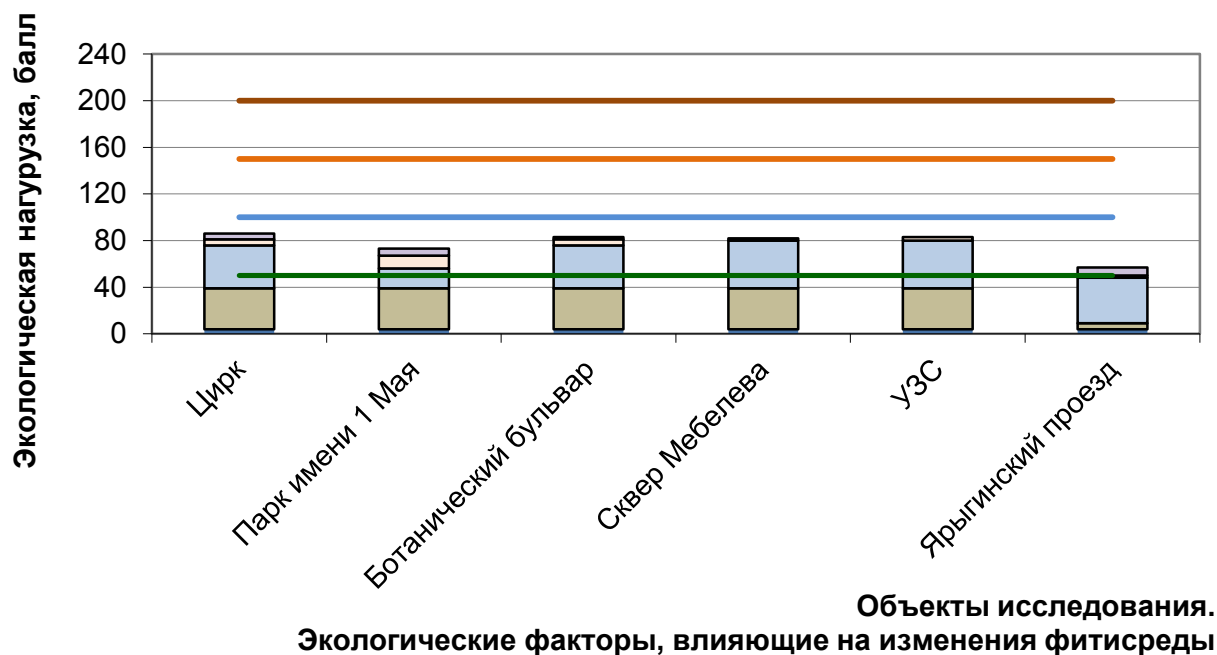


Рисунок 4.2 - Интегральная оценка состояния фитосреды объектов исследования - условиях произрастания - напряженные

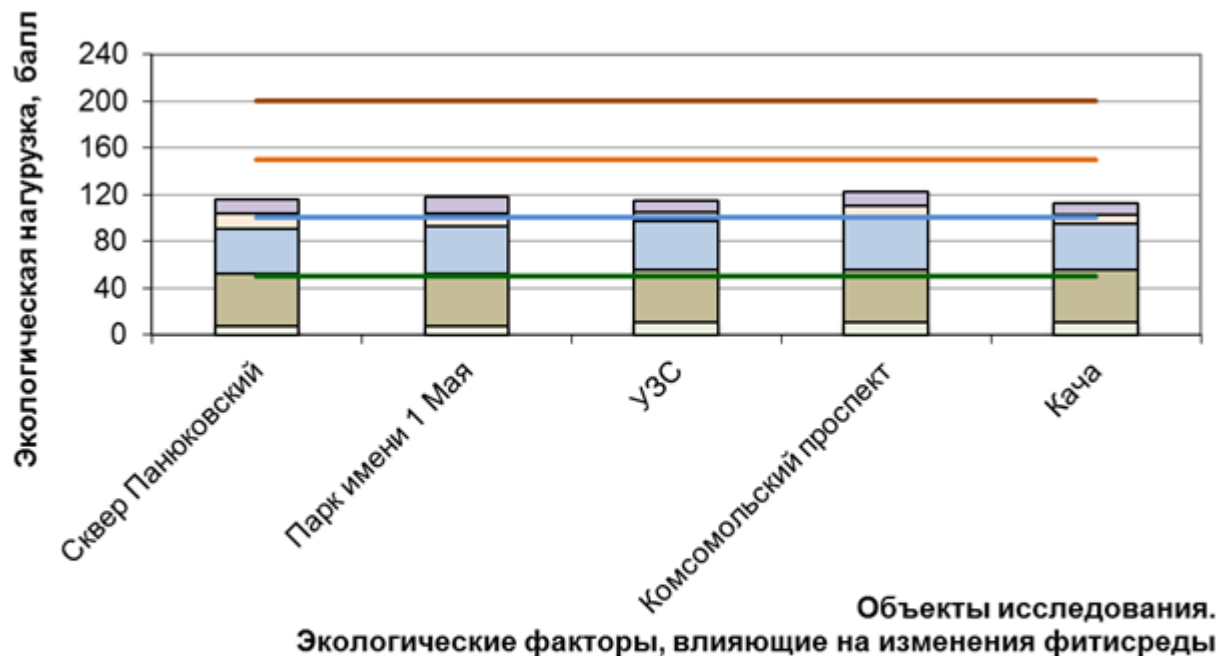


Рисунок 4.3 - Интегральная оценка состояния фитосреды объектов исследования - условиях произрастания – конфликтные

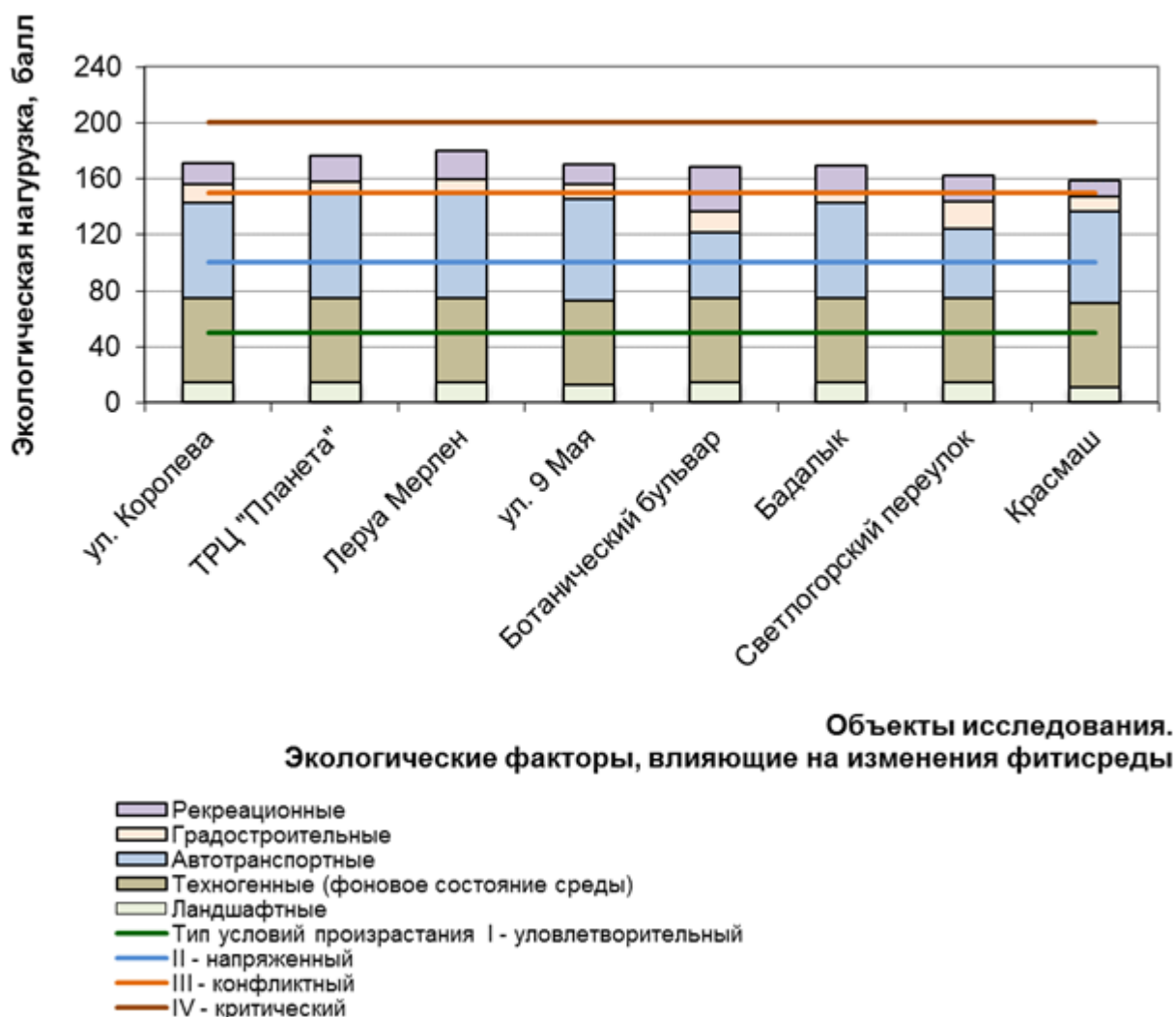


Рисунок 4.4 - Интегральная оценка состояния фитосреды объектов исследования - условиях произрастания - критические

Полученные данные позволяют классифицировать территории с учетом изменения условий произрастания растений. В итоге на территории города выделено 4 типа условий произрастания растений: I – удовлетворительный, II – напряженный, III – конфликтный и IV – критический.

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.

Максимальные значения шкалы плотности, соответствующие территориям с наибольшими выбросами и концентрациями загрязняющих веществ от промышленных предприятий и автотранспорта, оказывающие негативное влияние на здоровье населения и рост и развитие древесных растений, с сильно нарушенной природной средой, отнесены к *критическому* типу условий фитосреды.

Анализ полученных результатов показал, что на обследованных объектах наибольший вклад в экологическую нагрузку вносит автотранспорт. Вторым по негативному воздействию фактором является техногенные нагрузки от стационарных источников загрязнения (промышленные предприятия), меньший вклад вносят рекреационные, градостроительные и ландшафтные условия. При этом сосна обыкновенная очень чувствительна к высоким рекреационным нагрузкам, особенно к вытаптыванию газонных покрытий и уплотнению почвы. Таким образом, на 9 объектах из 22, растения произрастают в критических условиях произрастания, 5 – в конфликтных, 6 – в напряженных и только 3 – в удовлетворительных.

Полученные данные позволили объединить насаждения в обобщение группы по сходству влияния факторов среды, результаты оценки положены в основу дальнейших исследований (построения рядов хода роста древесных растений, оценки жизненного состояния и др.).

4.2 Оценка жизненного состояния сосны обыкновенной в городских посадках с различным уровнем техногенного загрязнения

В процессе изучения сосны обыкновенной в городских посадках проведено исследование жизненного состояния растений по методике А. А. Алексеева (1990). На рисунках 4.5 – 4.8 представлены итоговые данные анализа жизненного состояния деревьев сосны обыкновенной по каждой обобщенной группе в возрастной динамике в зависимости от типа условий произрастания.

В *удовлетворительных* условиях произрастания (рис. 4.5) относительное жизненное состояние растений на всех исследуемых объектах озеленения оценивается как «здоровое» (индекс жизненного состояния (ИЖС) составляет от 100 до 83,5), распределение деревьев по категориям жизненного состояния по визуальным характеристикам кроны составляет: «здоровые» деревья – 57%, «поврежденные» («ослабленное») – 43 %, «сильно поврежденные» – 0 %, «отмирающие» – 0 %. При этом прослеживается снижение среднего показателя ИЖС до 82 в период приживаемости растений, с последующим его увеличением. Оценка жизненного состояния растений показала, что условия произрастания, характеризующиеся как *удовлетворительные*, относятся к достаточно благоприятными для выращивания сосны обыкновенной на данных объектах озеленения г. Красноярска.

Возрастное состояние	"Адрес" объекта	Средний Возраст, лет	Кол-во деревьев, всего	Категории жизненного состояния					среднее жизненное состояние	Относительное жизненное состояние	
				1 - здоровые	2 - ослабленное	3 - сильно ослабленное	4 - отмирающее				
Тип условий произрастания 1 - удовлетворительный											
V 	Саженец	8							100,0	Здоровое	
V1 нор 	Удачный	11	50	20 	30 	0	0	82,0	Здоровое		
V2 нор 	Удачный	14	15	12 	3 	0	0	94,0	Здоровое		
g1-1 нор 	Удачный	18	36	26 	10 	0	0	91,7	Здоровое		
g1-2 нор 	Ботанический бульвар (участок 1)	25	23	16 	7 	0	0	90,9	Здоровое		
g2 нор 	СФУ	50	109	49 	60 	0	0	83,5	Здоровое		
									88,4		

Рисунок 4.5 - Оценка жизненного состояния сосны обыкновенной, произрастающей в удовлетворительных экологических условиях г. Красноярска

В условиях, характеризующихся как *напряженные* (рис. 4.6), жизненное состояние деревьев сосны обыкновенной оценивается: у 49 из 180 экземпляров как «здоровые», что составляет 27 %, «ослабленные» – 53 % и появляется

категория растений с «сильно ослабленным» жизненным состоянием – 18 %. В среднем на объектах озеленения с напряженным типом условий произрастания состояние растений оценивается как «ослабленные» (ближе к верхней границе шкалы данной категории – 77,6). При этом в объектах озеленения с высоким уровнем благоустройств (с отсутствием стихийно протоптанных дорожек, неконтролируемым выгулом собак и др.), в парках площадью более 15 га (парк 1 Мая), скверах площадью более 2 га, (сквер Юдина) прослеживается смягчение техногенных и рекреационных нагрузок и, соответственно, повышение жизненного состояния насаждений сосны. В данных условиях произрастания также прослеживается тенденция снижения жизненного состояния сосны в период адаптации растений после пересадки (у 11 летних растений - третий год после пересадки) до 46 (ИЖС) растения оцениваются как «сильно ослабленные».

В условиях городской среды, характеризующихся для произрастания растений как конфликтные (рис. 4.7), нет деревьев сосны жизненное состояние которых оценивается как «здоровые», «ослабленные» экземпляры составляют – 50,5%, «сильно ослабленные» – 41,1 %, появляется категория растений с жизненным состоянием – «отмирающие» (8 %). В среднем на объектах озеленения с конфликтным типом условий произрастания состояние растений оценивается как «сильно ослабленные» (по нижней границе шкалы данной категории – 39,2). В данных условиях также прослеживается тенденция снижения жизненного состояния сосны в период адаптации растений после пересадки (у 11 летних растений - третий год после пересадки, ИЖС = 70), растения оцениваются как «ослабленные», при этом он выше чем у таких же растений, произрастающих вдоль улиц. В сквере Панюковский, с достаточно высоким уровнем благоустройства, состояние среды способствует повышению жизненного состояния растений.

	Саженец	8					100,0	Здоровое	
V1 нор 	Цирк	11	20	0	4 	16 	0	46,0	Сильно ослабленное
V2 нор 	Парк имени 1 Мая	16	25	8 	17 		0	79,6	Здоровое
g1-1 нор 	Сквер Мебелева	19	12	4 	5 	3 	0	72,5	Ослабленное
	УЗС,сквер Юдина	19	20	12 	8 		0	88,0	Здоровое
g1-2 нор 	Ботанический бульвар (возле дома)	25	44	15 	29 		0	80,2	Здоровое
g2 нор 	Ярыгинский проезд	45	59	10 	34 	15 	0	67,5	Ослабленное
								77,6	

Рисунок 4.6 - Оценка жизненного состояния сосны обыкновенной, произрастающей в напряженных экологических условиях

	Саженец	8						100,0	Здоровое
V1 низ 	Сквер Панюковский	12	35	0	35 	0	0	70,0	Ослабленное
V2 низ 	Парк имени 1 Мая	16	28	0	0	18 	10 	27,5	Сильно ослабленное
g1-1 низ 	УЗС	20	20	0	0	18 	2 	36,5	Сильно ослабленное
g1-2 низ 	Комсомольский проспект	25	108	0	48 	58 	5 	52,8	Ослабленное
g2 низ 	Набережная реки Кача	35	8	0	0	8 	0	40,0	Сильно ослабленное
								39,2	

Рисунок 4.7 - Оценка жизненного состояния сосны обыкновенной, произрастающей в конфликтах экологических условиях

В условиях городской среды, характеризующихся для произрастания растений как *критические* (рис. 4.8), жизненное состояние деревьев сосны обыкновенной оценивается: «сильно ослабленные» – 44 %, «отмирающие» – 56 %. В данных условиях произрастания прослеживается тенденция снижения жизненного состояния сосны в период адаптации растений после пересадки, ИЖС снижается до 15, (у 10 летних растений - второй год после пересадки), растения оцениваются как очень ослабленные и даже отмирающие, их произрастание возле

парковки крупных торговых центров способствует значительному снижению жизненного состояния растений.

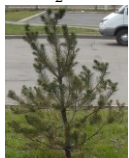
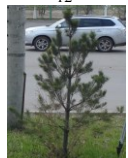
	Саженец	8						100,0	Здоровое
	ул. Королева	10	20					48,5	Сильно ослабленное
	Планета	10	27	0	0			15,4	Отмирающее
	Леруа Мерлен	10	30	0	0			16,7	Отмирающее
	ул. 9 Мая	14	10	0	0		0	40,0	Сильно ослабленное
	Ботанический бульвар (около остановки)	19	33	0	0			15,6	Отмирающее
	Красмаш	23	4	0	0		0	40,0	Сильно ослабленное
	Вдоль автотрассы в районе Бадалык	23	20	0	0			13,8	Отмирающее
	Светлогорский переулок	35	32	0	0			21,9	Сильно ослабленное
								24,6	

Рисунок 4.8 - Оценка жизненного состояния сосны обыкновенной, произрастающей в критических экологических условиях

Взаимосвязь индекса жизненного состояния сосны обыкновенной на объектах озеленения г. Красноярска с условиями их произрастания представлены на графиках (рис. 4.9, 4.10). Анализ которых показал общее снижение индекса жизненного состояния растений в соответствии с усилением антропогенных нагрузок на объектах произрастания растений, а также установлен период снижения индекса жизненного состояния сосны обыкновенной после их пересадки на объекты озеленения.

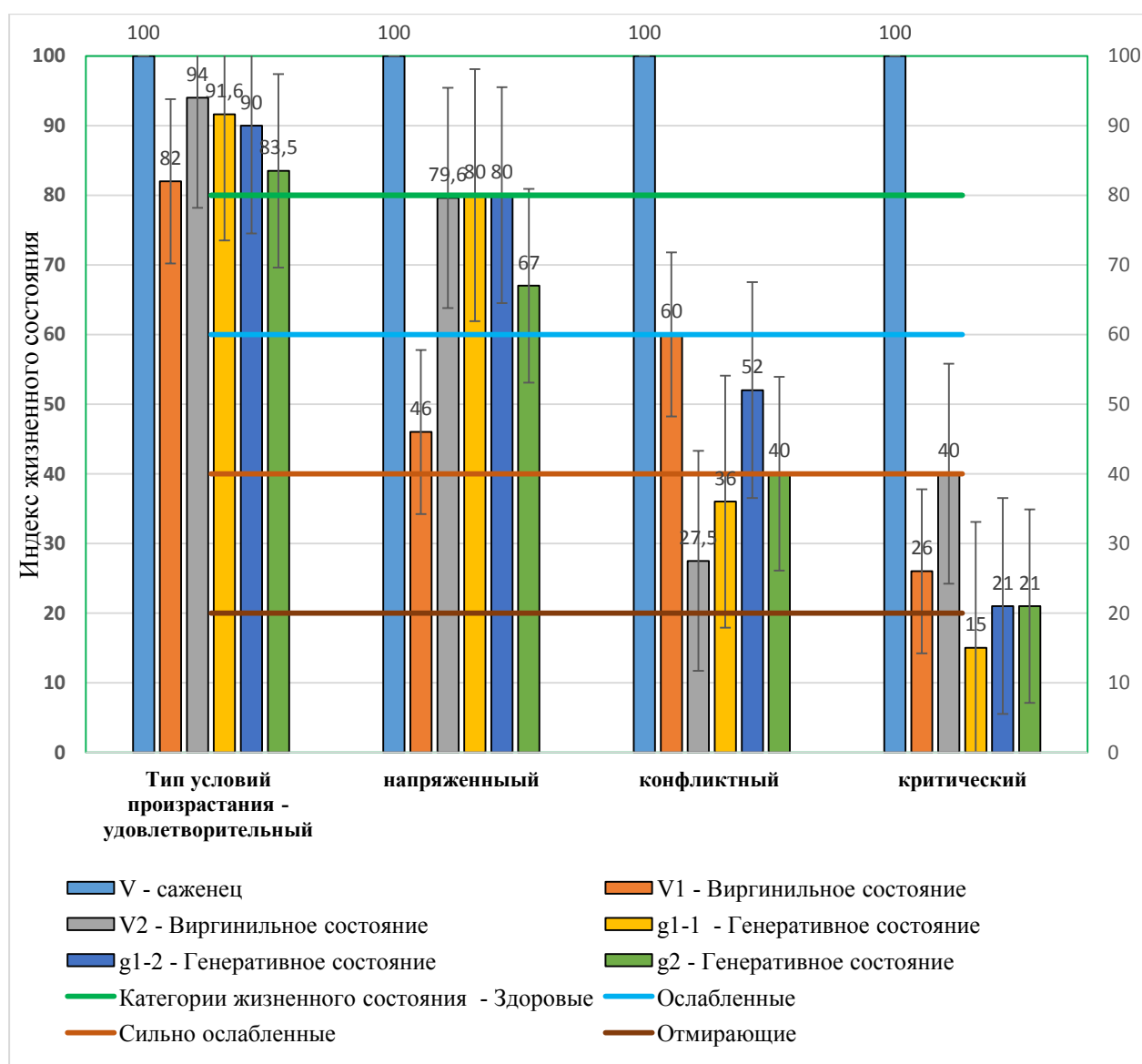
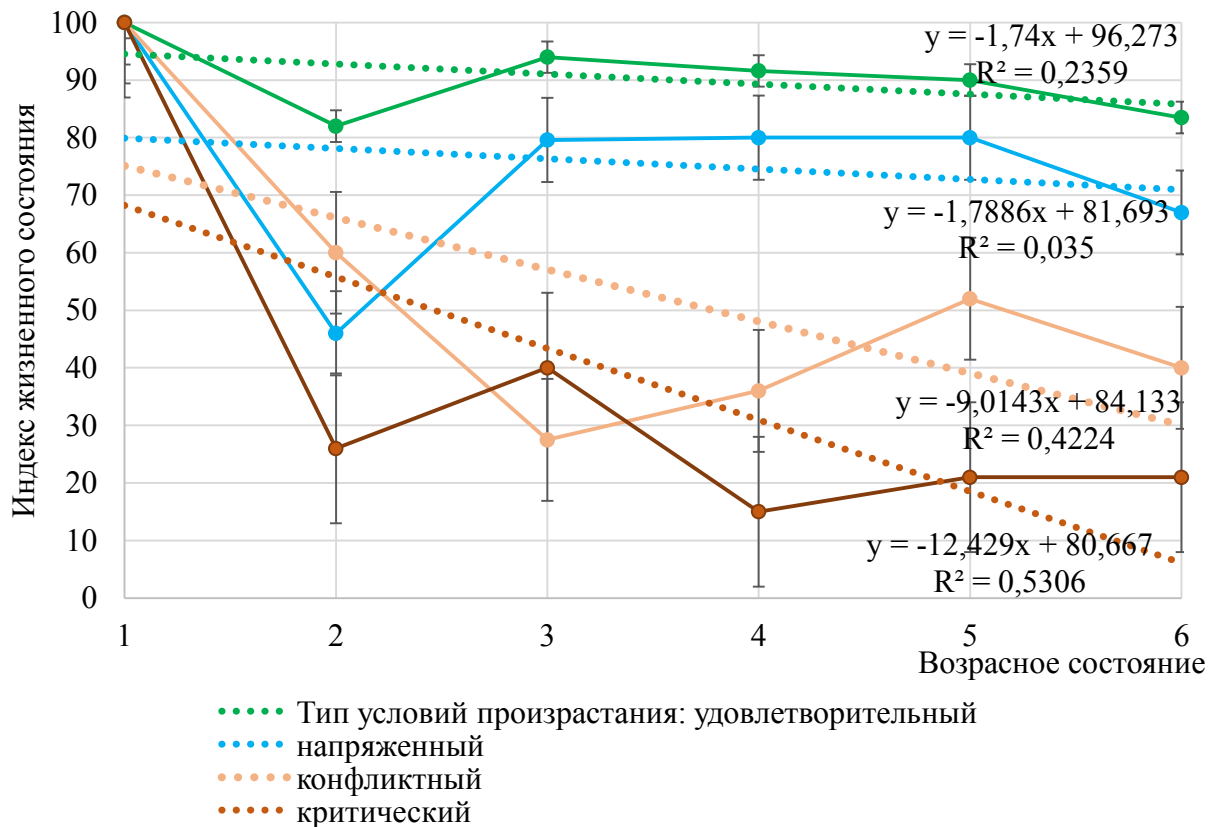


Рисунок 4.9 – Взаимосвязь индекса жизненного состояния сосны обыкновенной на объектах озеленения г. Красноярска с условиями их произрастания



По оси X – возрастное состояние сосны обыкновенной: 1 - V – саженец (8 лет), 2 - V₁, 3 - V₂ – виргинильное состояние, 4 - g₁₋₁, 5 - g₁₋₂, 6 - g₂ – генеративное состояние (см. глава 2)

Рисунок 4.10 - Реакции сосны обыкновенной на условия произрастания

Анализ полученных результатов показал, что в городской среде:

- в зависимости от сложившихся экологических условий, сосна обыкновенная в одинаковом календарном возрасте имеет различный внешний облик (габитус), который отражает жизненное состояние растений;

- оценка жизненного состояния сосны обыкновенной показала, что условия произрастания, характеризующиеся как удовлетворительные, относятся к достаточно благоприятным для выращивания сосны обыкновенной на данных объектах озеленения г. Красноярска, снижение индекса жизненного состояния находится в пределах значений 100 – 80% , состояние растений оценивается как «здоровые»; наиболее экстремальные ситуации наблюдаются в критическом типе условий произрастания снижение индекса жизненного состояния находится ниже 20%, состояние растений оценивается как «сильно поврежденные» – увеличение

техногенных нагрузок ускоряет процессы деградации деревьев, приводит к преждевременной гибели растений;

- во всех условиях произрастания, прослеживается период приживаемости растений к новым условиям, в течение нескольких лет после их пересадки на объекты озеленения, что сказывается на снижении (от 18 до 75 единиц) индекса жизненного состояния деревьев в зависимости от экологической напряженности условий произрастания;

- оценка условия произрастания растений по данной методике, позволяет прогнозировать жизненное состояние растений и принимать адекватные решения при планировании мероприятий по уходу за насаждениями, при оценке эффективности функционирования городских насаждений и целесообразности проведения посадок сосны в данных условиях;

- полученные результаты положены в основу дальнейших исследований.

4.3 Изменчивость показателей роста сосны обыкновенной в посадках города Красноярска

Изучение особенностей процессов роста сосны обыкновенной в условиях городской среды позволит в значительной степени прогнозировать объемно-пространственную динамику как отдельных деревьев, так и объектов озеленения в целом. Влияние фактора времени на рост сосны обыкновенной в условиях города Красноярска нами изучено методом регрессионного анализа. Математическая обработка полученных рядов биометрических характеристик деревьев заключается в построении математических моделей отдельных биометрических показателей во временной динамике. С использованием стандартных программ нелинейного регрессионного анализа получены коэффициенты уравнений и параметры их оценки.

Для построения рядов хода роста деревьев весь массив средних значений высот разделен на количество рядов в соответствии с результатами оценки взаимосвязи индекса жизненного состояния сосны обыкновенной с условиями их

произрастания на объектах озеленения г. Красноярска. Динамика жизненных состояний сосны обыкновенной, произрастающей на объектах озеленения г. Красноярска представлена на рис. 4.11.

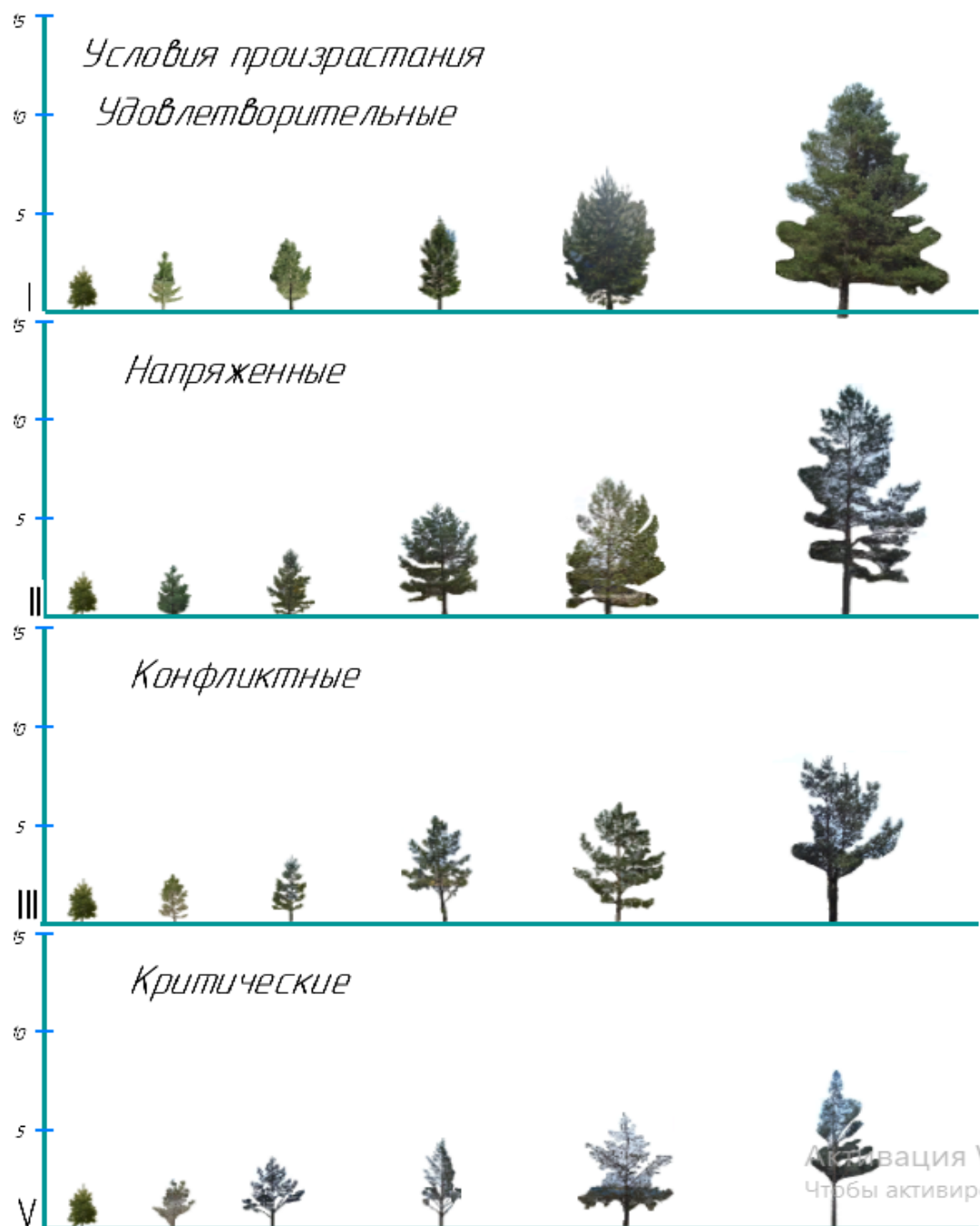


Рисунок 4.11 - Визуализация динамики жизненных состояний сосны обыкновенной, произрастающей на объектах озеленения г. Красноярска

Математические зависимости изменения высоты сосны обыкновенной, произрастающей на объектах озеленения г. Красноярска с различными техногенными нагрузками представлены на графиках (рис. 4.12). Уравнения

Мичерлиха и критерии оценки, описывающие изменения высоты сосны обыкновенной на объектах озеленения с различными условиями произрастания в г. Красноярске имеют вид:

$$H_{(I)} = 29,68(1-(\exp(-1(A/4,66)))^{0,074} \quad R^2 = 0,971 \quad (4.1)$$

$$H_{(II)} = 22,53(1-(\exp(-1(A/1,91)))^{0,028} \quad R^2 = 0,983 \quad (4.2)$$

$$H_{(III)} = 21,02(1-(\exp(-1(A/1,22)))^{0,017} \quad R^2 = 0,953 \quad (4.3)$$

$$H_{(VI)} = 14,61(1-(\exp(-1(A/6,73)))^{0,152} \quad R^2 = 0,976 \quad (4.4),$$

где H – высота дерева, м; A – возраст, лет; ν_1, ν_2, ν_3 – коэффициенты уравнения; R^2 – коэффициент детерминации

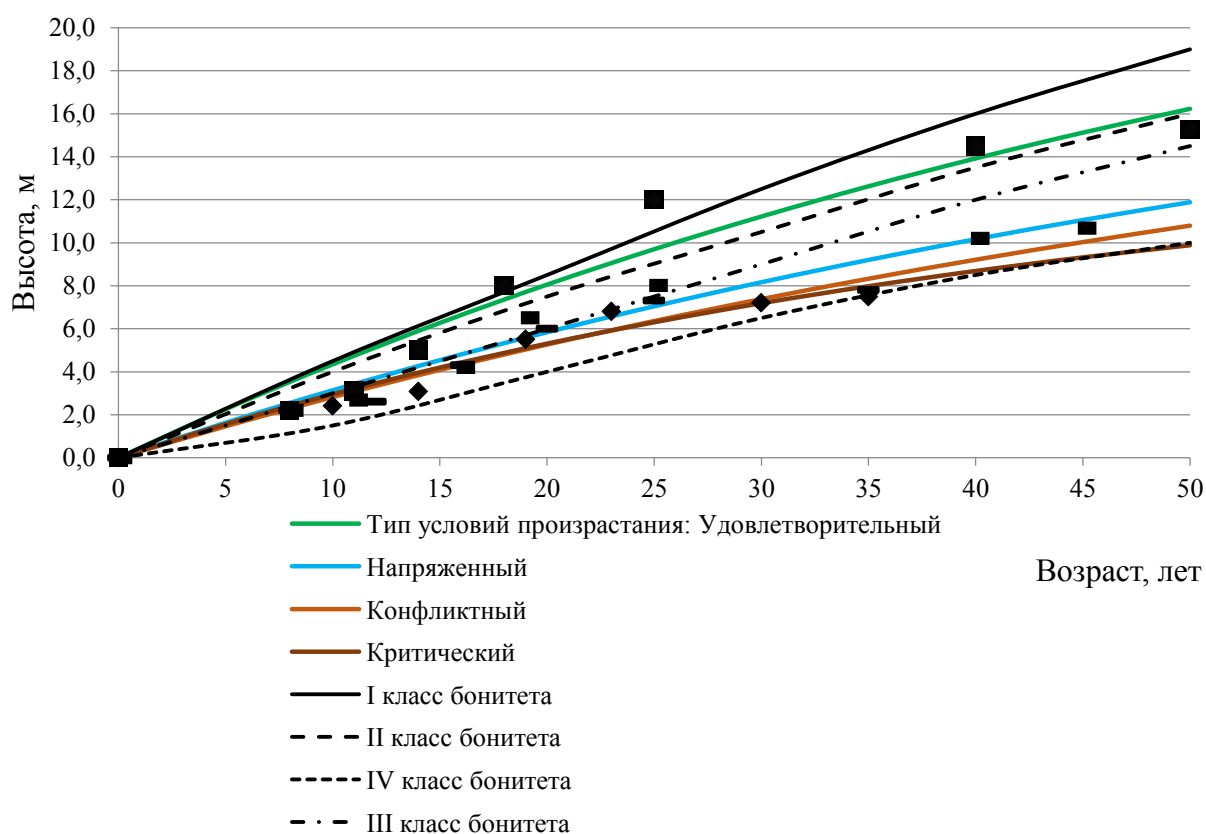


Рисунок 4.12 – Рост сосны обыкновенной по высоте в городских посадках Красноярска с различной техногенной нагрузкой

Анализ рядов роста сосны обыкновенной по высоте показал:

1. Рост насаждений сосны обыкновенной по высоте в условиях урбанизированной среды достоверно описывается уравнением Мичерлиха

(коэффициент детерминации (R^2) для всех зависимостей изменяется от 0.95 до 0.98).

2. Прослеживается тенденция различий роста в высоту в связи с изменением антропогенных нагрузок на зеленые насаждения, что обусловлено как фоновым состоянием среды территории города Красноярска, так и сложившимися на отдельных территориях локальными ситуациями. По изменчивости в темпах роста по высоте насаждений сосны обыкновенной выделено 4 типа (рис. 4.6), что соответствует количеству типов условий произрастания для насаждений г. Красноярска. Методом дисперсионного анализа установлена достоверность их различий и сходства. Разница средних значений высоты деревьев, произрастающих в удовлетворительных и напряженных типах условий произрастания в возрасте 50 лет составляет 4,34 м ($t_{\text{расч.}} = 6,8 > t_{\text{крит.}} = 2,16$), между напряженным конфликтным – 1,09 м ($t_{\text{расч.}} = 8,7$), между конфликтным и критическим 0,46 м и не является достоверно значимой ($t_{\text{расч.}} = 2,02$). Таким образом, сосна обыкновенная является достаточно чувствительным видом и уже в конфликтных условиях произрастания проявляется значительное снижение роста по высоте, что говорит о значительной деградации данных насаждений.

3. При увеличении степени негативных факторов условиях урбосреды наблюдается снижение высоты насаждений сосны обыкновенной, достигающее к 50-летнему возрасту в напряженных условиях 26,7 %, в конфликтных – 33,5%, в критических – 36% по сравнению с ростом по высоте в удовлетворительных условиях, что говорит о снижении продуктивности и выполнении экологических функций. Таким образом, характер роста в высоту определяется совокупным влиянием условий урбосреды. Тип роста в высоту является индикатором данного влияния, отражающим условия произрастания.

4. Разброс значений относительно рядов роста по высоте составляет до 0,9 м. Наибольший разброс значений наблюдается для насаждений, произрастающих в напряженных условиях, что говорит об адаптации растений к условиям среды. В конфликтном и критическом типах условий диапазон разброса

значений снижается, что отражает подавление механизмов роста и развития растений.

5. Наложение графиков зависимости высоты деревьев от возраста, произрастающих в естественных и городских условиях, показало, что высота сосны обыкновенной, растущей в городской среде в удовлетворительных условиях в среднем соответствует росту сосны II класса бонитета, снижение по высоте составляет до 0,9 м, к 50-летнему возрасту происходит снижение темпов роста и ее высота соответствует данному показателю деревьев естественных насаждений II класса бонитета. Высота насаждений, произрастающих в критических условиях, в 50-летнем возрасте соответствует высоте деревьев естественных насаждений IV класса бонитета. У деревьев сосны обыкновенной, растущих в напряженных, конфликтных и критических условиях потери по высоте к 50-летнему возрасту составляют 25, 30 и 35 % соответственно, относительно данного показателя естественных насаждений II класса бонитета, преобладающего в естественных условиях зеленой зоны города.

6. Анализ соответствия высоты и возраста деревьев сосны обыкновенной позволяет определить плотность техногенных факторов на данной территории и, следовательно, прогнозировать характер роста насаждений, скоординировать пространственную структуру и технологии уходов с целью улучшения состояния насаждений.

В биометрических параметрах деревьев фиксируется их реакция на условия произрастания, тем самым морфология дерева отражает ретроспективную информацию о росте растений и изменении среды [Усольцев, 1997]. Полученные результаты позволили составить ряды хода роста сосны обыкновенной в соответствии с условиями произрастания в урбанизированной среде г. Красноярска (табл. 4.1).

Во всех условиях произрастания, прослеживается период снижения жизненного состояния и темпов роста в первые несколько лет после их пересадки на объекты озеленения. Визуальный осмотр растений на других объектах показал, что растения реагируют на пересадку на объекты городского озеленения (рис. 4.13).

Таблица 4.1 – Ряды хода роста сосны обыкновенной по высоте (м) для объектов озеленения г. Красноярска в соответствии с типом условий произрастания

Возраст, лет	Тип условий произрастания			
	I удовлетворительный	II напряженный	III конфликтный	IV критический
8	Саженьцы ГОСТ 25769-83 Саженьцы деревьев хвойных пород для озеленения городов. Нормативные значения - высота саженца 150 – 400 см			
10	3,0 – 1,5			
15	6,0 – 5,0	5,0 – 4,5	4,5 – 4,0	4,0 – 3,0
20	8,5 – 7,0	7,0 – 6,0	6,0 – 5,0	5,0 – 4,0
25	10,5 – 9,0	9,0 – 7,0	7,0 – 6,0	6,0 – 5,0
30	12,0 – 9,5	9,5 – 7,5	7,5 – 6,5	6,5 – 5,5
35	13,0 – 11,0	11,0 – 9,0	9,0 – 8,0	8,0 – 7,0
40	14,5 – 12,5	12,5 – 10,0	10,0 – 9,0	9,0 – 8,0
45	15,5 – 13,0	13,0 – 10,5	10,5 – 9,5	9,5 – 8,5
50	16,5 – 14,5	14,5 – 11,0	11,0 – 10,5	10,5 – 9,0



Рисунок 4.13 – Реакция сосны обыкновенной на пересадку на объекты озеленения

Для уточнения данного предположения нами проанализирован прирост боковой ветви в мкр. Удачный, в котором в течение пяти лет ежегодно высаживались деревья сосны обыкновенной одного возраста (15 лет), из одного питомника в идентичные условия произрастания (категория условий произрастания – удовлетворительные). На основании полученных данных построены зависимости прироста центрального побега боковой ветви (высота крепления 1,3 м) от возраста (рис. 4.14), анализ которых показал, что у всех

деревьев прослеживается снижение прироста, максимальное снижение наблюдается в первый год после пересадки растения из питомника на объект озеленения, процент снижения составляет от 56 до 86 %, в дальнейшем прослеживается восстановление прироста центрального побега боковой ветви, наибольшее приближение к величине прироста до пересадки наблюдается на пятый год, отставание по приросту составляет 8,5 %. Полученные данные положены в основу дальнейших исследований приживаемости сосны обыкновенной на городских объектах озеленения с различными антропогенными нагрузками.

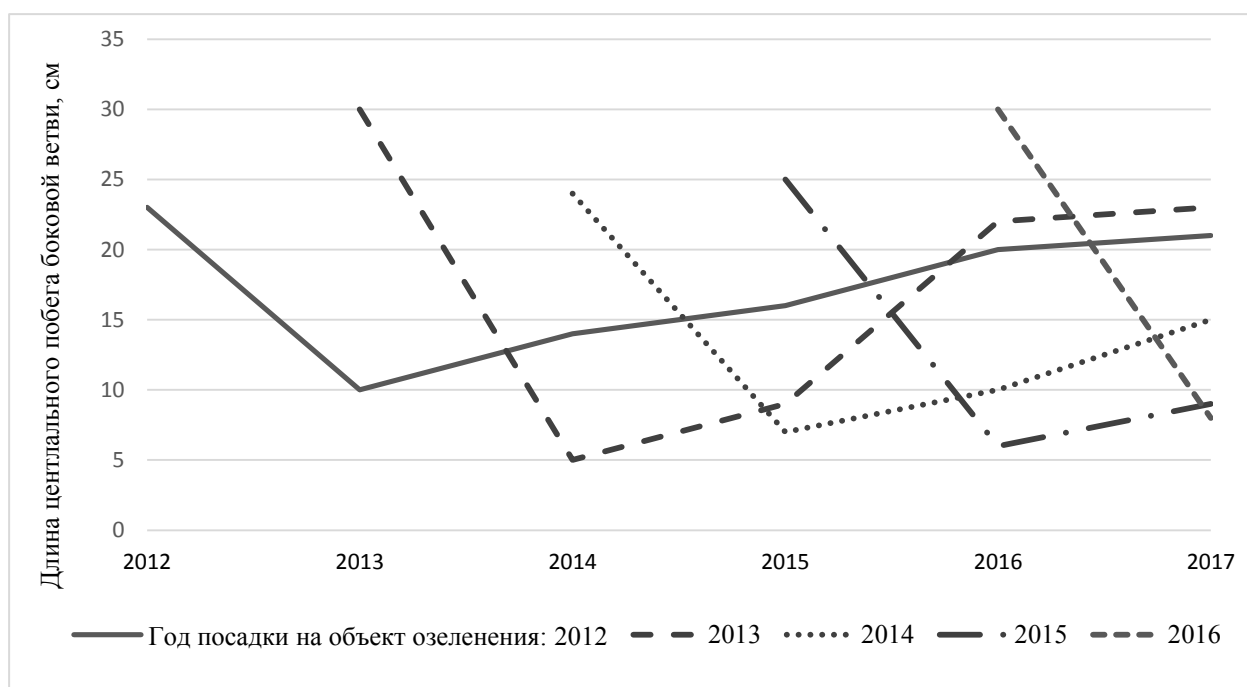


Рисунок 4.14 - Прирост центрального побега боковой ветви (высота крепления ветви 1,2 м)

4.4 Изменчивость ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной в различных условиях произрастания

Интенсивный процесс урбанизации обусловил ряд экологических проблем, связанных с резким ухудшением качества городской среды. Все это вызывает необходимость объективной оценки ее современного состояния и познания механизмов функционирования систем в интересах экологической безопасности человека в условиях техногенного стресса [Уфимцева, Терехина, 2005]. В

сложных экологических условиях городов зеленые насаждения выполняют ряд важных функций: средоформирующую, санитарно-гигиеническую, рекреационную, эстетическую, что во многом определяют степень комфортности городской среды и, следовательно, здоровье жителей [Шумовская, 2000; Маслов, 2001; Авдеева, 2000; Барайщук, Гайвас, 2005].

Деревья, произрастающие в урбанизированной среде, принимают на себя выбросы авто-транспортных потоков, промышленных предприятий, неблагоприятное изменение почвенных режимов (переуплотнение и засоление почвы, недостаток кислорода, повышенное содержание оксидов), что ведёт к замедлению или прекращению их нормального роста и развития. Древесные растения в городской среде, испытывают стресс в течение всей жизни, т. е. постоянно находятся в состоянии, при котором необходимы дополнительные затраты на компенсацию стрессовых воздействий. Достижение пороговых значений, лимитирующих антропогенных (острых или хронических) факторов нарушает сложившийся баланс, что приводит к потере устойчивости и преждевременной гибели растений.

У многолетних растений загрязняющие вещества вызывают изменение размеров, формы, количества органов, направления роста побегов или изменение плодоношения. Они накапливают в своих тканях загрязняющие вещества или вредные продукты метаболизма, образуемые под действием загрязняющих веществ, без видимых изменений. При превышении порога токсичности ядовитого вещества для данного вида проявляются различные ответные реакции, выражающиеся в изменении скорости роста и длительности фенологических фаз, биометрических показателей и, в конечном счете, снижении продуктивности.

В качестве объекта исследования в различных экосистемах используется сосна обыкновенная, древостой которой является индикатором техногенных эмиссионных воздействий. Данный вид широко распространен, не требователен к климатическим условиям и почве, легко переносит засуху и не страдает от заморозков, чувствителен к загрязнению. Достаточно изучены основные параметры отдельных деревьев и древостоя: радиальный и линейный прирост, продолжительность жизни хвои, наличие некроза и хлороза, жизненное состояние древостоя. Установлена зависимость их изменения от положения в рельефе и

удаленности от источника выбросов, давности последнего пожара, интенсивности рекреационной нагрузки. Отрицательно воздействуют на растения практически все выбросы, но особенно: оксиды серы, частицы тяжёлых металлов, соединения фтора, фотохимическое загрязнение, углеводороды, оксид углерода, содержащийся в выхлопных газах автомобилей. Растения рано стареют, редет деформируется крона, преждевременно желтеет и опадает хвоя. К примеру, в нормальных условиях хвоя сосны опадает через 4 года, а вблизи источников загрязнения атмосферы – значительно раньше. Особенно чутко реагирует сосна на загрязнения сернистым газом. Под влиянием токсиканта хвоя сосны в зонах сильного загрязнения приобретает тёмно-красную окраску, затем отмирает и опадает, просуществовав всего год. Периодическое воздействие оксидов азота и серы вызывает у сосны обыкновенной опадание хвои, которая сохраняется лишь на побегах последнего года. Рядом авторов данный вид рекомендован как перспективный для внедрения в практику биомониторинга [Зубарева, 1993; Матяшенко, 2001; Шелуха, 2001; Гераськин, 2005].

На основании этого, нами, на представленных выше 22 объектах озеленения г. Красноярска с различными уровнями техногенной нагрузки (на 9 объектах растения произрастают в критических условиях произрастания, 5 – в конфликтных, 6 – в напряженных и только 3 – в удовлетворительных), продолжены исследования сосны обыкновенной с целью выявления реакции ассимиляционного аппарата на воздействия окружающей среды города методом биоиндикации [Авдеева, Панов, 2017]. Результаты дендроиндикационных исследований экологического состояния городских территорий по состоянию хвои сосны обыкновенной на объектах озеленения г. Красноярска представлены рисунках 4.15, 4.16.

Тип условий произрастания	"Адрес" объекта	Классы повреждения и выседания хвои												Максимальный год	Класс повреждения	Состояние воздушной среды		
		Хвоя без пятен 1,1	Изображение		Хвоя с небольшим числом мелких пятен 2,1	Изображение		Хвоя с большим числом черных и желтых пятен. На хвоинках нет сухих участков 3,1	Изображение		Хвоя с большим числом черных и желтых пятен. На хвоинках усов кончик 3,2	Изображение					Хвоя с большим числом черных и желтых пятен. Усоча 1/3 хвоинки 3,3	Изображение
I	пос. Удачный	30													0	4	1	I - воздух идеально чистый
		34													0	3	1	I - воздух идеально чистый
		40													0	4	1	I - воздух идеально чистый
II	Церк	0			10									0	3	3	III - относительно чистый	
	Парк имени 1 Мая	0			20					10			0	3	3	III - относительно чистый		
	Ботанический бульвар	0			30					8			0	3	2	II - чистый		
	Сквер Мельникова	0			20					10			0	3	3	III - относительно чистый		
	УЗС	0			31					9			0	3	2	II - чистый		
	Ярицкий проезд	0			32					6			0	2	2	III - относительно чистый		

Рисунок 4.15 - Результаты исследований экологического состояния городских территорий по состоянию хвои сосны обыкновенной на объектах озеленения г. Красноярска

Типовой объект	Классы повреждения и величины хвои						Минимальный год	Класс повреждения	Состояние воздушной среды
	Хвоя без пятен 1,1	Хвоя с небольшим числом мелких пятен 2,1	Хвоя с большим числом черных и желтых пятен. На хвоинках нет сушевых участков 3,1	Хвоинки с большим числом черных и желтых пятен. На хвоинках утол кончики 3,2	Хвоинки с большим числом черных и желтых пятен. Утол 1/3 хвоинки 3,3	Хвоинки с большим числом черных и желтых пятен. Вся или большая часть хвоинки сухая 3,4			
III	Изображение	Изображение	Изображение	Изображение	Изображение	Изображение			
	0	1	0	20	30	0	2	3	IV - загрязненный
	0	1	0	28	22	0	3	3	IV - загрязненный
	0	0	0	24	16	0	2	2	IV - загрязненный
	0	0	0	40	10	0	2	3	IV - загрязненный
	0	0	0	40	10	0	2	3	IV - загрязненный
IV	ул. Королёва	0	0	40	6	4	2	3	V - грязный
	ТРЦ "Павел"	0	0	8	12	30	1	3	VI - очно грязный
	Леру Мериди	0	0	2	14	34	1	3	VI - очно грязный
	ул. 9 Мая	0	0	20	20	10	2	3	V - грязный
	Ботанический бульвар	0	0	22	18	10	2	3	V - грязный
	Балаш	0	0	10	32	8	2	3	V - грязный
	Красный	0	0	4	32	14	2	3	V - грязный
	Светлогорский переулок	0	0	28	16	6	2	3	V - грязный

Рисунок 4.16 - Результаты исследований экологического состояния городских территорий по состоянию хвои сосны обыкновенной на объектах озеленения г. Красноярска

В ходе исследования хвои сосны обыкновенной в возрасте от 8 до 50 лет, произрастающих на объектах озеленения с различной антропогенной нагрузкой установлено, что:

- максимальный возраст хвои на исследуемых объектах озеленения составляет 4 года (на двух из трех объектах озеленения, расположенных в удовлетворительных условиях произрастания), в минимальный – 1 год (на объектах озеленения, расположенных возле крупных автодорог с высокой интенсивностью автотранспорта);

- деревья, произрастающие в условиях фитосреды качество, которой оценивается как конфликтное, возраст хвои составляет 2 года, при этом значительная часть хвои повреждена;

- в ходе математической обработки были получены статистические значения показателей, отмечается значительная изменчивость показателей, что подтверждается разбросом средних значений длины хвои по всей совокупной выборке, разница в размерах составляет 73,8 мм. Среднее максимальное значение - 101,6 мм (абсолютное максимальное – 108 мм) отмечено на объекте озеленения Сквер «Мебелев», пр. Красноярский рабочий условия произрастания – напряженные, минимальное значение - 27,8 мм (в насаждениях возле цирка, условия произрастания – напряженные) ($V = 42,2\%$). В пределах одних условий произрастания наибольший разброс наблюдается в напряженных условиях произрастания. При этом в среднем в напряженных и конфликтных условиях произрастания отмечается увеличение длины хвои по сравнению с длиной хвои у растений, произрастающих в удовлетворительных условиях. В критических условиях произрастания наблюдается уменьшение размеров длины хвои и изменчивость признака (рис. 4.17). Изменчивость ширины хвои согласуется с данными по ее длине;

- полученные данные показали, что деревья сосны обыкновенной, произрастающие в условиях фитосреды, качество которой оценивается как удовлетворительное, имеют хвою возраст которой составляет 3 – 4 года, при этом 70 % исследуемой хвои не имеет повреждений, 30 % имеет незначительные (рис.

4.18). В критических условиях произрастания все исследуемые имеют признаки некроза (отмечены следующие классы усыхания хвои: 2 класс - 47 %, 3 – 28%, 4 – 25%), растения угнетены, преждевременно деградируют, отмечаются места посадок на которых отсутствуют растения (погибли и удалены) или в линейных посадках встречаются более молодые экземпляры (проведены заменены ранее погибших растений). Проявление хлорозов (лишение хвои зеленой окраски, т.е. разрушение хлорофилла) и некрозов (отмирание хвои) приводит к дефолиации (опадению хвои) и соответственно, к снижению ростовых процессов растений;

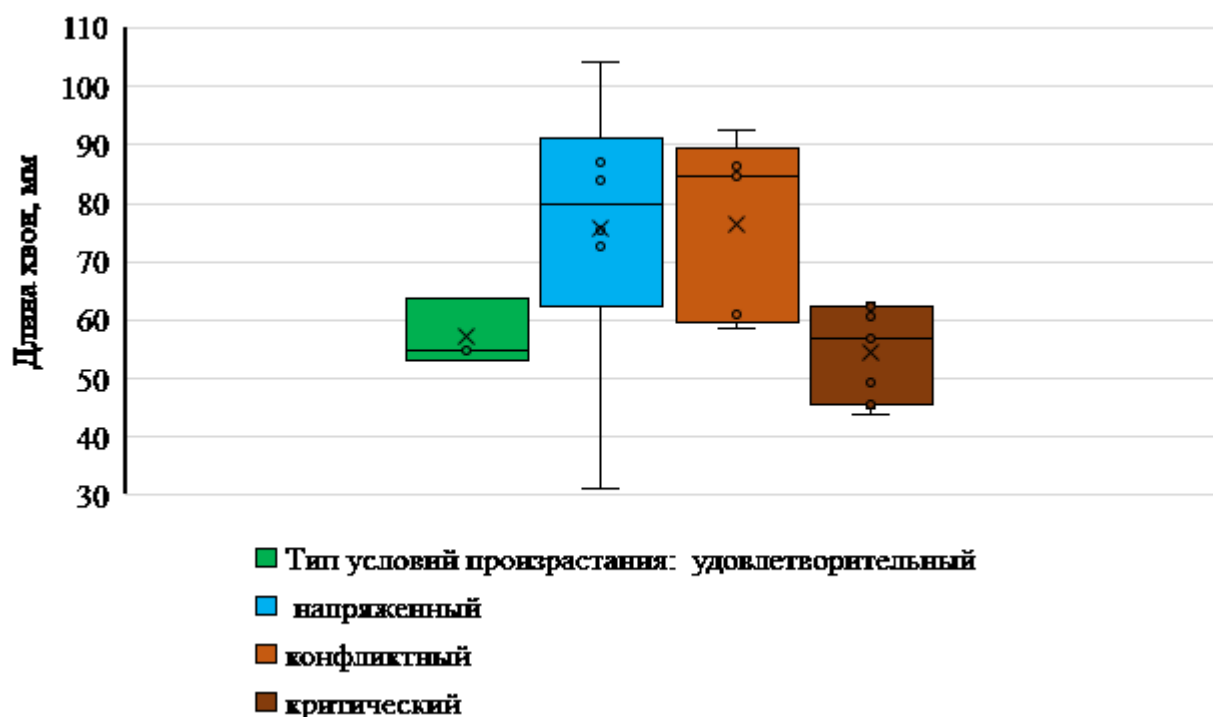


Рисунок 4.17 - Изменчивость длины хвои сосны обыкновенной в искусственных насаждениях г. Красноярск

- в ходе проведенных исследований установлена взаимосвязь возраста хвои, класса ее повреждения с качеством воздушной среды. Проанализировав данные установлено, что степень загрязнения атмосферного воздуха на исследуемых объектах городского озеленения изменяется от «чистого» на объектах озеленения условия произрастания которых классифицируются как удовлетворительные до «очень грязного», категория условий произрастания - критические (рис. 4.19), этому свидетельствуют показатели выраженности хлорозов и некрозов. Полученные данные согласуются с результатами исследований биометрических

параметров сосны обыкновенной на объектах городского озеленения Красноярска;

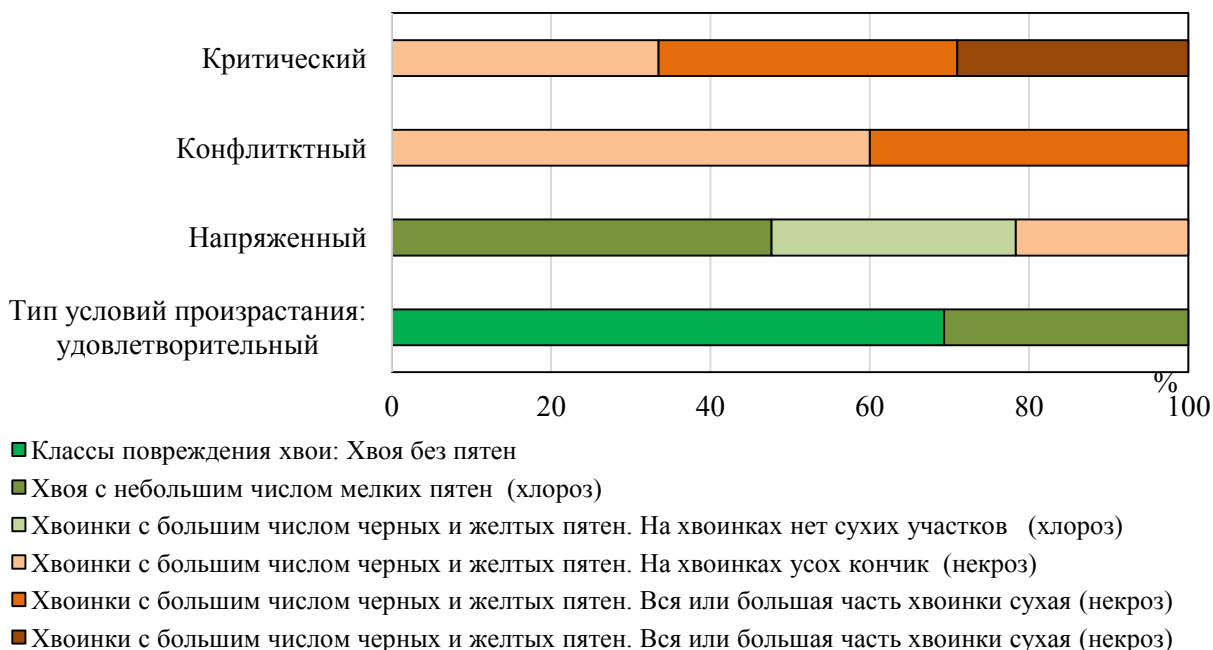


Рисунок 4.18 - Соотношение показателей повреждения хвои на объектах озеленения г. Красноярска с различным уровнем техногенной нагрузки

- один из исследуемых объектов «Ботанический бульвар» расположен в зоне с невысоким фоновым загрязнением окружающей среды, но растения произрастают на разделительной полосе автодороги. Реакция хвои сосны обыкновенной показала, что состояние воздушной среды в придорожной полосе с двух сторон от которой проходит значительный поток автотранспорта оценивается как «грязный». Надо отметить, что оценка состояния окружающей среды, выполненные различными методами, согласуются достаточно корректно, при этом оценка методом биотестирования дает четкую градацию.

Анализ возраста хвои сосны обыкновенной на отдельном объекте озеленения, произрастающей в виде массива (63 шт.), вдоль по ул. Обороны (возле МП «Управление зеленого строительства»), уходящего вглубь территории на 50 м от автодороги показал, что в придорожной полосе на расстоянии от автодороги до 2х метров возраст хвои составляет в основном 1 год, встречаются экземпляры с возрастом хвои 2 года; деревья с возрастом хвои 1 год встречаются на удалении от дороги до 15 м; при значительном удалении от автодороги возраст хвои увеличивается и с расстояния 42 м, встречаются экземпляры, возраст которых составляет 4 года; начиная с 3 м от автодороги наблюдаются деревья

сосны обыкновенной с возрастом хвои от 1 года до 3 лет. Таким образом, результаты анализа состояния ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной подтвердили высокую чувствительность данного вида, наличие реакции на изменения воздействий автотранспортного загрязнения. На основании данных наблюдений и, ранее проведенных исследований, рекомендуется по периферии посадок сосны обыкновенной создавать экранирующие насаждения из более устойчивых лиственных пород.

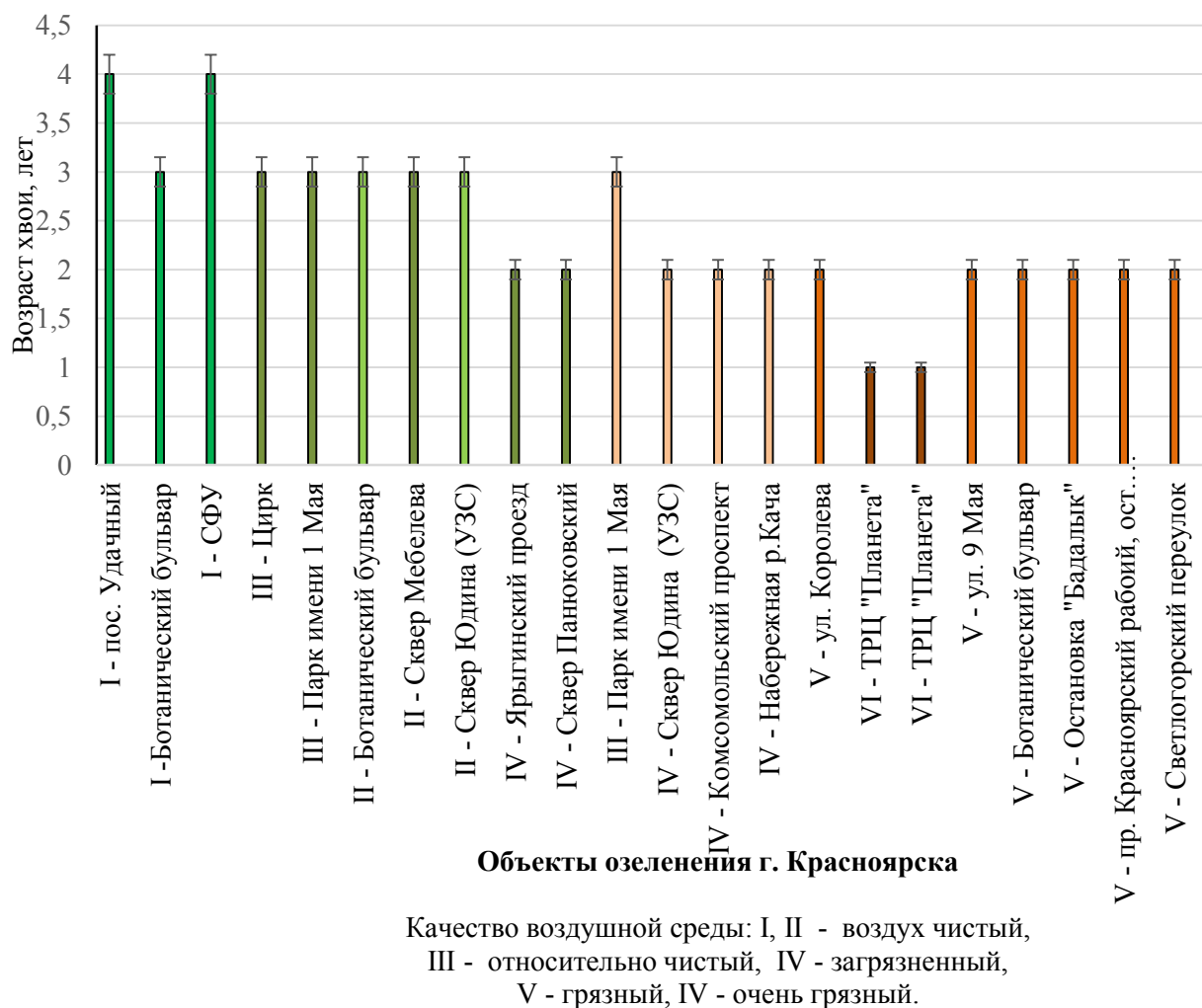


Рисунок 4.19 – Взаимосвязь возраста хвои и класса повреждения хвои сосны обыкновенной с качеством воздушной среды на объектах озеленения г. Красноярска

Таким образом, техногенное загрязнение городской среды воздействует на состояние хвои сосны обыкновенной, с возрастанием нагрузок происходит уменьшение геометрических параметров хвои, возрастание количества ее повреждений, сокращение продолжительности жизни хвои, при этом сосна обыкновенная достаточно чувствительно реагирует на изменения среды и может

быть использована в качестве вида-индикатора для оценки экологического состояния городов (при соблюдении требований, предъявляемых к растениям-индикаторам). Это обусловлено высокой скоростью реагирования на изменение состояния окружающей среды. Помимо того, хвойные растения пригодны для использования в качестве биоиндикаторов круглогодично, что дает возможность для проведения многолетних наблюдений за состоянием среды. По мере приближения к источнику загрязнения резко ухудшается состояние хвои и снижается продолжительность ее жизни.

4.5 Изменчивость прироста боковых ветвей сосны обыкновенной в городских посадках

В основе разнообразия жизни и сложности экосистем лежит порядок, обеспечивающий функционирование фундаментальных физических и биологических процессов. Свойство частей быть подобными всей структуре в целом называется самоподобием. Примеры самоподобия просматриваются в различных объектах и процессах, протекающих в естественной ландшафтной среде. Так строение и функционирование кроны деревьев лесного типа (сосна обыкновенная) с иерархической структурой организована на основе принципа самоподобия. Самоподобие предполагает, что масштабирование некоторого «эталонного» образа позволяет природе легко создавать сложную многомасштабную структуру [Розенберг, 2018]. На основании этого нами проведен анализ приживаемости деревьев сосны обыкновенной на объектах городского озеленения г. Красноярска по состоянию боковой ветви растения.

Установлено, что прирост зависит как от конкретной обстановки, в которой находится данный индивидуум, так и от его наследственной основы [Макаренко, 2016]. На основании этого нами подбирались объекты исследования – растения, выращенные в одном питомнике и высаженные на объекты озеленения, с различным уровнем антропогенного воздействия.

Для анализа и разработки трехмерных моделей строения боковых ветвей использовались деревья, произрастающие на объектах озеленения города

Красноярска с которых были срезаны модельные ветви из средней части кроны на высоте 1,2 метра, одинаково направленные во внешнюю сторону насаждения с южной стороны. Для исследования выбраны деревья сосны обыкновенной в возрасте от 8 до 20 лет, произрастающие на объектах городского озеленения (5 объектов) в г. Красноярске, с различным уровнем антропогенных нагрузок, с возрастом боковой ветви от 7 до 11 лет. Контрольными объектам исследования выступали экземпляры саженцев сосны, подготовленные для посадки на объекты озеленения г. Красноярска, выращенные в питомнике МП «Управления зеленого строительства», расположенном в с. Сухобузимское в 60 км от г. Красноярска (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – «Адрес» объекта исследования

№	«Адрес» объекта, особенности произрастания	Тип условий произрастания	Возраст, лет	
			деревя	модельной ветви
1	мкр. Удачный, озеленение малоэтажной застройки, удаленной от автодорог	удовлетворительный	18	10
2	Сквер «Победителей», в центральной части крупного сквера	напряженный	18	9
3	пр. Комсомольский, рядовые посадки, вдоль автодороги	конфликтный	20	11
4	ТК «Леруа Мерлен» (пр. Красноярский рабочий, 27, рядовая посадка, разделительная полоса между парковкой и автодорогой)	критический	14	7
5	ТРЦ «Планета» (ул. 9 Мая 77, озеленений парковки)	критический	18	11
6	Питомник МП «УЗС» 60 км от г. Красноярска, Сухобузимский район	контроль	8	4

Фотографии модельных ветвей и трехмерные модели представлены на рисунках 4.20 – 4.25.



Рисунок 4.20 – Трехмерная модель боковой ветви сосны обыкновенной, произрастающей в питомнике, контроль (Сухобузиский район, Красноярского края)

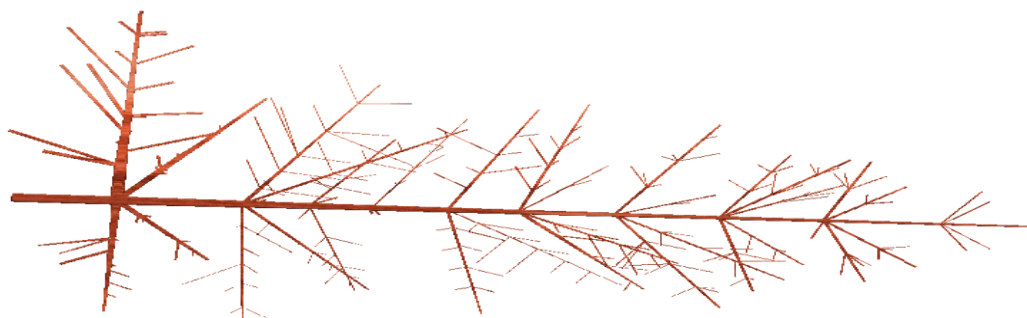


Рисунок 4.21 – Трехмерная модель боковой ветви сосны обыкновенной, произрастающей в удовлетворительных условиях г. Красноярска мкр. «Удачный»



Рисунок 4.22 – Трехмерная модель боковой ветви сосны обыкновенной, произрастающей в напряженных условиях г. Красноярска, сквер «Победителей»



Рисунок 4.23 – Трехмерная модель боковой ветви сосны обыкновенной, произрастающей в конфликтных условиях г. Красноярска, проспект Комсомольский

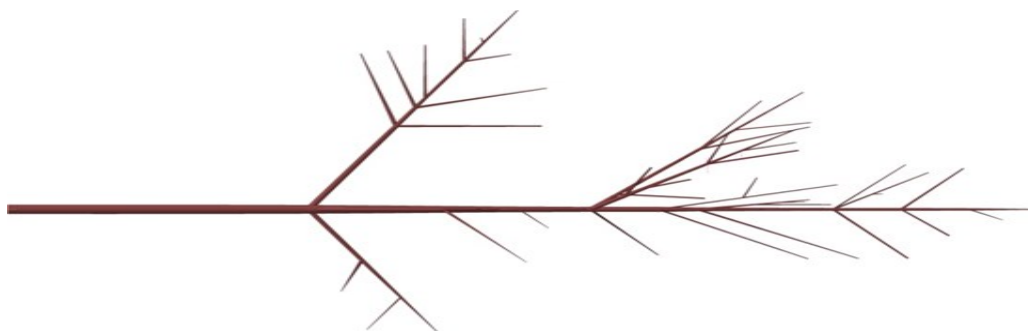


Рисунок 4.24 – Трехмерная модель боковой ветви сосны обыкновенной, произрастающей в критических условиях г. Красноярска, ТЦ «Леруа мерлен», пр. Красноярский рабочий

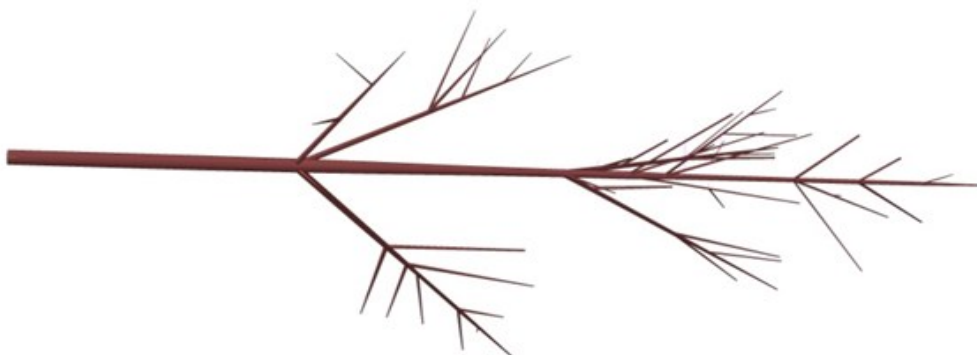


Рисунок 4.25 – Трехмерная модель боковой ветви сосны обыкновенной, произрастающей в критических условиях г. Красноярска, ТРЦ «Планета»

На основании полученных данных проведен анализ прироста осевого побега боковых ветвей (рис. 4.26), который показал, что:

- на боковой ветви саженца сосны обыкновенной в возрасте 4 лет, привезенной из питомника для посадки на объекты озеленения, на осевых побегах от четвертого порядка (крепление к стволу) до первого, установлено увеличение прироста: четвертого - 20 см (100 %), третьего - 21 (105 %), второго - 23 (115 %), первого - 24 (120 %);

- на всех объектах саженцы сосны обыкновенной в первый год после посадки на объекты озеленения резко снизили темпы роста. Величина снижения прироста относительно прироста предыдущего года (до пересадки) составила в удовлетворительных условиях – 46,7 %, в напряженных – 54,8 %, конфликтных – 55,0 и критических от 75,9 до 85,5 %;

- на второй год после посадки в трех типах условий произрастания (напряженном, конфликтном и критическом) прирост замедлился значительно больше первого года после пересадки, наибольшие потери прироста составили: в критическом типе произрастания – 89,6% (86,2), конфликтном – 86,2 %, в напряженном – 68,0%. В удовлетворительных условиях произрастания наблюдалось незначительное увеличение прироста – 3,3 % относительно величины прироста предыдущего года;

- в удовлетворительных условиях произрастания снижение прироста наблюдается только в первый год после пересадки, со второго года прирост начинает увеличиваться и к пятому превышает величину прироста в питомнике (102 %);

- в напряженных условиях, в сквере площадью 6 га, наблюдается практически полное восстановление величины прироста (85 %) и прослеживается тенденция его дальнейшего увеличения;

- на объектах озеленения, условия произрастания которых характеризуются как критические величина прироста осевого побега боковой ветви на третий год увеличивается, но в дальнейшем снова наблюдается снижение темпов прироста и к пятому году величина снижения составляет от 75 до 90 % относительно

прироста до пересадки (прирост составляет от 25 до 10 % от величины прироста до пересадки). Тенденция снижения прироста просматривается и в следующие годы роста сосны на объектах в данных условиях;

- разработанные трехмерные модели (в графическом редакторе «КОМПАС-3D V 19») боковых ветвей сосны обыкновенной, произрастающей в различных условиях г. Красноярска в возрастной динамике, позволят прогнозировать процессы развития ландшафтных композиций на объектах озеленения.

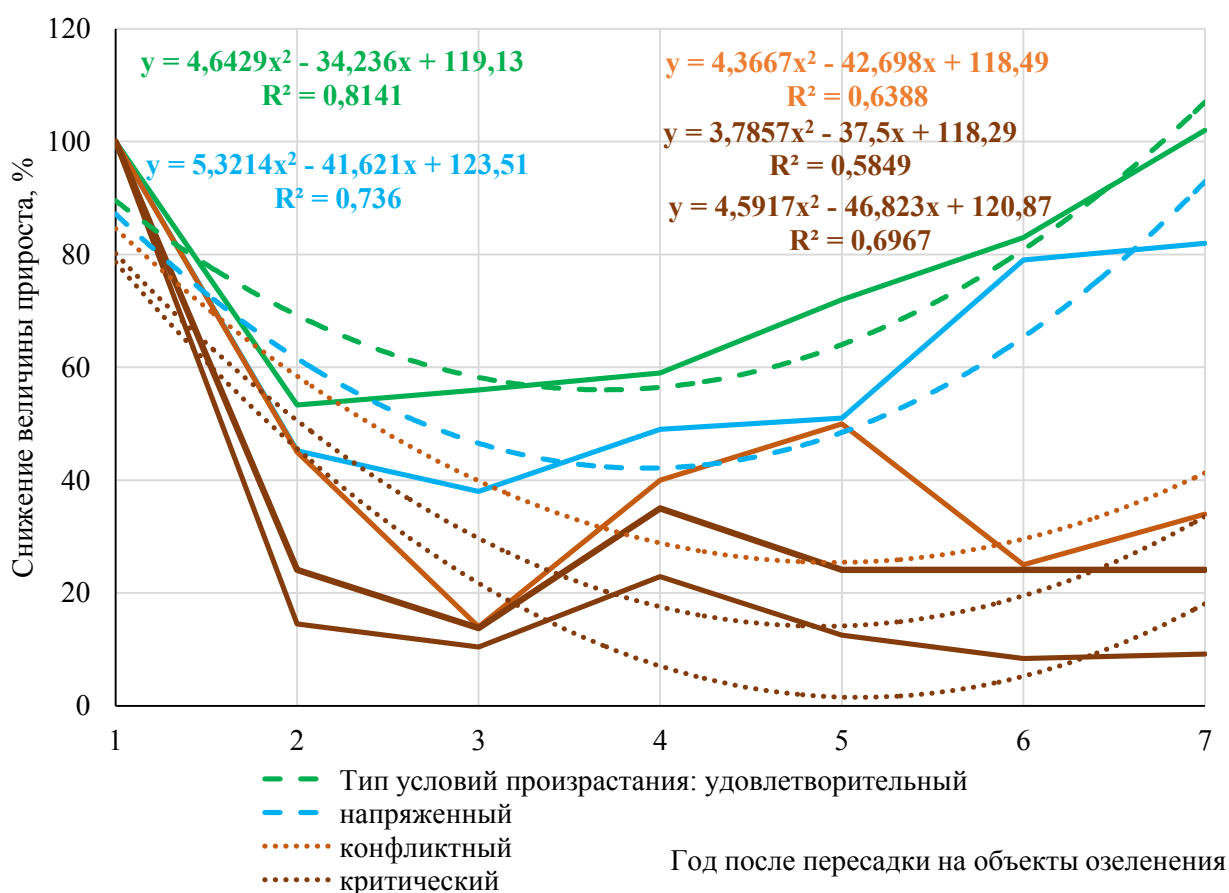


Рисунок 4.26 - Взаимосвязь прироста осевого побега боковой ветви сосны обыкновенной и уровня техногенной нагрузки на объектах озеленения

Величина снижения прироста характеризуется уравнением параболы второго порядка, в котором отражается снижение прироста после пересадки и его увеличение в последующие годы. Уравнения регрессии и критерии оценки, описывающие динамику прироста осевого побега боковой ветви (%) в период приживаемости сосны обыкновенной на объектах озеленения с различными условиями произрастания в г. Красноярске имеют вид:

$$y = 5,3214x^2 - 41,621x + 123,51 \quad R^2 = 0,736 \quad (4.5)$$

$$y = 4,6429x^2 - 34,236x + 119,13 \quad R^2 = 0,8141 \quad (4.6)$$

$$y = 4,3667x^2 - 42,698x + 118,49 \quad R^2 = 0,6388 \quad (4.7)$$

$$y = 3,7857x^2 - 37,5x + 118,29 \quad R^2 = 0,5849 \quad (4.8)$$

$$y = 4,5917x^2 - 46,823x + 120,87 \quad R^2 = 0,6967, \quad (4.9)$$

где Y – снижение прироста осевого побега, %, x – возраст, лет; R^2 – коэффициент детерминации.

Оценка восстановления темпа прироста осевого прироста после достижения минимальных значений представлена на графиках (рис. 4.27).

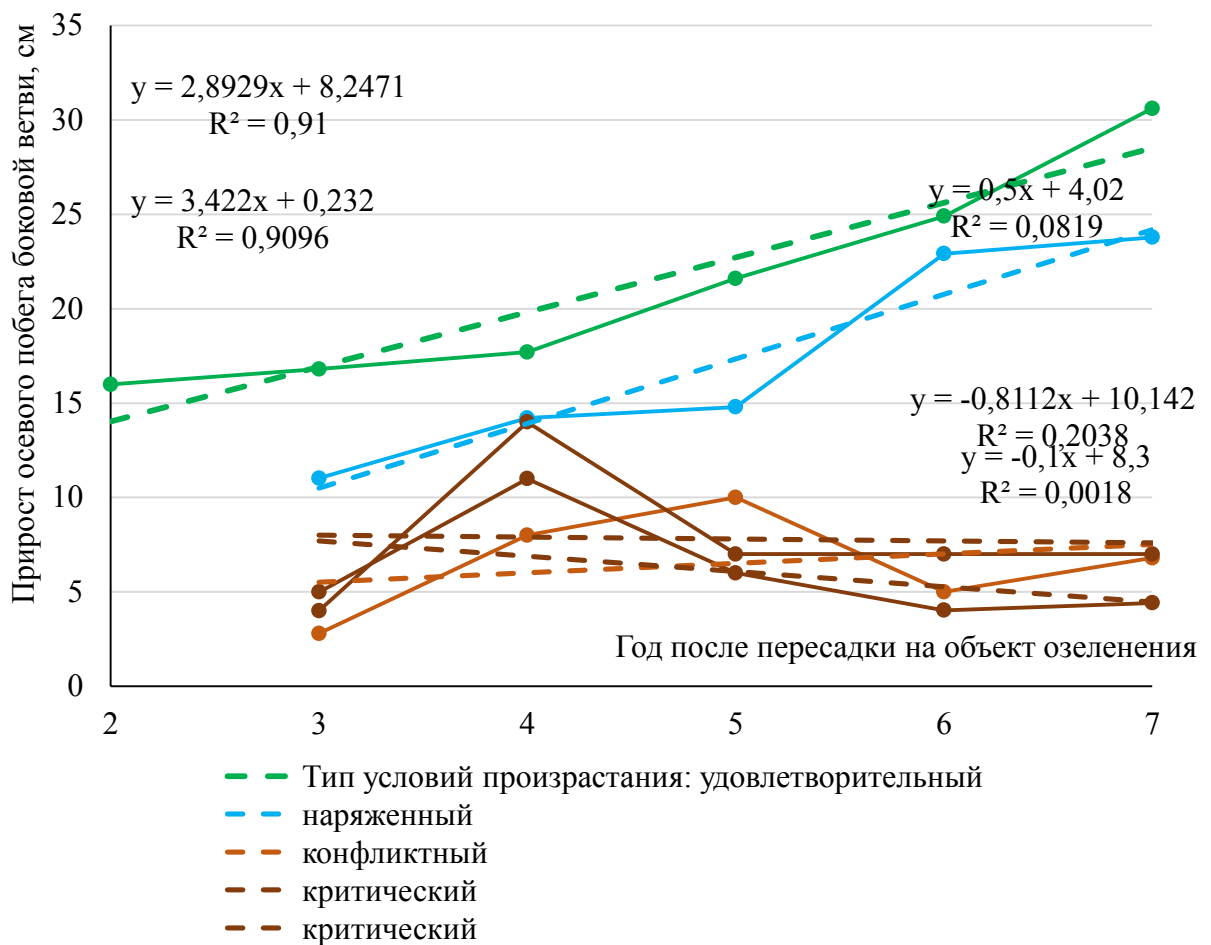


Рисунок 4.27 - Динамика прироста осевого побега боковой ветви в период адаптации сосны обыкновенной на объектах озеленения с различными условиями произрастания в г. Красноярске

Линейные уравнения связи и критерии оценки прироста (см) осевого побега боковой ветви после достижения минимального значения сосны обыкновенной на

объектах озеленения с различными условиями произрастания в г. Красноярске имеют вид:

$$y = 2,8929x + 8,2471 \quad R^2 = 0,91 \quad (4.10)$$

$$y = 3,422x + 0,232 \quad R^2 = 0,91 \quad (4.11)$$

$$y = 0,5x + 4,02 \quad R^2 = 0,082 \quad (4.12)$$

$$y = -0,8112x + 10,142 \quad R^2 = 0,21 \quad (4.13)$$

$$y = -0,1x + 8,3 \quad R^2 = 0,10 \quad (4.14)$$

где Y – линейный прирост осевого побега, %, x – возраст, лет; R^2 – коэффициент детерминации.

Уравнения, описывающие прирост осевого побега боковой ветви после достижения минимального прироста на объектах озеленения условия произрастания которых, характеризуются как удовлетворительные и напряженные имеют тесную положительную связь, у растений после адаптации прирост увеличивается до уровня в питомнике (теснота связей от высокой до слабой). Прирост у растений, произрастающих на объектах озеленения уровень техногенной нагрузки на которых характеризуется как критический, имеют обратную (отрицательную) связь, растения продолжают снижать линейный прирост побегов, что проявляется и на жизненном состоянии растений. На данных объектах складываются условия, которые приводят к деградации сосны обыкновенной, к ее преждевременному биологическому старению и гибели. В период адаптации на объектах с критическими условиями произрастания погибает до 40 % растений, у 95 % растений значительно снижается индекс жизненного состояния.

Полученные данные о динамике линейного прироста позволяют прогнозировать сроки приживаемости сосны обыкновенной на объектах городского озеленения, оценить динамику их восстановления (ослабления), разработать мероприятия по уходу, создавать насаждения по структуре и видовому составу адекватные условиям среды.

4.6 Изменчивость ассимиляционного аппарата осевого побега боковой ветви сосны обыкновенной

Рядом авторов установлено что, хвоя сосны обыкновенной достаточно чувствительна к условиям окружающей среды [Правдин, 1964, Wood, 1972], что позволяет использовать ее как критерий оценки лесорастительных условий [Бабич, 2010; Костин, 1986; Надуткин, 1972; Феклистов, 1990; Borgman, 2015], как индикатор загрязнения атмосферного воздуха [Торлопова, 2003; Ballarin-Denti, 1998], как показатель жизненного состояния конкретного дерева и насаждения в целом [Николаевский, 1989; Онучин, 1995; Серебряков, 1962; Herrero, 2014], длина хвои сосны характеризуется сильной изменчивостью, которая проявляется как на уровне индивидуума [Бабич, 2010; Ковалев, 1984; Феклистов, 2006; Феклистов, 2014], так и на географическом уровне [Бабич, 2004; Правдин, 1964], под генетическим контролем [Наквасина, 2009; Правдин, 1964; Nikolić, 2015; Simple Key to the Pines, 1951].

Для оценки состояния сосны обыкновенной на городских объектах озеленения проведен анализ биометрических параметров ассимиляционного аппарата осевого побега боковой ветви по следующим показателям: линейный прирост осевого побега боковой ветви с хвоей, охвоенность побегов, дихромация хвои, а также - оценка среднего возраста хвои растений, произрастающих на объектах городского озеленения с различным уровнем антропогенных нагрузок (рис. 4.28). Средние статистические показатели линейного прироста осевого побега боковой ветви сосны обыкновенной на объектах озеленения г. Красноярск, представлены в таблице 4.3, длина хвои и прирост побегов представлены на рисунках 4.29.

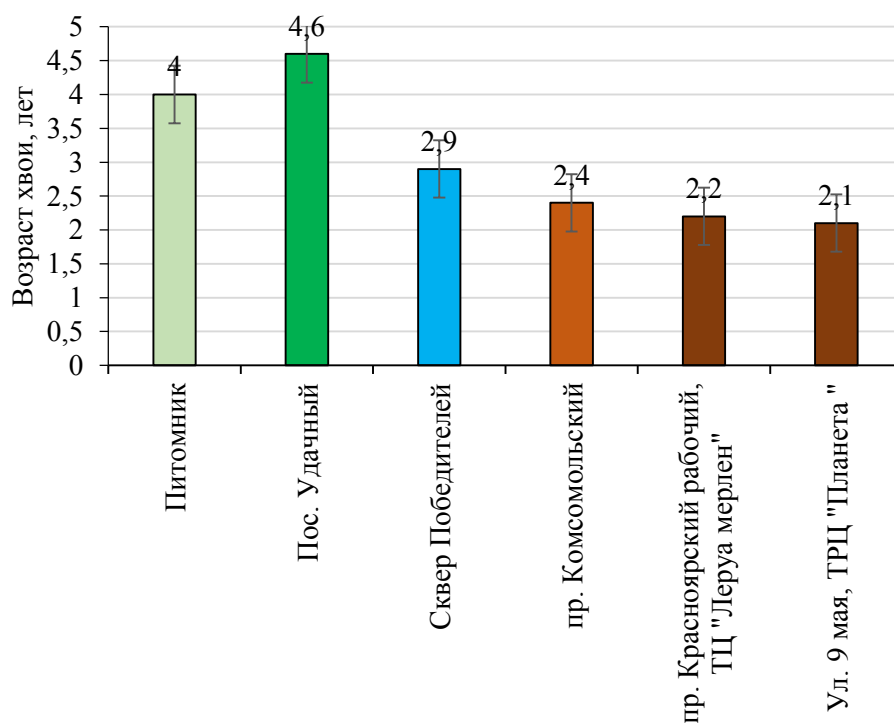


Рисунок 4.28 - Средний возраст хвои на осевом побеге боковой ветви сосны обыкновенной на объектах исследования

Таблица 4.3 – Средние статистические показатели прироста осевого побегов сосны обыкновенной с хвоей на объектах озеленения г. Красноярска

Возраст осевого побега, лет	Среднее арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Стандартное отклонение	Ошибка среднего	Дисперсия	Коэффициент вариации	Точность опыта	Достоверность среднего значения
	$M, \text{ см}$	$M_{\text{max}}, \text{ см}$	$M_{\text{min}}, \text{ см}$	σ	$\pm m$	σ^2	$V, \%$	$P, \%$	$t_{0,5}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
«Адрес» объекта, особенности произрастания: мкр. Удачный, озеленение малоэтажной застройки, удаленность от автодорог Тип условий произрастания: удовлетворительный									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1(2017)	24,01	28,20	22,00	3,18	1,78	10,09	7,56	7,42	13,47
2(2016)	27,97	30,50	23,30	2,53	1,59	6,42	11,03	5,69	17,57
3(2015)	28,81	32,00	26,40	2,21	1,49	4,90	13,01	5,17	19,36
4(2014)	30,07	34,30	26,40	2,61	1,62	6,82	11,51	5,37	18,61
5(2015)	26,23	28,30	23,60	1,59	1,26	2,52	16,51	4,81	20,81

«Адрес» объекта, особенности произрастания: Сквер «Победителей», в центральной части крупного сквера Тип условий произрастания: напряженный									
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
1(2017)	22,48	26,10	18,00	2,16	1,47	4,68	10,40	6,54	15,29
2(2016)	25,45	29,10	23,80	1,54	1,24	2,37	16,53	4,87	20,51
3(2015)	23,43	26,10	18,00	2,29	1,51	5,24	10,24	6,46	15,49
«Адрес» объекта, особенности произрастания: пр. Комсомольский, рядовые посадки, вдоль жилых зданий (5 – 10 м от автодороги) Тип условий произрастания: конфликтный									
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
1(2017)	7,47	10,20	5,20	1,69	1,30	2,86	4,42	17,41	5,75
2(2016)	5,50	7,50	4,20	1,26	1,12	1,60	4,35	20,45	4,89
3(2015)	6,93	11,30	4,30	2,01	1,42	4,03	3,45	20,44	4,89
«Адрес» объекта, особенности произрастания: ТК «Леруа Мерлен» (пр. Красноярский рабочий, 27, рядовая посадка, разделительная полоса между парковкой и автодорогой) Тип условий произрастания: критический									
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
1(2017)	7,47	10,20	5,20	1,69	1,30	2,86	4,42	17,41	5,75
2(2016)	5,50	7,50	4,20	1,26	1,12	1,60	4,35	20,45	4,89
3(2015)	6,93	11,30	4,30	2,01	1,42	4,03	3,45	20,44	4,89
«Адрес» объекта, особенности произрастания: ТРЦ «Планета» (ул. 9 Мая 77, озеленение парковки) Тип условий произрастания: критический									
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
1(2017)	5,18	6,10	3,80	0,67	0,82	0,45	7,70	15,84	6,31
2(2016)	4,78	5,90	3,90	0,68	0,82	0,46	7,03	17,25	5,80
3(2015)	7,23	8,40	5,90	0,86	0,93	0,74	8,43	12,81	7,81
«Адрес» объекта, особенности произрастания: Питомник, Сухобузимский район (60 км от г. Красноярска), контроль Тип условий произрастания: удовлетворительный									
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
1(2017)	24,01	28,10	18,10	2,70	1,64	7,30	8,89	6,85	14,61
2(2016)	23,14	26,30	18,60	2,24	1,50	5,00	10,35	6,46	15,48
3(2015)	21,26	24,50	13,20	3,39	1,84	11,49	6,27	8,66	11,55
4(2014)	20,36	25,20	14,50	3,09	1,76	9,54	6,59	8,63	11,58

В результате проведенного анализа установлено, что:

- максимальный возраст хвои – 5 лет установлен в мкр. Удачный, условия произрастания на данном объекте оцениваются как удовлетворительные; минимальный – 1 год, наблюдался на объектах, расположенных в критических условиях;

- максимальный размер прироста осевого побега боковой ветви – 34,3 см наблюдается в удовлетворительных условиях произрастания, минимальный – 3,8 см на объекте, расположенном возле парковки крупного торгового комплекса (критические условия произрастания), отличие в размерах составляет в 9 раз, наибольшая изменчивость в конфликтных условиях ($V=70\%$).

- в напряженных условиях произрастания размер прироста соответствует приросту в питомнике;

- наибольший разброс значений прироста наблюдается в конфликтных условиях произрастания, размах диапазона минимальных и максимальных значений составляет 70%.

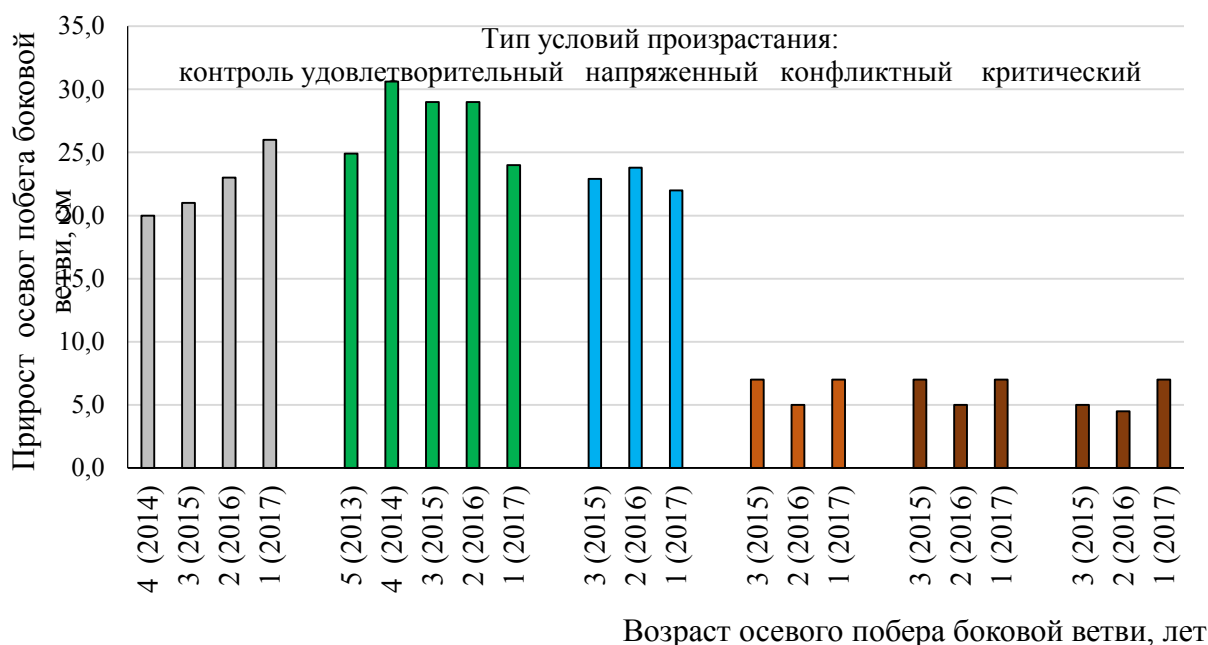


Рисунок 4.29 - Прирост осевого побега боковой ветви с хвоей сосны обыкновенной в зависимости от условий произрастания, лет

Анализ деформации и дефолиации крон растений на данных объектах показал, что:

- растения из питомника поступают с равномерно развитой кроной, все обследованные саженцы отвечали требованиям ГОСТ, класс дефолиации крон и ветвей соответствовал – 0 (норма), с правильной формой кроны, хорошо охвоенными побегами, с возрастом хвои 4 года;

- с возрастном на объектах озеленения происходят значительные изменения состояния крон и хвои, к 7-летнему возрасту боковой ветви (возраст дерева – 15 лет) в критических условиях роста форма кроны имеет сильную степень дефолиации, более 50 % опавшей хвои, что соответствует 3 классу; форма крон искажена, часто однобока, имеет флагообразный вид, густота кроны – менее 20% по сравнению со здоровыми экземплярами, более 70% ветвей бледно-зеленого и желтоватого цвета, кроне есть полностью усохшие ветви;

- на объектах с удовлетворительным типом произрастания отмечаются особи с возрастом хвои 5 лет, практически без признаков повреждения хвои, кроны, густоохвоенные, хвоя зеленого цвета;

- по городу отмечается значительный разброс значений показателей, характеризующих состояние сосны обыкновенной, от совершенно «здоровых» до «усыхающих».

Сохранность хвои или степень охвоенности рассматривают как особенность физиологического состояния сосны обыкновенной в эколого-географических районах [Правдин, 1964]. Так как хвоя достаточно чувствительна к условиям окружающей среды, что проявляется в сильной изменчивости показателей, это позволяет использовать ее как критерий оценки условий произрастания. На рисунке 4.30 представлена динамика густоты охвоения и длины хвои осевого побега боковой ветви сосны, произрастающих в различных условиях г. Красноярска, состояние крон на рис. 4.31.

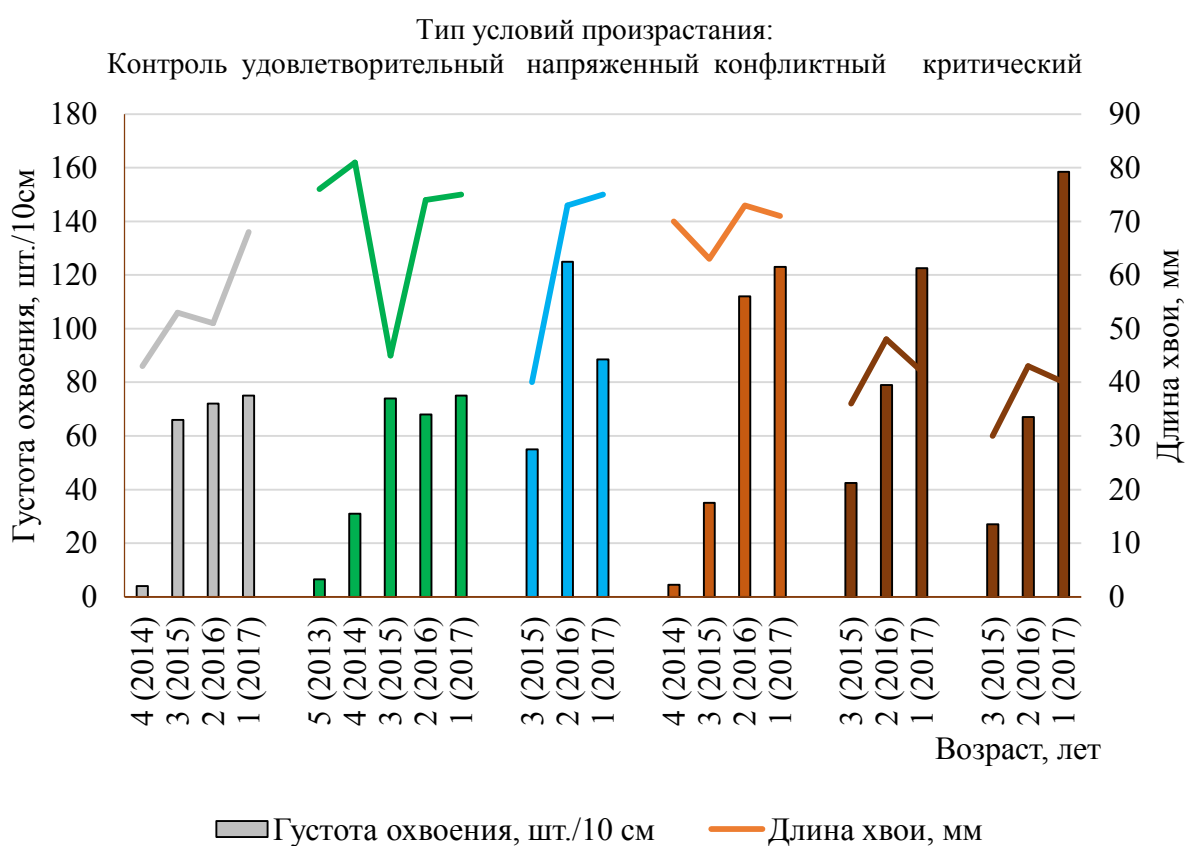
Анализ полученных результатов показал:

- с увеличением техногенных нагрузок увеличивается охвоенность побегов, прослеживается закономерность зависимости длины хвои от уровня антропогенных нагрузок, охвоенность побегов деревьев, произрастающих в критических условиях в 2,1 раза выше густоты охвоенности, чем у растений, растущих в удовлетворительных условиях;

- густота охвоения уменьшается с возрастом побега, при этом растения, в сложных техногенных условиях преждевременно сбрасывает хвою и к третьему году жизни охвоенность побега снижается в напряженных условиях на 29,5 %,

конфликтных – 39,1 %, критических от 65 до 82,9 %. В удовлетворительных условиях и в питомнике охвоенность побега остается практически на одном уровне (снижение составляет 1,3 %);

- в динамике длины хвои отмечено синхронное снижение ее длины в 2015 году в возрасте 3 лет, в удовлетворительных условиях произрастания снижение длины хвои составило 39,5 %, напряженных – 45 %, конфликтных – 18,1 %, критических – 25 % (в данных условиях растения имеют сильную степень угнетения, их реакции на погодные колебания значительно снижены).



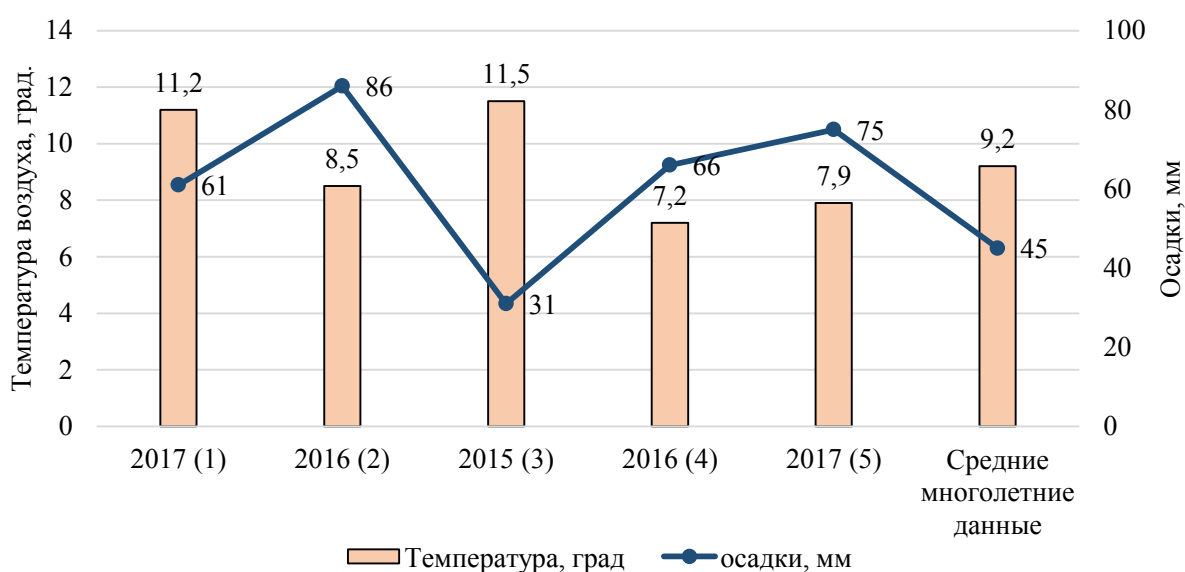
1,2, 3, 4, 5 – возраст хвои, лет; 2017, 2016, 2015, 2014, 2013 – календарный год роста хвои

Рисунок 4.30 - Динамика густоты охвоения и длины хвои осевого побега боковой ветви сосны, произрастающей в различных условиях г. Красноярск



Рисунок 4.31 - Состояние крон сосны обыкновенной на объектах городского озеленения

Рядом авторов установлено, что параметры хвои в значительной степени, реагируют на изменение микроклиматических показателей [Каменецкая, 1973; Кищенко, 1978; Патов, 1985; Смирнов, 1964; Junttila, 1981; Онучин, 1995]. Анализ погодных условий 2015 года показал, что в мае и начале июня отмечены значительные отклонение значений температуры воздуха (t°) и количества осадков от средних многолетних значений. В мае 2015 года в течение 10 дней погодные условия характеризовались как жаркие (t° воздуха была выше 20° С, без осадков, скорость ветра менее 1 м/с), отмечено повышение температуры по сравнению с 2014 годом на 37 %, с 2016 – на 26 % (рис. 4.32). При этом количество выпавших осадков в мае 2015 года составило 31 мм, что на 54% меньше предшествующего 2014 года и на 63% последующего 2016 года. Разница со средними многолетними значениями составила 31% (рис. 4.31). Результаты корреляционного анализа длины хвои и характеристик погодных условий представлены в таблице 4.4.



(1), (2), (3), (4), (5) – возраст хвои, лет

Рисунок 4.32 - Сочетание температуры воздуха и количества осадков в мае 2013 - 2017 г.

Между длиной хвои и характеристиками погодных условий установлены значительные корреляционные связи, при этом отмечена отрицательная связь между температурой воздуха и длиной хвои – повышение температуры при

снижении осадков ведет к уменьшению длины хвои, и положительная связь между количеством осадков и длиной хвои.

Таблица 4.4 - Результаты корреляционного анализа длины хвои сосны обыкновенной и характеристик погодных условий (май 2015 г.)

Объекты озеленения, тип условий произрастания	Температура воздуха, °C		Осадки, мм	
	r	R ²	r	R ²
Питомник - контроль	0,77	0,59	-0,14	0,02
мкр. Удачный - удовлетворительный	-0,71	0,51	0,82	0,68
Сквер "Победителей" - напряженный	-0,53	0,29	0,87	0,75
пр. Комсомольский – конфликтный	-0,58	0,33	0,94	0,88
ТРЦ "Планета" - критический	-0,99	0,98	0,94	0,89
ТК «Леруа Мерлен» - критический	-0,74	0,55	0,97	0,94

r – коэффициент корреляции, R² - коэффициент детерминации, P < 0,05

В 2015 году сочетание повышенных температур и пониженного количества осадков (относительно средних многолетних значений), большого числа безоблачных дней привело к «обгоранию» хвои у ели колючей и образованию солнечных ожогов (трещин) у липы мелколистной на объектах озеленения города. При этом установлено, что в питомнике (с. Сухобузимское, Красноярский край) в зависимости от состояния почвы, проводится полив саженцев, чем и было сглажено влияние погодных условий на длину хвои саженцев, произрастающих в питомнике. Полученные данные подтверждаются результатом корреляционного анализа – связь между длиной хвои и осадками очень слабая (r = 0,02). Условия увлажнения, которые складывались в мае 2015 года, были не типичными для данной зоны, в этот период растения находились в сложных условиях, они испытывали острый недостаток влаги в период интенсивного роста.

Температурный режим на городских объектах озеленения, невозможно существенно изменить. При этом необходимо учитывать, что помимо естественных условий, он еще дополнительно варьирует в зависимости от затенения зданиями. Зеленые насаждения, получают дополнительный нагрев от твердых поверхностей зданий, тротуаров, автодорог. На тепловой режим

отдельных участков населенных пунктов также большое влияние оказывают тепловые сети. Тепловой режим на участках, которые расположены над подземными тепловыми сетями на 3 - 8 градусов выше в период отопительного сезона.

Несмотря на то, что охвоенность побегов повышается с возрастанием антропогенных нагрузок (практически в 2 раза по сравнению с удовлетворительными условиями роста) суммарная длина хвои на объектах с высоким уровнем загрязнения резко снижается (в 11 раз) за счет уменьшения длины побега, длины хвои и ее низкой сохранности на приростах начиная со второго года и практически отсутствия на побегах третьего года (рис. 4.33).

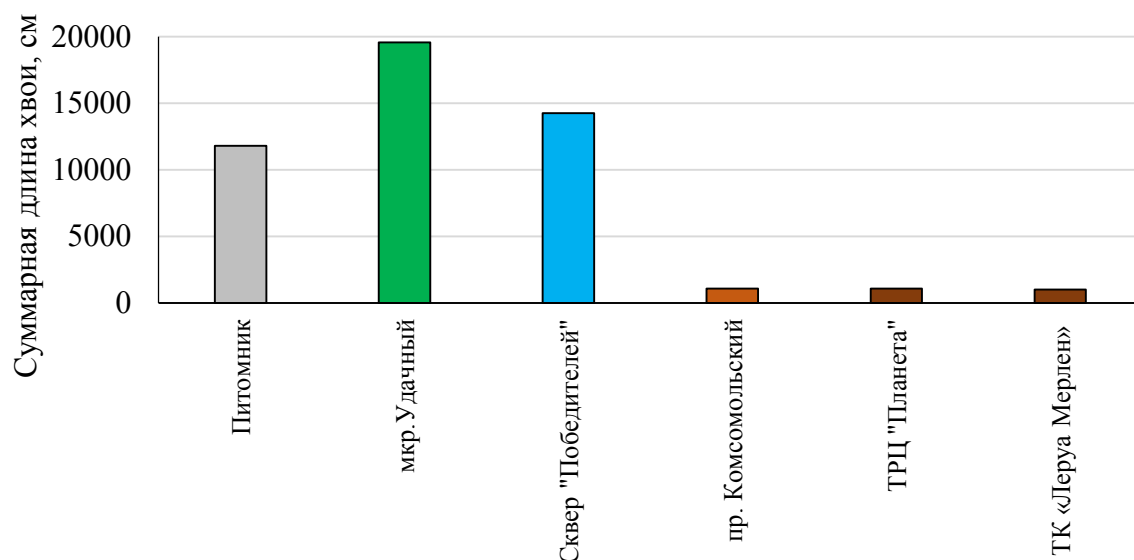


Рисунок 4.33 - Суммарная длина хвои на боковой ветви сосны обыкновенной на объектах озеленения с различным техногенным загрязнением

Таким образом, при разработке технологий по уходу за насаждениями сосны обыкновенной на объектах озеленения г. Красноярска, необходимо ориентироваться на естественные условия увлажнения, но принимать дополнительные меры, адекватные сложившимся условиям (дополнительный полив, «дождевание» крон). При использовании индикаторных возможностей хвои сосны обыкновенной необходимо вводить поправки на колебания климатических условий, так как динамика морфометрических параметров хвои обусловлена и погодными условиями.

Выводы по главе

1. Оценка объектов озеленения проводилась на основе анализа техногенных, рекреационных, автотранспортных и градостроительных нагрузок, полученные данные позволили классифицировать территории на 4 типа условий произрастания растений: удовлетворительный – охватывает территории со значениями загрязняющих веществ близких к ПДК, на которых практически отсутствуют источники нарушения природной среды, *напряженный* – характеризуется умеренным загрязнением атмосферного воздуха, отдельные негативные техногенные процессы и явления, нарушены технологические приемы по уходу за зелеными насаждениями, превышены нормы рекреационной нагрузки на объекты озеленения; *конфликтные* условия расположены на территориях вблизи промышленных предприятий, вдоль автомагистралей с интенсивным движением транспорта, отмечается сильное загрязнение атмосферы, почв, рекреационные нагрузки; критический – территории с наибольшим количеством выбросов и максимальными концентрациями загрязняющих веществ от промышленных предприятий и автотранспорта.

2. В целом по городу ИЖС варьирует от 100 до 15, закономерно снижаясь в критических условиях произрастания. В удовлетворительных условиях 57 % деревьев оцениваются как «здоровые», «ослабленных» деревьев встречается 43 %, «сильно поврежденных» и «отмирающих» – не обнаружено. Наибольшие повреждения отмечены в критических условиях, жизненное состояние деревьев сосны обыкновенной оценивается: «сильно ослабленные» – 44 %, «отмирающие» – 56 %. Особенно значительно прослеживается тенденция снижения жизненного состояния сосны в период адаптации растений после пересадки, ИЖС снижается до 15, (у 10 летних растений - второй год после пересадки), растения оцениваются как «очень ослабленные» и даже «отмирающие», их произрастание возле парковки крупных торговых центров способствует значительному снижению жизненного состояния растений. Оценка условия произрастания растений по данной методике, позволяет прогнозировать жизненное состояние растений,

принимать адекватные решения по уходу за насаждениями или целесообразности проведения посадок сосны в данных условиях.

3. Во всех условиях произрастания, прослеживается период приживаемости растений к новым условиям, (несколько лет после их пересадки на объекты озеленения), что сказывается на снижении (от 18 до 75 единиц) индекса жизненного состояния деревьев в зависимости от экологической напряженности условий произрастания.

4. Рост насаждений сосны обыкновенной по высоте в условиях урбанизированной среды достоверно описывается уравнением Мичерлиха. По различию в темпах роста по высоте выделено 4 типа, что соответствует количеству типов условий произрастания для насаждений г. Красноярск. Снижение высоты к 50-летнему возрасту достигает в напряженных условиях 26,7 %, в конфликтных – 33,5%, в критических – 36% (до 6 м) по сравнению с ростом по высоте в удовлетворительных условиях. Высота насаждений, произрастающих в критических экологических условиях соответствует высоте насаждений IV класса бонитета, в удовлетворительных – второму. Полученные результаты позволили составить ряды хода роста сосны обыкновенной в соответствии с условиями произрастания в урбанизированной среде г. Красноярск

5. Техногенные воздействия городской среды влияют на состояние хвои сосны обыкновенной, с возрастанием нагрузок снижается возраст хвои (в удовлетворительных условиях возраст составляет 3 – 4 года, при этом 70 % исследуемой хвои не имеет повреждений, в критических – все исследуемые экземпляры имеют признаки некроза, возраст хвои снижается до 1 – 2 лет. Таким образом, сосна обыкновенная достаточно чувствительно реагирует на изменения среды и может быть использована в качестве вида-индикатора для оценки экологического состояния городов.

6. Анализ прироста осевого побега боковых ветвей показал, что на всех объектах саженцы в первый год после пересадки на объекты озеленения резко снизили темпы роста, максимальная величина снижения прироста относительно прироста предыдущего года (до посадки) составила в критических условиях до

85,5 %; на второй год в трех типах условий произрастания (напряженном, конфликтном и критическом) также отмечено снижение прироста, в удовлетворительных условиях наблюдалось незначительное увеличение прироста – 3,3 % относительно величины прироста предыдущего года; в критические – величина прироста на третий год увеличилась, но в дальнейшем снова наблюдается снижение темпов прироста и к пятому году величина снижения составляет от 75 до 90 % относительно прироста до пересадки. Величина снижения прироста характеризуется уравнением второго порядка, в котором отражается снижение прироста после пересадки и его увеличение в последующие годы.

7. Уравнения связи прироста осевого побега боковой ветви после достижения минимальных значений на объектах с удовлетворительными и напряженными условиями имеют тесную положительную связь, у растений в конфликтных и критических – обратная (отрицательная) связь, растения продолжают снижать линейный прирост побегов, что проявляется и на жизненном состоянии растений. В период адаптации на объектах с критическими условиями произрастания погибает до 40 % растений, у 95 % растений значительно снижается индекс жизненного состояния. Полученные данные о динамике линейного прироста позволяют прогнозировать сроки приживаемости сосны обыкновенной на объектах городского озеленения, оценить динамику их восстановления (ослабления), разработать мероприятия по уходу, создавать насаждения по структуре и видовому составу адекватные условиям среды.

8. Анализ морфометрических параметров ассимиляционного аппарата осевого побега боковой ветви по следующим показателям выявил: максимальный возраст хвои – 5, минимальный – 1 год; максимальный размер прироста осевого побега боковой ветви дерева, произрастающего в удовлетворительных условиях, превышает аналогичный показатель в критических – в 9 раз; наибольшая изменчивость в конфликтных условиях ($V=70\%$).

9. Установлено, что с увеличением техногенных нагрузок увеличивается охвоенность побегов, в критических условиях в 2,1 раза выше чем у растений,

растущих в удовлетворительных. Несмотря на повышении охвоенности суммарная длина хвои резко снижается (в 11 раз) при высоких уровнях антропогенных воздействий за счет уменьшения длины побега, длины хвои и ее низкой сохранности на приростах второго года и практически отсутствия на побегах третьего года.

10. В динамике длины хвои отмечено синхронное снижение ее длины в возрасте 3 лет (2015 год) на всех исследуемых объектах: в удовлетворительных условиях на 39,5 %, напряженных – 45 %, конфликтных – 30,1 %, критических – 25 % (растения имеют сильную степень угнетения, их реакции на погодные колебания сглажены). Между длиной хвои и характеристиками погодных условий установлены значительные корреляционные связи, при этом отмечена отрицательная связь между температурой воздуха и длиной хвои – повышение температуры воздуха при снижении количества осадков ведет к уменьшению длины хвои; положительная связь между количеством осадков и длиной хвои.

При этом установлено, что в питомнике (с. Сухобузимское, Красноярский край) в зависимости о состояния почвы, проводится полив саженцев, чем и было сглажено влияние погодных условий на длину хвои саженцев, произрастающих в питомнике. Полученные данные подтверждаются результатом корреляционного анализа, связь между длиной хвои и осадками очень слабая ($r = 0,02$).

11. При разработке технологий по уходу за насаждениями сосны обыкновенной на объектах озеленения г. Красноярска, необходимо ориентироваться на естественные условия увлажнения, но принимать дополнительные меры адекватные сложившимся условиям (дополнительный полив, «дождевание» крон).

12. При использовании индикаторных возможностей хвои сосны обыкновенной необходимо вводить поправки на колебания климатических условий, так как динамика морфометрических параметров хвои обусловлена и погодными условиями.

5 ФОРМИРОВАНИЕ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ

5.1 Вертикальная структура сосны обыкновенной 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.

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 [Якшина, 1967; Цельникер, 1978, 1994, 1997, 2000; Ли, 1998; Паутова, 2002; Авдеева, 2008].

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.

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, 1984; Раздорский, 1955].

Структура кроны дерева характеризуется освещенной и затененной частями, частью дерева без кроны (штамбом), высотой расположения максимального диаметра кроны. Вертикальная структура деревьев сосны обыкновенной в возрастной динамике, произрастающих в условиях города Красноярска, полученная в абсолютных значениях и относительных величинах, представлена на рисунках 5.1, 5.2.

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 [Усольцев, 1985, 1988; Ли, 1999]. Для ветвей верхней части крон фотосинтетическая эффективность относительно высока, поскольку листва (хвоя) получает полную солнечную радиацию. Для нижней части кроны фотосинтетический эффект ниже, так как они затенены верхней частью кроны или соседними деревьями.

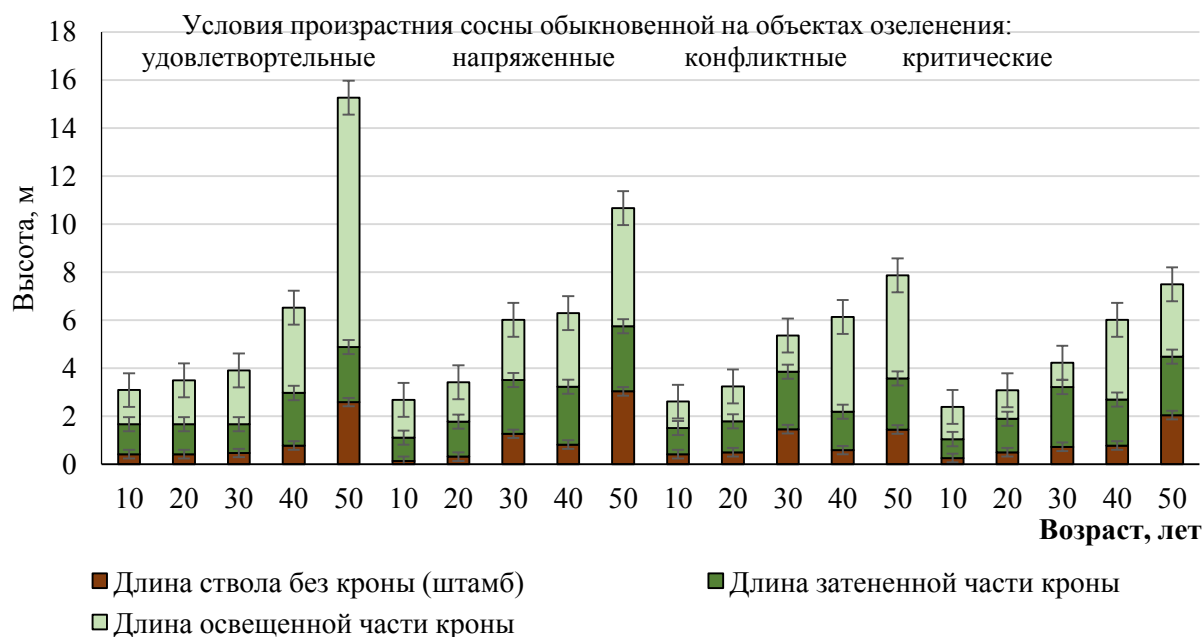


Рисунок 5.1 - Динамика вертикальной структуры сосны обыкновенной на объектах озеленения г. Красноярска (в абсолютных значениях)

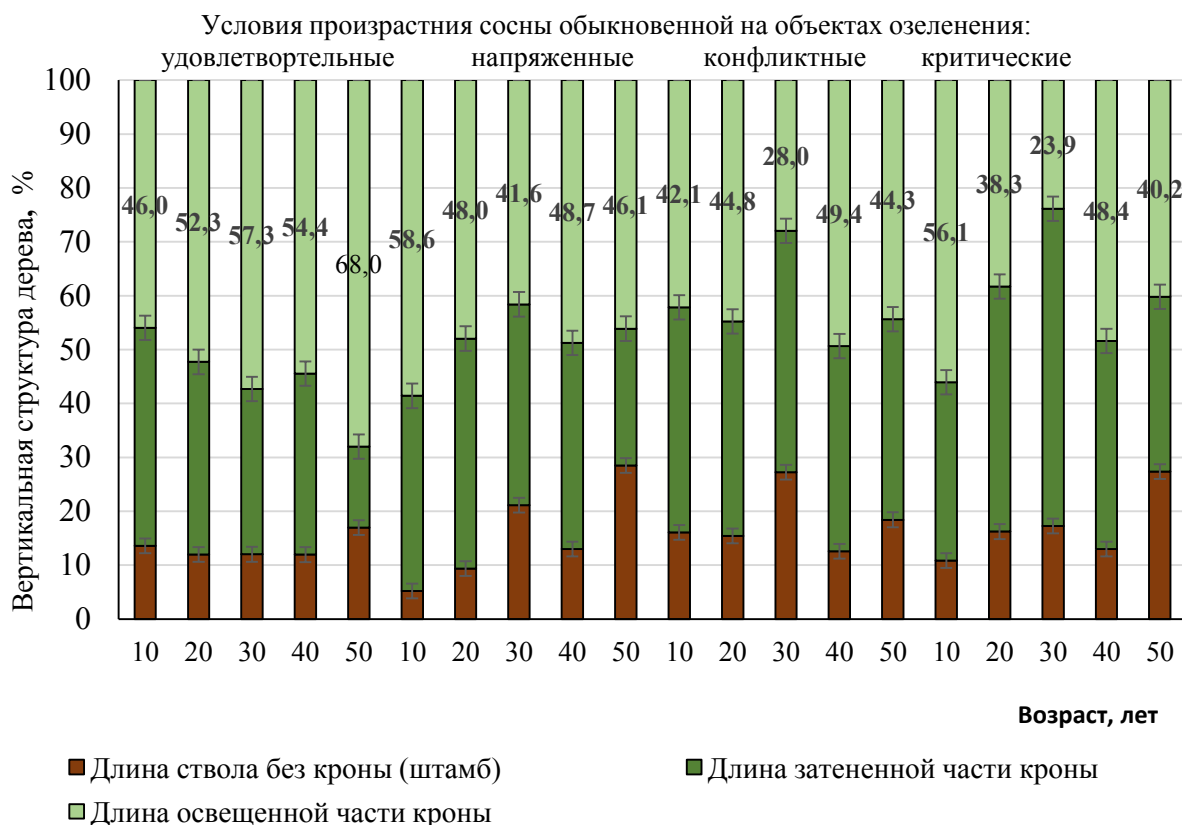


Рисунок 5.2 - Динамика вертикальной структуры сосны обыкновенной на объектах озеленения г. Красноярска (в относительных величинах)

Часть кроны, которая находится выше уровня смыкания полога и непосредственно влияет на рост ствола и активность выполнения экологических

функций насаждениями, является эффективной кроной [Ли, 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» [Assmann, 1961], тем больше должны быть размеры эффективной кроны.

Анализ динамики вертикальной структуры сосны обыкновенной на объектах озеленения г. Красноярска показал, что с возрастанием антропогенных нагрузок значительно снижается протяженность кроны как в абсолютных значениях, так и в относительных величинах. 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.

Результаты оценки основных показателей состояния дерева в целом и в особенности – его кроны, таких, как архитектоника, ресурсный и эстетический потенциал, должны учитываться при создании объектов озеленения и определении уровня комфортности городской среды для проживания в ней населения. Габитус растения складывается в результате влияния условий произрастания и является выражением его приспособленности к факторам среды [Паутова, 2002].

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 эстетическое 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 [Залесская, Микулина, 1979; Николаевская, 1989; Вергунов, Денисов, Ожегов, 1991; Палентреер, 2003].

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.

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. На рисунке 5.3 представлена динамика диаметра кроны деревьев сосны обыкновенной, произрастающих на объектах озеленения г. Красноярска с различным техногенным загрязнением. Линейные уравнения связи и критерии оценки имеют вид:

$$y = 0,1709x \quad R^2 = 0,9655 \quad (5.1)$$

$$y = 0,1342x \quad R^2 = 0,9844 \quad (5.2)$$

$$y = 0,1105x \quad R^2 = 0,9166 \quad (5.3)$$

$$y = 0,1008x \quad R^2 = 0,8112 \quad (5.4)$$

Анализ динамики диаметров крон сосны обыкновенной в различных условиях произрастания показал снижение значений. С увеличением техногенных нагрузок, снижение данного показателя составило: в критических условиях 37 % от размеров растений, произрастающих в удовлетворительных условиях, в напряженных – 15 %, в конфликтных – 30 %.

Объем и площадь освещенной поверхности кроны (рис. 5.4) являются основными параметрами, которые отражают выполнение растениями средозащитных функций, характеризуют их устойчивость к факторам среды, влияют эстетичность окружающего пространства.

Результаты анализ показали, что уже в 20 лет проявляются достоверные различия по объему и площади освещенной поверхности кроны сосны обыкновенной в зависимости от условий среды. Площадь, эффективно работающей освещенной части кроны, в возрасте 50 лет в удовлетворительных условиях произрастания в 4,5 раза превышает аналогичный показатель растений в критических условиях, объем кроны – в 3,5 раза.

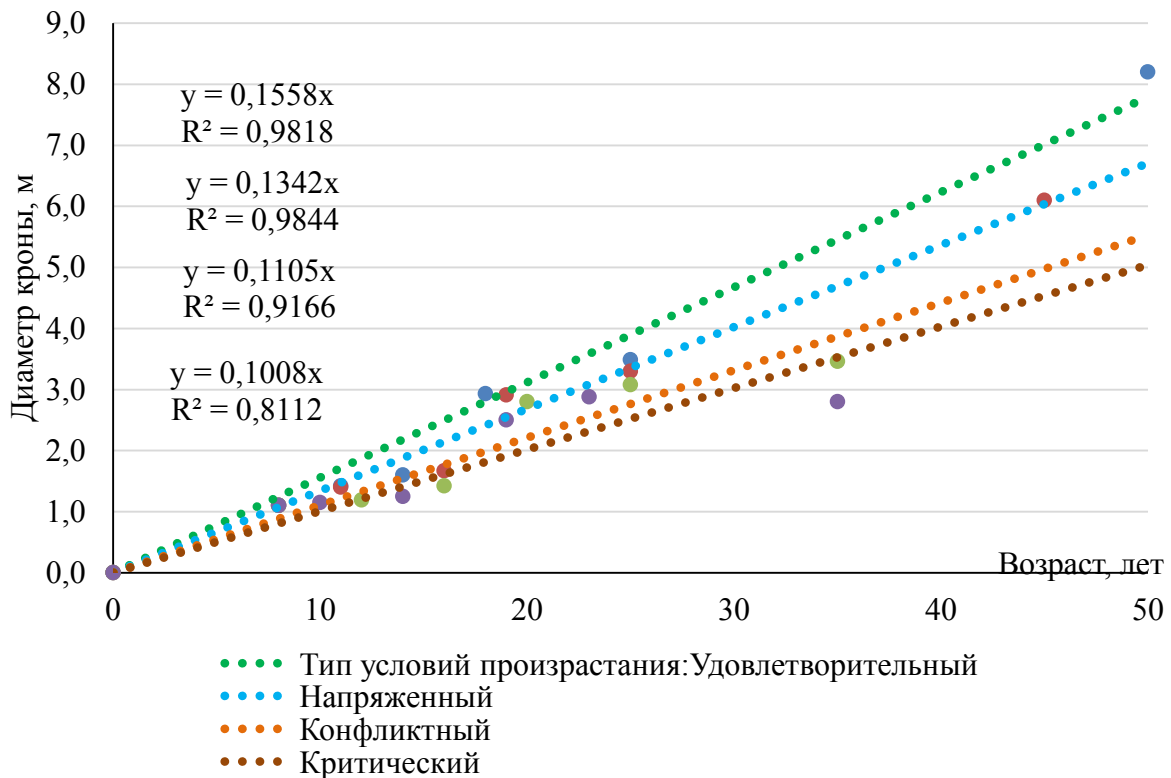


Рисунок 5.3 - Взаимосвязь роста сосны обыкновенной по диаметру кроны на объектах озеленения г. Красноярск с различной техногенной нагрузкой

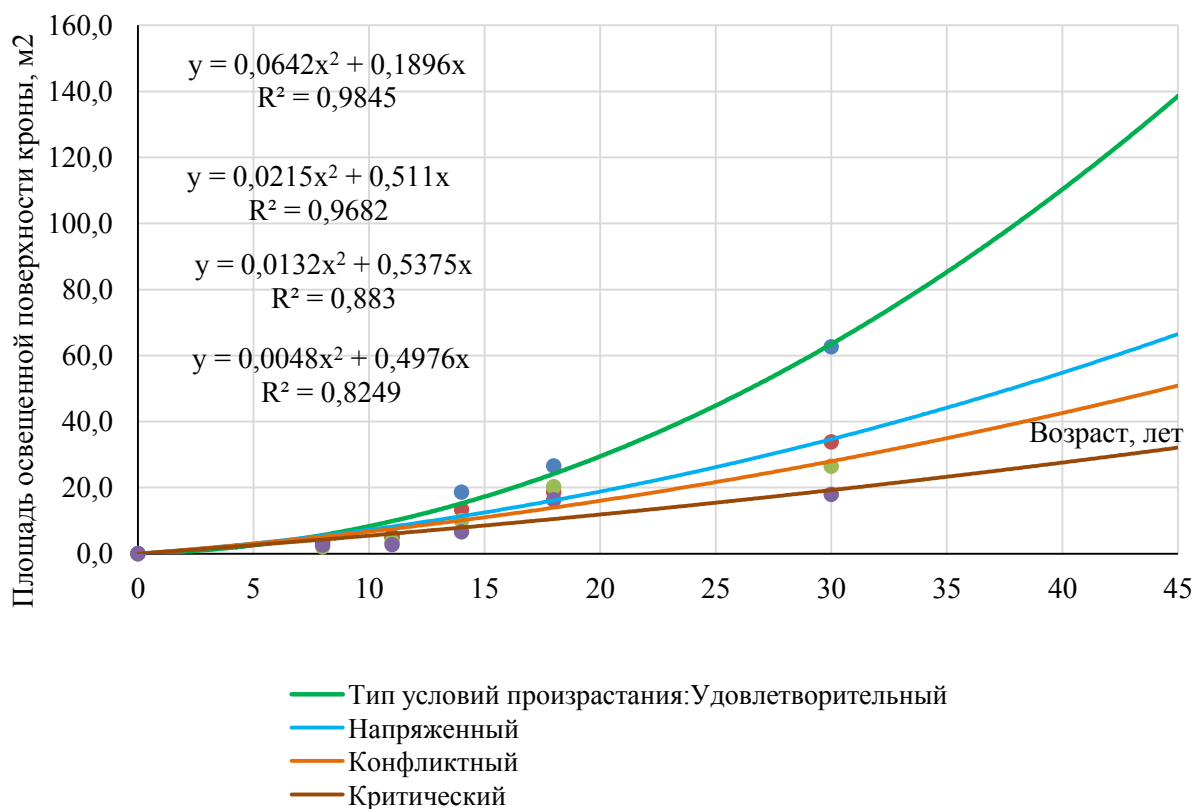


Рисунок 5.4 – Динамика площади освещенной поверхности кроны сосны обыкновенной в зависимости от условий среды

Таким образом, объемно-пространственная структура насаждений должна создаваться на основе полученных данных. В каждом районе г. Красноярска объемно-пространственная структура насаждений должна создаваться в соответствии с возможностями развития данного вида в конкретных условиях среды, что в итоге будет способствовать созданию устойчивых, эстетичных, максимально долговечных насаждений для конкретных городских условий, а не отдельно стоящих растений или слишком загущенных посадок, подавляющих рост соседних особей.

На основании полученных данных составлена шкала отклонения биометрических параметров в зависимости от воздействия комплекса факторов урбанизированной среды (табл. 5.1). Наиболее информативными признаками-маркерами, параметрами наиболее чувствительно реагирующие на изменение условий произрастания, для сосны обыкновенной в урбанизированной среде являются суммарная длина хвои и величина прироста осевого боковой ветви в период приживаемости, далее по степени чувствительности расположились в

следующим порядке: площадь освещенной поверхности кроны → индекс жизненного состояния → объем кроны → диаметр ствола → высота дерева.

Таблица 5.1 – Соответствие биометрических параметров сосны обыкновенной уровню антропогенного воздействия факторов городской среды

Типы условий произрастания: I – удовлетворительный, II – напряженный, III – конфликтный, IV – критический

Биометрические параметры, показатели состояния растений	Абсолютная величина / % снижения значений относительно размеров деревьев, произрастающих в удовлетворительных условиях г. Красноярска в возрасте 45 лет			
	Типы условий произрастания			
	I	II	III	IV
Индекс жизненного состояния	83,5	67,2 / 19,5	40 / 52,2	21 / 74,8
Высота дерева, м	15,1	11,1 / 26,8	10,3 / 33,6	9,3 / 38,3
Диаметр ствола, см	28,6	21,97 / 23,2	16,43 / 42,6	15,12 / 47,1
Диаметр кроны, м	7,0	6,0 / 14,3	5 / 28,6	4,5 / 35,7
Объем кроны, м ³	125,0	65,5 / 48,1	52,2 / 60,4	34,9 / 68,3
Площадь освещенной поверхности кроны, м ²	142,6	70,8 / 50,6	35,4 / 65,4	30,8 / 79,1
Максимальное снижение прироста осевого боковой ветви в период приживаемости, %	46,7	62,6	86,2	89,6
Средний возраст хвои, лет	4,6	2,9 / 36,9	2,4 / 47,8	2,2 / 52,2
Длина хвои, см	7,5	7,5	7,1 / 5,3	4,2 / 44,0
Суммарная длина хвои, мм	19567,9	14248,2 / 27,2	1073,2 / 94,5	1006,0 / 94,8

Биометрические параметры сосны обыкновенной в урбанизированной среде, первыми реагирующие на резкое изменение условий произрастания являются: прирост осевого боковой ветви в период приживаемости (в первый, второй год после посадки на объекты озеленения) → площадь освещенной поверхности кроны → возраст хвои (дефолиация крон). Диаметр кроны в меньшей степени реагирует на техногенные воздействия в большей на пространственные условия в насаждении.

5.2 Формирование искусственных насаждений с участием сосны обыкновенной

Эффективность выполнения зелеными насаждениями полезных функций и эстетичность их восприятия зависит от соответствия пространственной структуры условиям произрастания. Установлено, что в рядовых посадках (ряды, аллеи) расстояние между растениями, должно составлять от 0,75 до 0,8 от максимального диаметра кроны данного вида растения.

Обособленное положение солитера предопределяет условия динамичности его обзора со всех сторон и фокусировки на нем внимания [Николаевская, 1989]. Поэтому для получения эффекта объемной формы солитера необходимо предусмотреть соответствие территории для посадки предельной высоте и свободному, полному развитию раскидистой кроны дерева. Каждое отдельно стоящее дерево обладает собственной сферой эстетического и биологического влияния, которая определяется окружностью с радиусом, равным высоте, достигаемой деревом данного вида в период его полного развития. Вторжение в эту сферу других деревьев или кустарников снижает эстетическое впечатление от данного экземпляра. Рекомендуемый прием позволяет избежать искажения формы дерева в течение всего периода роста до полного развития, обеспечить возможность зрительно охватить целиком все дерево, достигнуть цели создания эффекта концентрирующей композиции и последовательности обозрения солитера в пейзаже. Сфера эстетического и биологического влияния солитера определяется окружностью радиусом равным высоте, достигаемой деревом данного вида в период его полного развития.

На основании этого, в соответствии с полученными данными нами определены рекомендуемые расстояния в рядах, группах и радиусы сфер эстетического и биологического развития солитера сосны обыкновенной для различных условий г. Красноярска (табл. 5.2).

Таблица 5.2 - Рекомендуемые расстояния в посадках г. Красноярска с участием сосны обыкновенной

Тип условий произрастания	удовлетворительный	напряженный	конфликтный	критический
Тип пространственных условий	Солитер. Размер пространства для получения декоративного эффекта и условий его обзора, определяется радиусом окружности, в центре которой располагается древесное растение, м			
Высота дерева, м	16,5 – 14,5	14,5 – 11,0	11,0 – 10,5	10,5 – 9,0
Радиус окружности, м	16,0 – 17,0	14,0 – 15,0	11,0 – 12,0	10,0 – 11,0
Рядовые посадки, аллея, группы				
Средний диаметр кроны, м	8,0±0,7	7,0±0,6	5,5±0,2	5,0±0,4
Расстояние между деревьями, м	7,0 – 6,0	6,0 – 5,0	5,0 – 4,0	4,0 – 3,0
Плотность посадок, шт./га	240 – 280	330 – 400	500 – 600	900 – 1100

На основании полученных данных определены расстояния в рядах и в между рядах, а также количество растений на 100 м рядовых посадок, выполнена визуализация формирования однорядных, двухрядных посадок сосны обыкновенной для различных условий города Красноярска (табл. 5.3, 5.4).

Рядовые посадки из сосны обыкновенной (чистые культуры) как правило, при отсутствии широкого распространения грибных заболеваний (корневая губка) отличаются хорошим ростом и высокой устойчивостью.

Сосна обыкновенная является ценным деревом для создания посадок как в крупных городских парках и лесопарках, так и в небольших скверах и садах, в чистых и в смешанных насаждениях. В условиях с длительной и морозной зимой сосны способны поддерживать ландшафтную декоративность окружающего пространства в течение всего года, сохраняя объем и структуру композиции. Весной хвоя оттеняет зелень пробуждающихся лиственных пород, служит фоном для цветников, деревьев, кустарников с необычной расцветкой листьев, осенью выразительно контрастирует с осенней раскраской листьев.

Таблица 5.3 – Динамика формирования однорядных посадок сосны обыкновенной в различных условиях городской среды

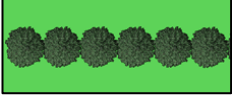
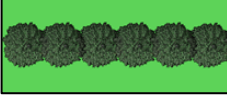
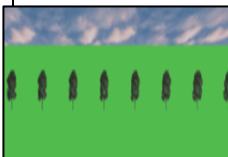
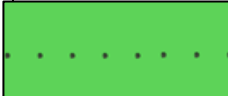
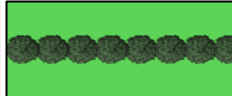
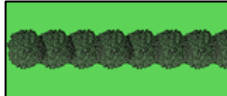
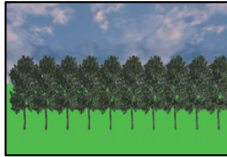
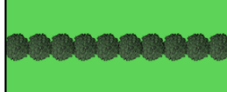
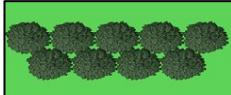
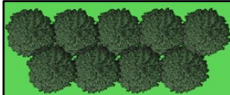
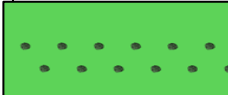
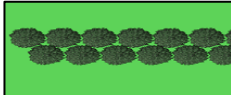
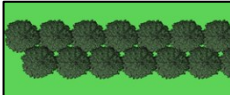
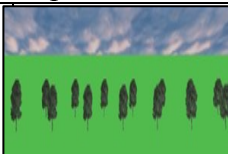
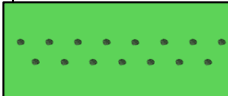
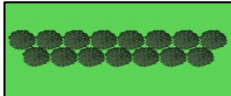
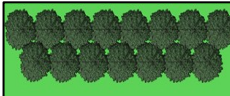
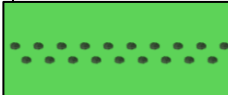
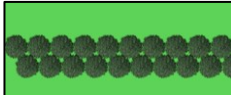
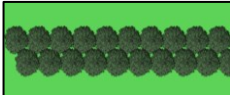
Средний диаметр кроны в возрасте 50 лет, м	Расстояние в ряду (75...80 % от диаметра в возрасте 50 лет), м	Количество растений на 100 м, шт.	Визуализация (на примере 30 метровой полосы рядовых посадок)		
			10 лет	30 лет	50 лет
Тип условий произрастаний - удовлетворительный					
8,0	6,0	16			
					
Тип условий произрастаний - напряженный					
7,0	5,0	20			
					
Тип условий произрастаний - конфликтный					
5,5	4,0	25			
					
Тип условий произрастаний - критический					
5,0	3,0	33			
					

Таблица 5.4 – Динамика формирование двухрядных посадок сосны обыкновенной в различных условиях городской среды

Диаметр кроны в возрасте 50 лет, м	Расстояние в ряду / между рядами, м	Количество растений на 100 м, шт.	Визуализация (на примере 30 метровой полосы рядовых посадок)		
			10 лет	30 лет	50 лет
Тип условий произрастаний - удовлетворительный					
8,0	6,0 / 6,0	32			
					
Тип условий произрастаний - напряженный					
7,0	5,0 / 5,0	40			
					
Тип условий произрастаний - конфликтный					
5,5	4,0 / 4,0	50			
					
Тип условий произрастаний - критический					
5,0	3,0 / 3,0	66			
					

Однако с возрастом сосна видоизменяется, значительно увеличивается в размерах, данный фактор необходимо предусматривать при создании групп, так как вырастая, деревья могут ограничивать жизненное пространство друг друга, в результате чего изменяется эстетический вид групповой композиции. С возрастом у растений отмирают нижние ветви, деревья сильно вытягиваются, изменяется их декоративность. В зеленом строительстве сосна имеет не только декоративное, но

и санитарно-гигиеническое значения благодаря антисептическому действию смолистых летучих веществ [Никитана, 2019].

Применение сосны в городском озеленении достаточно разнообразно: в качестве солитеров на газоне; аллей; живых изгородей; моногрупп, групп из различных хвойных; контрастные композиции с лиственными видами, цветущими кустарниками и многолетниками. Основными критериями создания гармоничных растительных композиций, особенно для городских объектов озеленения являются экономичность, функциональная значимость, долговечность и эстетичность.

Основными принципами создания ландшафтных композиций являются экологический, систематический, географический и физиономический. Экологический принцип основан на размещении растений определенных внешних форм на места, соответствующие экологическим требованиям этих растений. Фитоценотический – размещение растений в группах, приближающихся по составу к естественным природным комплексам – фитоценозам. В основу физиономический принципа положено гармоническое сходство (нюанс) или контраст внешнего облика, формы, текстуры и цвета. Физиономический принцип подбора ставит целью показ наиболее характерных черт строения деревьев и кустарников. Главная задача состоит в том, чтобы показать индивидуальную красоту дерева, стремясь, чтобы каждое растение привлекало внимание, возбуждало интерес и надолго запоминалось. Эстетичность каждого дерева существенно влияет на силу эмоционального воздействия зеленой композиции в целом [Бабич, 2008; Дубовицкая, 2010, 2014]. 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).

При формировании искусственных насаждений важно учитывать такое явление как аллелопатия (от греческого «allelon» – «взаимно» и «pathos» – «страдание») - взаимоотношения между растениями за счет различных

выделений. Установлено, что высокой активностью отличается водный экстракт опавшей хвои и корней лиственницы. В опытах он существенно задерживал рост своих же сеянцев, особенно корневой системы. В растворе из ткани лиственницы с трудом прорастали семена ели и сосны, поскольку известно, что с растительными остатками лиственницы в почву поступают в довольно большом количестве флавоноиды, дубильные вещества, кумарины, сапонины [Ижевский, 2015].

Также необходимо учитывать, что у пород, которые имеют гибкие ветви (береза, осина, ольха), распространено «охлестывание» – при раскачивании ветром их ветви наносят сильные удары по кронам соседей, в результате чего они заметно изреживаются. При этом особенно страдают молодые хвойные, у которых сбивается хвоя, верхушечные почки, замедляется рост, образуются двойные или тройные вершинки.

При создании насаждений необходимо учитывать, что смешанные посадки обладают высокой биологической устойчивостью, т. е. способностью длительно противостоять воздействию неблагоприятных факторов и сохранять свои полезные свойства. Однако породы несовместимы, если они поражаются одними видами грибных болезней и вредителей. Несовместимость древесных пород, обусловленная их болезнями, определяется биологическими особенностями возбудителей. Виды грибов, поражающих древесные растения, обладают разной филогенетической специализацией, т. е. приуроченностью к одному или нескольким питающим растениям.

Очень важной причиной несовместимости древесных пород являются особенности цикла развития возбудителей болезней. Среди грибов, поражающих древесные растения, есть большая группа ржавчинных, которые отличаются сложным циклом развития. Он состоит из трех стадий и нескольких спороношений, последовательно сменяющих друг друга в разные сезоны: I – весенняя стадия с эциоспорами, II – летняя – с урединиоспорами, III – осенне-зимняя – с телио- и базидиоспорами.

У большинства ржавчинных грибов I стадия развивается на одном растении, а II и III – на другом, часто систематически значительно отдаленном. Такие грибы называют разнохозяйными. При отсутствии одного из растений-хозяев эти грибы развиваться не могут. Разнохозяйные ржавчинные грибы, развивающиеся только на древесных растениях, являются одной из главных причин несовместимости древесных пород. *Melampsora pinitorqua* – возбудитель ржавчины побегов сосны и листьев осины. Весной – в начале лета на побегах сосны развивается I (весенняя) стадия с эциоспорами. Эциоспоры рассеиваются и заражают листья осины, на которых образуется II (летняя) стадия с урединиоспорами. В течение лета развивается несколько генераций (поколений) спор, осуществляющих многократное заражение листьев осины. В конце лета на этих же листьях формируется III (осенне-зимняя) стадия. Вначале образуется покоящееся телиоспороношение, в виде которого грибок зимует на опавших листьях. Весной на них развиваются базидиоспоры, осуществляющие заражение побегов сосны, на которых образуется I (весенняя) стадия. Цикл развития завершается. По такому же циклу развиваются и другие виды разнохозяйных грибов: *Cronartium quercus* – возбудитель рака сосны и ржавчины листьев дуба (I стадия на сосне, II и III – на дубе монгольском). Во избежание возникновения очагов опасных грибных болезней в городских насаждениях следует учитывать несовместимость следующих видов, являющихся друг для друга источниками инфекции: сосна обыкновенная – осина, дуб монгольский; сосна веймутова, сибирская кедровая – смородина [Соколова, 2015].

Сосна является доминантным растением способным изменять пространство вокруг на несколько сотен квадратных метров, тем самым влияя на рост других растений, следовательно, надо выбирать культуры, способные расти в сложившемся микроклимате. Сосна, с хорошо развитой кроной, создает значительное затенение, поэтому, вблизи сосен лучше высаживать теневыносливые растения, светолюбивые – с южной стороны композиции. Хвойный опад повышает влажность и кислотность почвы, следовательно, растения должны быть приспособлены к произрастанию в кислой почве.

Растения, обладающие следующими биологическими и экологическими свойствами, способны создавать устойчивые и долговечные ландшафтные композиции с участием сосны обыкновенной: ксерофиты (растения засушливых местообитаний), мезофиты (предпочитающие средние условия влажности), оксилофиты (растения, произрастающие преимущественно на кислых почвах); олиготрофы (малотребовательные к питательным веществам), оксилomezофиты (произрастают на почвах с реакцией почвенного раствора от слабокислой до слабо нейтральной), гелиофиты (светолюбивые), сциогелиофиты (теневыносливые), класс морозостойкости – 1 - 3.

По экологической и ландшафтной значимости, адаптации к условиям городской среды и степени устойчивости к вредителям и болезням растения разделены на две группы: основной ассортимент (68 шт.) - растения, наиболее устойчивые к городским условиям, рекомендуемые к использованию в массовых количествах при создании крупных массивов в парках и лесопарках, посадках в скверах и бульварах, при озеленении улиц и магистралей, а также для внутриквартального озеленения (табл. 5.5); дополнительный ассортимент (58 шт.) – менее распространенные виды для озеленения города (Приложение 3).

Таблица 5.5 – Основной ассортимент видов для создания ландшафтных композиций с участием сосны обыкновенной на городских объектах озеленения
 Тип условий произрастания: I – удовлетворительный II – напряженный, III – конфликтный, IV – критический

Размеры растений по: *Авдеева, 2008; **Коропачинский, 2014; ***Каталог Древесных растений, 2017; ****Каталог Многолетников, 2015

Соответствие условиям среды + полное соответствие; – не соответствие, ± пограничные условия (зона риска)

№	Названия растений, морфометрические параметры: Высота (h), м; диаметр кроны (d _{кр.}), м	Тип условий произрастания			
		I	II	III	IV
	ПЕРВЫЙ ЯРУС – деревья первой величины – улучшение почвенно-климатических условий на объекте, создают притенение				
1	Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.) Биометрические параметры по материалам данного исследования: Высота (45 лет) (h), м Диаметр кроны (45 лет) (d _{кр.}), м **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 16,0 8,0 11,5 - 13 3,5 - 6 10,0 - 30,0 7,0 - 10,0	+ 11,9 7,0	± 10,8 5,5	± 10,0 5,0
2	Лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i>) Высота (45 лет) (h), м Диаметр кроны (45 лет) (d _{кр.}), м **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 15,0 7,4 9,5 - 13,5 3,5 - 5 25,0 - 30,0 10,0	+ 14,0 6,8	+ 12,6 5,9	+ 9,7 5,0
3	Липа мелколистная, сердцевидная (<i>Tilia cordata</i>) Высота (45 лет) (h), м Диаметр кроны (45 лет) (d _{кр.}), м **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 10,0 8,0 8,5 - 10 3 - 4 15,0 - 30,0 15,0	+ +	+ +	± +
	ВТОРОЙ ЯРУС – деревья второй группы – улучшение почвенно-климатических условий на объекте				
4	Ель колючая (<i>Picea pungens</i>) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 15 5,0 15,0 - 20,0 5,0	+ +	+ +	± +
5	Ель колючая ф. сизая (<i>Picea pungens f. glauca</i>) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 20 5,0 15,0 - 20,0 5,0 - 7,0	+ +	+ +	+ +

Продолжение таблицы 5.5

6	Туя западная (<i>Thuja occidentalis</i>) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 8 - 9 2,5 - 4 12,0 - 20,0 3,0 - 4,0	+	±	±
ТРЕТИЙ ЯРУС — многоствольные деревья, высокие кустарники — защита внутреннего пространства от перепадов температур, потери влаги, влияния сильных ветров (эффект опушки)					
7	Клён татарский (<i>Acer tataricum</i>) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 4 - 9 3 - 5 8,0 10,0	+	+	+
8	Рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i>) **Высота (h), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 9-12 6,0 - 12,0 5,0	+	+	+
9	Клён приречный, гиннала (<i>Acer tataricum sudsp. ginnala</i> = <i>Acer ginnala</i>) **Высота (h), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 3 - 5,5 4,0 - 7,0 4,0	+	+	+
10	Боярышник кроваво-красный, сибирский (<i>Crataegus sanguinea</i>) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 16 - 3,5 1,8 - 3 4,0 - 6,0 4,5	+	+	+
ЧЕТВЕРТЫЙ ЯРУС — средние кустарники — защита внутреннего пространства от перепадов температур, потери влаги, влияния сильных ветров (эффект опушки)					
11	Микробиота перекрестнопарная (<i>Microbiota decussata</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,4 - 0,6 2,0 - 5,0	+	+	±
12	Можжевельник горизонтальный (<i>Juniperus horizontalis</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,2 - 0,25 2,0	+	+	±
13	Сосна горная (<i>Pinus mugo</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 4,0 5,0	+	+	±
14	Арония Мичурина, син. черноплодная рябина (<i>Aronia mitschurinii</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 3,0 2,0	+	+	+
15	Барбарис Тунберга (<i>Berberis thunbergii</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 1,0 - 1,5 1,5 - 2,0	+	+	+

Продолжение таблицы 5.5

16	Дёрен белый, или сибирский, Свидина белая (<i>Cornus alba</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	±	±
17	Карагана древовидная, или акация желтая (<i>Caragana arborescens</i>) **Высота (h), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	+
18	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	+	+	+	+
19	Пузыреплодник калинолистный, или спирея калинолистная (<i>Physocarpus opulifolius</i> = <i>Spiraea opulifolius</i>) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	±
20	Рододендрон даурский (<i>Phododendron dauricum</i>) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+		±
21	Спирея березолистная (<i>Spiraea betulifolia</i>) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	+
22	Спирея японская (<i>Spiraea japonica</i> = <i>S. × bumalda</i>) **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	+
23	Чубушник (<i>Philadelphus</i>) **Высота (h), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	±	±
	ПЯТЫЙ ЯРУС – низкие кустарники (кустарнички), папоротники, многолетние травянистые растения				

Продолжение таблицы 5.5

24	Луковичные (в приствольный круг – не конкурируют за питательные вещества, подавляют рост сорняков) нарциссы, мускари, крокусы, тюльпаны:	+	+	+	±
25	Нарцисс (<i>Narcissus</i>) [https://naogorode.net] Высота (h), м Количество штук на м ² (n _{кр.})	0,1 - 0,5 12 - 15	+	+	+
26	Мускарь (<i>Muscari</i>) [http://rostok.info/sad] Высота (h), м Количество штук на м ² (n _{кр.})	0,1 - 0,3 42 - 45	+	+	+
27	Шафран (<i>Crocus</i>) [http://cvet-dom.ru] Высота (h), м Количество штук на м ² (n _{кр.})	0,1 24 - 36	+	+	+
28	Тюльпан (<i>Tulipa</i>) [https://darwin-market.ru] Высота (h), м ***Количество штук на м ² (n _{кр.})	0,6 - 0,75 15 - 18	+	+	+
	Светолюбивые:				
29	Флокс шиловидный (<i>Phlox subulata</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,15 - 0,17 9	+	+	+
30	Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i>) ****Высота (h), м ***Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,5 - 0,8 6 - 9	+	+	+
31	Тимьян (<i>Thymus</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,1 - 0,3 9 - 11	+	+	±
32	Тимьян обыкновенный (<i>Thymus vulgaris</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,05 - 0,15 11	+	+	±
33	Тимьян ползучий (<i>Thymus serpyllum</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,15 11	+	+	±
34	Окопник лекарственный (<i>Symphytum officinale</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,1 6	+	+	+
35	Медуница валовидная (<i>Pulmonaria vallisariae</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,2 9 - 11	+	+	+
36	Люпин многолистный (<i>Lupinus polyphyllus</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,5 4	+	+	+
37	Лук резанец, или шнитт - лук, или лук скорода (<i>Lychnis chalcidonica</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,8 - 1,0 9	+	+	+

Продолжение таблицы 5.5

38	Купальница китайская (<i>Trollius chinensis</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,7 4 - 6	+	+	+
39	Ирис болотный, или желтый, или айровидный (<i>Iris pseudacorus</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,7 - 1,0 4 - 5	+	+	+
40	Живучка ползучая (<i>Ajuga reptans</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,1 - 0,2 11	+	+	+
41	Вероника ползучая (<i>Veronica repens</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,1 - 0,15 4 - 5	+	+	+
42	Астра альпийская (<i>Aster alpinus</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,2 - 0,25 6 - 8	+	+	+
	Теневыносливые:				
43	Бадан сердцелистный (<i>bergenia cordifolia</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,4 6 - 9	+	+	+
44	Бруннера сибирская (<i>Brunnera sibirica</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,4 - 0,5 9	+	+	+
45	Будра плющелистная (<i>Glechoma hederacea</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,2 9	+	+	+
46	Вальдштейния тройчатая, или сибирская, или трехлистная (<i>Waldsteinia ternate</i> = <i>W. sibirica</i> = <i>W. trifolina</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,15 - 0,2 16	+	+	+
47	Герань кроваво - красная (<i>Geranium sanguineum</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,15 - 0,3 6 - 8	+	+	+
48	Ландыш майский (<i>Convallaria majalis</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,2 9 - 11	+	+	+
49	Прострел обыкновенный, или сон трава (<i>Pulsatilla vulgaris</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,15 - 0,2 9	+	+	+
50	Сныть обыкновенная "Variegatum" (<i>Aegopodium podagraria</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,15 - 0,2 9 - 11	+	+	+

Продолжение таблицы 5.5

51	Хоста (<i>Hosta</i> = <i>Funkia</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,4 - 0,7 2 - 8	+	+	+
	Папоротники:				
52	Щитовник мужской (<i>Dryopteris filix - mas</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,1 1 - 2	+	+	+
53	Страусник обыкновенный (<i>Matteuccia struthiopteris</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 1,2 3	+	+	+
	ШЕСТОЙ ЯРУС – травянистые растения, почвопокровные – защита почвы от эрозии, чрезмерного испарения влаги, перегрева, переохлаждения				
	Почвопокровные:				
54	Очиток живучий (<i>Sedum aizoon L.</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,25 - 0,5 5-7	+	+	+
55	Очиток гибридный (<i>Sedum hybridum L.</i>) ***Высота (h), м ***Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,15 - 0,40 5-7	+	+	+
56	Камнеломка теневая (<i>Saxifraga urbium</i> = <i>S. umbrosa</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,15 - 0,20 9 - 11	+	+	+
57	Ясколка войлочная (<i>Cerastium tomentosum</i>) Молочай Гриффита (<i>Euphorbia griffithii</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,2 - 0,3 16	+	+	+
58	Яснотка зеленчуковая, или желтая (<i>Lamium galeobdolon</i> = <i>Lamium luteum</i> = <i>Lamium galeobdolon</i> = <i>Galeobdolon argentatum</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,3 11	+	+	+
59	Клевер белый, ползучий (<i>Trifolium repens L.</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,05 - 0,4 10	+	+	+
60	Клевер белый, ползучий (<i>Trifolium repens L.</i>) Сорт "Pipolino" ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,05 - 0,1 8-10	+	+	+
61	Копытень европейский (<i>Asarum europaeum</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,1 - 0,15 11	+	±	±
	Злаки:				
62	Вейник остроцветковый (<i>Calamagrostis acutiflora</i>) × ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 1,5 - 2,0 5 - 8	+	+	+

63	Канареечник тростниковый, или двукисточник тростниковый (<i>Phalaris arundinacea</i> = <i>Phalaroides arundinacea</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+	+	+	+
		1,5 - 1,8 3 - 4			
64	Колосняк песчаный (<i>Elymus arenarius</i> = <i>Leymus arenarius</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+	+	+	+
		1,2 4			
65	Щучка дернистая, или луговик (<i>Deschampsia cespitosa</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+	+	+	+
		0,3 - 0,6 4			
66	Ячмень гривастый (<i>Hordenium jubatum</i>) ***Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+	+	+	+
		0,5 9 - 11			
67	Овсяница сизая, или голубая (<i>Festuca glauca</i> = <i>F. ovina</i> var. <i>glauca</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+	+	+	+
		0,2 - 0,3 10 - 12			

При разработке ассортимента видов для создания ландшафтных композиций с участием сосны обыкновенной для городских объектов озеленения выявлено, что региональные данные о росте и развитии растений в различных антропогенных условиях городской среды г. Красноярска в возрастной динамике с учетом фитоценологических (структурных, аллелопатических и др.) особенностей практически отсутствуют.

Расхождения значений биометрических параметров древесных растений между региональными данными (А.И. Панова, Е.В. Авдеевой, И.Ю. Коропачинский, Р.И. Лоскутов) и параметрами растений, представленных в каталоге «Древесные растения» (АППИМ) для Европейской части России, составляют: в лучших условиях произрастания сосна обыкновенна в Красноярске в два раза ниже высоты сосны представленной для Европейских городов (16 м и 30 м), по диаметру кроны расхождения составляют 20 %. Для лиственницы сибирской высоты отличаются в 2 раза в удовлетворительных условиях (30 м и 15 м в Красноярске) и в 2,5 раза в критических (25 м и 9,7 м в Красноярске); диаметры кроны в Красноярске на 30% меньше в удовлетворительных и на 50 % в критических условиях, чем у лиственницы в Европейской части страны. По

высоте в удовлетворительных условиях липа мелколистная в Красноярске в 3 раза ниже и в 2 раза меньше по диаметру кроны (8 и 15 м соответственно). Таким образом, используя при проектировании ландшафтных композиций параметры растений, представленные в Каталоге «Древесные растения» (2017) в Красноярске невозможно достичь фитоценотических условий для роста и развития растений в насаждениях, они будут расти как отдельно стоящие растения, а проектные решения не будут соответствовать реальным посадкам и замыслу проектировщиков.

Своеобразие ландшафтных композиций заключается прежде всего в том, что они находятся в постоянном развитии, поэтому важно стремиться к созданию декоративного эффекта ландшафтного объекта как в первый период после завершения строительства, так и в будущем, спустя десятилетия. Декоративные и биологические особенности деревьев и кустарников изменяются с возрастом, и каждый период из развития имеет свои характерные особенности. Принимая во внимание “динамику декоративности” деревьев и кустарников, следует формировать ландшафтные композиции, основываясь на сочетании видов деревьев и кустарников со сходной ритмикой биологического развития и эстетической согласованности формы, структуры, цвета и др..

Для создания декоративного эффекта и ценотических взаимодействий (не создавая конкуренции), растения в ландшафтных группах должны соприкасаться кронами в период их максимального развития максимальное перекрытие крон – 20 %. Ландшафтные композиции (городские фитоценозы) объединяют виды, отличающиеся по ритмам, темпам роста и развития. В таблице 5.5 представлены размеры растений, произрастающие в Академгородке г. Красноярска, где условия произрастания характеризуются как удовлетворительные, размеры из каталога, разработанного Ассоциацией производителей посадочного материала (по материалам европейской части России), соответственно, создавая ландшафтные композиции в более сложных антропогенных условиях необходимо делать поправки на их формы, размеры, ритмы и темпы роста и развития. При создании биогрупп необходимо учитывать онтогенетическое и фенологическое развитие

растений, а также воздействия факторов городской среды (как негативных – загазованность, запыленность, вытаптываемость и др., так и положительных – рациональное пространственное размещение, учет аллелопатических взаимодействий, уход адекватный природно-климатическим условиям и техногенным воздействиям и др.). Основные этапы формирования ландшафтных композиций с участием сосны обыкновенной представлен в таблицах 5.6 – 5.8 и рисунке 5.5. Первый этап – выбор растений для создания искусственных насаждений с участием сосны обыкновенной на основе совместимости экологические свойства растений (табл. 5.6).

Таблица 5.6 - Экологические свойства растений, совместимость растений в искусственных насаждениях с участием сосны обыкновенной (основные виды)

№	Наименование растений	Экологические свойства растений основного ассортимента							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.)								
2	Боярышник кроваво-красный (<i>Crataegus sanguinea</i>)								
3	Ирга (<i>Amelanchier</i>)								
4	Лапчатка кустарниковая (<i>Potentilla fruticosa</i>)								
5	Можжевельник горизонтальный (<i>Juniperus horizontalis</i>)								
6	Рододендрон даурский (<i>Rhododendron dauricum</i>)								
7	Спирея березолистная (<i>Spiraea betulifolia</i>)								

1 – Освещенность, 2 – Морозостойкость, 3 – Засухоустойчивость, 4 - Требовательность к почве, 5 - Корневая система, 6 - Ветроустойчивость, 7 – Дымо-, газоустойчивость, 8 – Рекомендации по использованию в насаждениях

Условные обозначения в таблице: - гелиофит, - морозостойкость, - ксерофиты, - мезофит, - не требователен к почве, - не ветроустойчив, - ветроустойчив, дымо-, газоустойчивый, - недымогазоустойчивый

рекомендации по использованию в насаждениях  - в группах, массивах, солитерах в парках и лесопарках, скверах, бульварах,  - при озеленении улиц и магистралей

Второй этап – анализ возрастной динамики развития ландшафтной композиции (рис. 5.5). Третий этап – анализ фенологического развития ландшафтной композиции и оценка диапазонов декоративности (табл. 5.7).

Таблица 5.7 – Диапазоны декоративности ландшафтной группы

Диапазоны цветения и изменения цветовой гаммы растений (верхняя строка – листва, нижняя – соцветения, плоды)								
№	Наименование растений \ Месяцы	4	5	6	7	8	9	10
1	Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.)							
2	Боярышник кроваво-красный (<i>Crataegus sanguinea</i>)							
3	Ирга (<i>Amelanchier</i>)							
4	Лапчатка кустарниковая (<i>Potentilla fruticosa</i>)							
5	Можжевельник горизонтальный (<i>Juniperus horizontalis</i>)							
6	Рододендрон даурский (<i>Rhododendron dauricum</i>)							
7	Спирея березолистная (<i>Spiraea betulifolia</i>)							

Четвертый этап – для основных растений составляется экологическая характеристика с указанием экологических, декоративных особенностей и технологических рекомендаций по уходу (рис. 5.8). Обоснование технологического ухода за разработанной биогруппой.

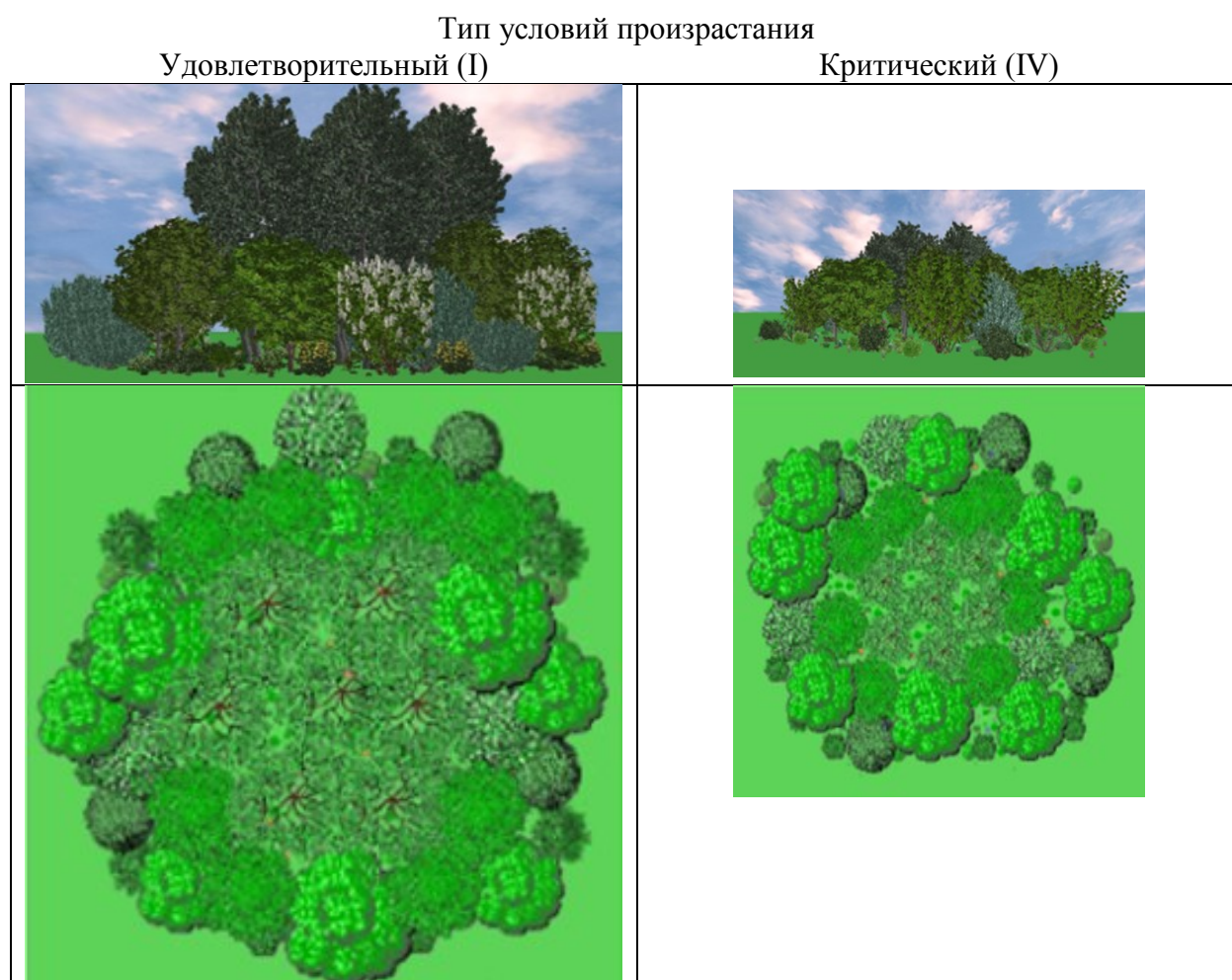
Таблица 5.8 – Экологические, декоративные, технологические особенности древесного растения

Сосна обыкновенная – <i>Pinus sylvestris</i> L.			
Естественный ареал: Азиатская Россия, Сибирь, Крым, Кавказ, Северный Казахстан, Западная Европа, Северо-Восточный Китай.			
Долговечность в естественных условиях: весьма долговечное – 500 – 600 лет			
Экологические особенности произрастания: предпочитает песчаные почвы, может расти на заболоченных участках, торфяниках.			
Отношение к экологическим климатическим и антропогенным факторам			
Освещенность		Ветроустойчивость	
Морозостойкость		Дымо-газоустойчивость	
Требовательность к почве		Корневая система	
Засухоустойчивость		Категории насаждений	
Размеры. В естественных условиях: дерево - I (первой величины); в Красноярске: Академгородок: в 35 лет плодоносящие деревья 15,0 – 13,0 м высотой с диаметром ствола 18 – 30 см и кроны 3,5 – 6 м.			
Декоративность: Сосна обыкновенная имеет красивую форму кроны и окраску хвои. Используется в озеленении лесопарков и садово-парковых территорий, для посадки вдоль дорог. Имеет много декоративных форм разных размеров. Её используют в смешанных или чистых насаждениях массивами, группами или одиночно.			
Рекомендации по уходу: Поливать 2-3 раза за весь теплый сезон, минеральные подкормки применяют один раз в теплый сезон. В весеннее время внимательно осмотреть на предмет сломанных засохших ветвей, если такие будут немедленно их удалить.			
Использование в зеленом строительстве: Рекомендуются для создания крупных городских и загородных парков и лесопарков, для одиночных, групповых и аллейных посадок, в массивы при выращивании чистых и смешанных насаждений.			



Анализ объемно-пространственного решения био группы, разработанной для различных условий произрастания, показал, что при одном и том же составе растений площадь проекции крон и объем всей ландшафтной композиции

значительно, различаются. В удовлетворительных условиях в возрасте 45 лет площадь проекции крон составит 78 м^2 , в критических – 37 м^2 , что в 2,1 раз меньше по объему биогруппы – 6586 м^3 в удовлетворительных условиях и 1781 м^3 – в критических, разница составляет 73 %. При этом во всех разработанных вариантах растения к 25 летнему возрасту вступят фазу роста в сообществе (достигнут сомкнутости крон), но в течение всего жизненного цикла не превысят 20 % их перекрытия, при этом будет создана многоярусная ландшафтная группа.



Параметры ландшафтной композиции

Размеры:	24.5 * 24.5 м	16.8 * 16.8 м
Площадь проекции крон:	600,4 м ² - 100%	284 м ² - 47,6 % (> 2,1 раза)
Объем:	6586,2 м ³ - 100%	1781.8 м ³ - 27,1 % (> 3,7 раза)

Рисунок 5.6 – Развитие ландшафтной группы в различных условиях произрастания

Для повышения устойчивости и декоративности сосны обыкновенной на городских объектах озеленения необходимо соблюдение основных агротехнических мероприятий:

1. При посадке корневая шейка растения должна остаться выше поверхности земли (на очвах – 4 - 5 см, тяжелых – 3 - 4 см), так как при уплотнении грунта происходит опускание кома и засыпка корневых шеек растений, после осадки грунта корневая шейка будет располагаться на уровне земли.

2. К плодородию почвы сосна обыкновенная малотребовательна, но предпочитает супесчаные или песчаные почвы, рекомендуемая растительная смесь для сосны обыкновенной на городских объектах озеленения: дерновая земля и песок (2:1).

3. Внесение минеральных удобрений 30 - 40 г/м² вдоль проекции кроны.

4. Обязательно – мульчирование приствольных кругов (хвоя, щепа, кора, шелуха, скорлупа и др.) с целью: сохранения в почве влаги (снижается потребность в частых поливах); регулирования температуры (в жаркие дни корневая система не перегреется, а зимой не перемерзает); сдерживания роста сорняков (слой 4 – 6 см препятствует росту травянистых растений); улучшения гранулометрического состава почвы (грунт дольше остается рыхлым, проницаемым для воздуха и воды); обогащения питательными веществами (органическая мульча со временем разлагается, насыщая землю полезными веществами); регулирования уровня кислотности (внесенная сосновая хвоя, шишки, кора или еловый лапник, постепенно подкисляют почву); повышения эстетических качеств объектов озеленения.

5. Дождевание кроны с целью очистки хвои от в зависимости от уровня техногенных загрязнений (в утренние или вечерние часы).

6. Увеличение густоты кроны достигается обрезкой годичных приростов (по возможности прищипыванием в фазе зеленых побегов, проводить выломку ненужной почки желательно весной до начала роста побегов). В первый - второй сезон после посадки из-за проблем с приживаемостью побеги хвойных растений

могут иметь нехарактерные размеры и следует тщательно взвесить целесообразность дополнительного вмешательства. Необходимо учитывать, что, хвоя сосны обыкновенной в городских условиях живет (в удовлетворительных условиях) до 5 лет, и, если при обрезке ее повредить, то кончики хвоинок пожелтеют, побеги будут выглядеть «больными», что снизит эстетический эффект и их общее жизненное состояние растений.

Таким образом, соблюдение рекомендаций по формированию ландшафтных композиций позволит повысить эффективность природоохранных мероприятий на объектах озеленения различного функционального назначения, снизит **экономические** затраты на создание и содержание зеленых насаждений за счёт снижения заболеваний и гибели растений, сокращения популяции вредителей. **Экологический** результат будет достигнут за счет снижения отрицательного воздействия автотранспорта на прилегающие территории, улучшения состояния окружающей среды, сокращения объемов и уровня загрязнения (концентрации вредных веществ в водоемах, атмосфере, уровень шума, радиации и т.п.), **социальный** - в улучшении условий жизни населения, повышении комфортности городской среды за счет повышения декоративности, контрастности, красочности объектов озеленения.

Выводы по главе

1. Анализ динамики вертикальной структуры сосны обыкновенной на объектах озеленения г. Красноярска показал, что с возрастанием техногенных нагрузок значительно снижается протяженность кроны как в абсолютных, так и в относительных величинах. 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 высоте и 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.

2. Анализ динамики диаметров крон сосны в различных условиях произрастания, показал снижение значений с увеличением техногенных нагрузок, в критических условиях снижение данного показателя составило 37 % от размеров растений в удовлетворительных условиях произрастания, в напряженных – 15 %, в конфликтных – 30 %. Полученные данные положены в основу рекомендаций по созданию пространственной структуры насаждений для объектов городского озеленения с различными техногенными воздействиями.

4. Наиболее информативными признаками-маркерами (параметрами наиболее чувствительно реагирующие на изменение условий произрастания) для сосны обыкновенной в урбанизированной среде являются суммарная длина хвои и величина прироста осевого боковой ветви в период приживаемости, далее по степени чувствительности расположились в следующем порядке: площадь освещенной поверхности кроны → индекс жизненного состояния → объем кроны → диаметр ствола → высота дерева (при этом величина снижения высоты дерева составляет 6 м. Первыми на изменение условий произрастания в урбанизированной среде реагируют биометрические параметры сосны обыкновенной в следующем порядке: прирост осевого боковой ветви в период приживаемости (в первый, второй год после посадки на объекты озеленения) → площадь освещенной поверхности кроны → возраст хвои (дефолиация крон). Диаметр кроны в меньшей степени реагирует на техногенные воздействия, в большей – на пространственные условия в насаждении.

4. Определены рекомендуемые расстояния в рядах, группах и радиусы сфер эстетического и биологического развития солитера сосны обыкновенной для различных условий г. Красноярска. Радиус окружности достаточный для формирования солитера составляет: в удовлетворительных условиях 16,0 – 17,0 м, в критических 10,0 – 11,0 м; расстояние между деревьями в рядах и аллеях – 7,0 - 6,0 м в удовлетворительных условиях, 3,0 – 4,0 м – в критических. Установлено,

что площадь эффективно работающей освещенной части кроны, в возрасте 50 лет в удовлетворительных условиях произрастания в 4,5 раза превышает аналогичный показатель у растений в критических условиях, объем кроны в 3,5 раза. Таким образом, объемно-пространственная структура насаждений должна создаваться на основе полученных данных. В каждом районе г. Красноярска объемно-пространственная структура насаждений должна создаваться в соответствии с возможностями развития данного вида в конкретных условиях среды, что в итоге будет способствовать созданию устойчивых, эстетичных, максимально долговечных насаждений для конкретных городских условий, а не отдельно стоящих растений или слишком загущенных посадок, подавляющих рост соседних особей.

5. На основании анализа биологических особенностей сосны обыкновенной, как доминантного растения в биогруппе, обоснован основной (67 видов) и дополнительный (58 видов) ассортимент растений для создания ландшафтных композиций на городских объектах озеленения.

6. Объемно-пространственные решения биогрупп, разработанных для различных условий произрастания при одном и том же составе растений имеют площадь проекции крон и объем всей ландшафтной композиции различающиеся в несколько раз в зависимости от состава группы. При этом во всех вариантах развития биогруппы растения к 25-летнему возрасту вступят фазу роста в сообществе, при этом в течение всего жизненного цикла не будут конкурировать. Алгоритм формирования ландшафтных композиций с учетом фитоценотического взаимодействия растений, их онтогенетического и фенологического развития, воздействия факторов городской среды, рекомендаций по объемно-пространственному размещению растений, агротехническим мероприятиям позволят повысить устойчивость и декоративность насаждений с участием сосны обыкновенной на городских объектах озеленения.

7. Соблюдение разработанных рекомендаций по формированию ландшафтных композиций позволит повысить эффективность природоохранных мероприятий на объектах озеленения различного функционального назначения,

снизит *экономические* затраты на создание и содержание зеленых насаждений за счёт снижения заболеваний и гибели растений, сокращения популяции вредителей. *Экологический* результат будет достигнут за счет барьерного воздействия насаждений на примагистральные территории от автотранспорта, улучшения состояния окружающей среды, сокращения объемов и уровня загрязнения (концентрации вредных веществ в водоемах, атмосфере, уровень шума, радиации и т.п.), *социальный* – в улучшении условий жизни населения, повышении комфортности городской среды за счет повышения декоративности, контрастности, красочности объектов озеленения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Жизненное состояние сосны обыкновенной в целом по городу оценивается от «здоровых» до «отмирающих», индекс варьирует от 100 до 15, закономерно снижаясь в критических условиях произрастания, взаимосвязь возраста хвои, класса повреждения с качеством воздушной среды позволяет использовать сосну обыкновенную в качестве вида-индикатора для оценки аэротехногенного загрязнения городов.

Во всех условиях произрастания, прослеживается период приживаемости растений к условиям городской среды, что сказывается на снижении индекса жизненного состояния дерева, величине прироста осевого побега боковой ветви, густоте охвоения, длине хвои. В дальнейшем в зависимости от интенсивности факторов среды и адекватности технологических уходов у растений либо увеличивается прирост до уровня прироста в питомнике, либо прирост побегов продолжает снижаться, что проявляется на жизненном состоянии растений, вплоть до его гибели. Данные о динамике прироста позволяют прогнозировать сроки приживаемости сосны обыкновенной на объектах городского озеленения, оценить динамику их восстановления (ослабления), разработать мероприятия по уходу, создавать насаждения по структуре и видовому составу адекватные условиям среды.

По различию в темпах роста по высоте и другим биометрическим параметрам выделено 4 типа, что соответствует количеству типов условий произрастания для насаждений г. Красноярска. Высота насаждений в удовлетворительных условиях – соответствует высоте второго класса бонитета, в критических – четвертому. Разброс значений по высоте в критических условиях в возрасте 45 лет достигает 6 м. Математические модели взаимосвязи биометрических параметров и возраста сосны обыкновенной позволяют определить плотность негативных факторов на данной территории и, следовательно, прогнозировать характер роста сосны обыкновенной,

скоординировать пространственную структуру насаждений и технологии ухода с целью улучшения состояния насаждений.

Наиболее информативными признаками-маркерами (параметрами наиболее чувствительно реагирующие на изменение условий произрастания) для сосны обыкновенной в урбанизированной среде являются суммарная длина хвои и величина прироста осевого боковой ветви в период приживаемости, далее по степени чувствительности расположились в следующем порядке: площадь освещенной поверхности кроны → индекс жизненного состояния → объем кроны → диаметр ствола → высота дерева (при этом величина снижения высоты дерева составляет 6 м). Первыми на изменение условий произрастания в урбанизированной среде реагируют биометрические параметры сосны обыкновенной в следующем порядке: прирост осевого боковой ветви в период приживаемости (в первый, второй год после посадки на объекты озеленения) → площадь освещенной поверхности кроны → возраст хвои (дефолиация крон). Диаметр кроны в меньшей степени реагирует на техногенные воздействия, в большей – на пространственные условия в насаждении.

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. Растения, обладающие следующими экологическими свойствами, способны создавать устойчивые и долговечные ландшафтные композиции с участием сосны обыкновенной: ксерофиты, мезофиты, оксилофиты; олиготрофы, оксилomezофиты, гелиофиты, сциогелиофиты, класс морозостойкости – 1 - 3. На основании этого обоснован основной (67 шт.) и дополнительный (58 шт.) видовой состав хвойных, лиственных древесных и травянистых растений для создания смешанных, многоярусных городских посадок с участием сосны обыкновенной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 25769-83. Саженцы деревьев хвойных пород для озеленения городов. Технические условия = Conifers seedlings for planting in towns. Specifications : Государственный стандарт союза ССР : дата введения 1984-01-01 / разработан Министерством жилищно-коммунального хозяйства РСФСР. – Текст : электронный // Электронный фонд правовой и научно-технической информации : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200025554> (дата обращения : 21.06.2021).
2. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений = Urban development. Urban and rural planning and development : (Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*) : дата введения 2017-07-01 / разработан ФГБУ ЦНИИП Минстроя России при участии Москомархитектуры. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения : 22.06.2021).
3. Авдеева, Е. В. Биоиндикация урбоэкосистем по морфологическим признакам хвойных растений / Е. В. Авдеева, А. И. Панова. – Текст : непосредственный // Хвойные бореальной зоны. – Том XXXV, № 1-2. – С. 7-14.
4. Авдеева, Е. В. Зеленые насаждения городов Сибири : монография / Авдеева Е. В. – Красноярск : СибГТУ, 2000. – 148 с. – Библиогр.: с. 139-145. – Текст : непосредственный.
5. Авдеева, Е. В. Ландшафтно-экологическая среда сибирских городов : монография / Е. В. Авдеева ; науч. ред. В. Ф. Полетайкин ; Федер. агентство по образованию, ГОУ ВПО "Сиб. гос. технол. ун-т ". – Красноярск : СибГТУ, 2006. – 132 с. : ил., табл. – Библиогр.: с. 128-130.
6. Авдеева, Е. В. Рост и индикаторная роль древесных растений в урбанизированной среде / Е. В. Авдеева. – Красноярск : СибГТУ, 2007. – 361 с. – Текст : непосредственный.
7. Авдеева, Е. В. Оптимизация структуры городских зеленых насаждений / Е. В. Авдеева // Химия растительного сырья. – 1998. – № 2. – С. 83-86.

8. Авдеева, Е. В. Оценка качества газонных покрытий (на примере г. Красноярск) : монография / Е. В. Авдеева, Н. В. Маслюк. – Красноярск : СибГТУ, 2015. – 190 с. – Текст : непосредственный.
9. Авдеева, Е. В. Оценка уровня загрязнения воздушной среды в примагистральном пространстве г. Красноярск / Е. В. Авдеева // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2005. – № 9. – С. 121-123.
10. Авдеева, Е. В. Формирование пригородных пространств крупного города Сибири / Е. В. Авдеева. – Текст : непосредственный // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2004. – № 8. – С. 144-147.
11. Агапова, А. М. Ассортимент растений природной флоры для обогащения объектов рекреации / А. М. Агапова, Т. А. Павлова. – Текст : непосредственный // Декоративные растения и их интродукция в Западную Сибирь : сб. науч. тр. – Новосибирск : Наука, 1977. – С. 131-137.
12. Аксенов, В. Л. Защита воздушного бассейна от выбросов автотранспорта / В. Л. Аксенов. – Киев : Техника, 1989. – 27 с. – Текст : непосредственный.
13. Алексеев, А. А. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / А. А. Алексеева. – Ленинград : Наука, 1990. – 200 с. – Текст : непосредственный.
14. Антанайтис, В. В. Прирост леса / В. В. Антанайтис, В. В. Загребев. – 2-е изд. – Москва : Лесная промышленность, 1981. – 200 с. – Текст : непосредственный.
15. 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. : ил. – Текст : непосредственный.
16. Архипов, С. А. Западно-Сибирская равнина / С. А. Архипов, Б. В. Вдовин, В. В. Мизеров. – Москва : Наука, 1970. – 279 с. – Текст : непосредственный.
17. Атаманюк, Ю. А. Реконструкция городских зеленых насаждений / Ю. А. Атаманюк, Л. Л. Костюченко, Я. В. Остапенко. – Киев : Будівельник, 1987. – 240 с. – Текст : непосредственный.
18. Бабич, Н. А. Зональные закономерности изменения фитомассы культур сосны / Н. А. Бабич, Д. Н. Клевцов, И. В. Евдокимова. – Архангельск : САФУ, 2010. – 140 с. – Текст : непосредственный.

19. 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. – Текст : непосредственный.
20. Бабич, Н. А. Фитомасса культур сосны и ели в европейской части России / Н. А. Бабич, М. Д. Мерзленко, И. В. Евдокимов. – Архангельск, Северо-Западное книжное издательство, 2004. – 112 с. – Текст : непосредственный.
21. Бабурин, А. А. Ассортимент древесно-кустарниковых пород в озеленении Хабаровска / А. А. Бабурин, Г. Ю. Морозова. – Текст : непосредственный // Проблемы управления зелеными насаждениями в Хабаровске : материалы IV городск. науч.-практ. конф. – Хабаровск : Тихоокеан. гос. ун-т. – 2009. – С. 41-46.
22. Бадалян, Л. Х. Анализ выбросов вредных веществ автотранспортом / Л. Х. Бадалян, А. Л. Гапонов, Е. Л. Медиокритский. – Текст : непосредственный // Безопасность, экология, энергосбережение. – Ростов-на-Дону, 2000. – С. 61-66.
23. Байдерин, В. В. О влиянии зимней рекреации на почву и растительность в окрестностях Казани / В. В. Байдерин. – Текст : непосредственный // Экология. – 1987. – № 1. – С. 93-97.
24. Барабанова, О. А. Закономерности роста и строения сосняков искусственного происхождения на юге Сибири при антропогенном и биотическом воздействиях : специальность 06.03.01 «Лесные культуры, селекция, семеноводство» : автореферат на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Барабанова Ольга Александровна ; Сибирский Государственный технологический университет. – Красноярск : СибГТУ, 2006. – 18 с. – Текст : непосредственный.
25. Барайщук, Г. В. Состояние хвойных насаждений Омска / Г. В. Бахтин, А. А. Гайвас. – Текст : непосредственный // Лесное хозяйство. – 2005. – № 1. – С. 33-34.
26. Бахтин, Н. П. Климат / Н. П. Бахтин, Н. В. Орловский. – Текст : непосредственный // Агрохимическая характеристика почв СССР. Средняя Сибирь. – Москва : Наука, 1971. – С.7-13.

27. Башкин, В. Н. Методологические основы оценки критических нагрузок поллютантов на городские экосистемы / В. Н. Башкин, А. С. Курбатова, Д. С. Савин. – Москва : НИ и ПИЭГ, 2004. – 64 с. – Текст : непосредственный.
28. 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. – Текст : непосредственный // Хвойные бореальной зоны. – 2020. – № 5-6. – С. 225-236.
29. Беляк, И. Ф. Край причудливых скал : о сибирском заповеднике Столбы / И. Беляк ; ред. К. Лыжин ; худож. Р. Руйга. – Красноярск : Красноярское книжное издательство, 1952. – 129 с. – Текст : непосредственный.
30. Биологический контроль окружающей среды: Биоиндикация и биотестирование : учеб. пособие для вузов по биол. специальностям / О. П. Мелехова [и др.] ; под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Егоровой. – Москва : Академия, 2007. – 288 с. – Текст : непосредственный.
31. Биометрия урбофитоценозов. Построение таблиц биометрических параметров древесных растений урбанизированных территорий на основе анализа возрастных состояний и интегральной оценки состояния фитосреды : свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2015663142 : дата введения 11.12.2015 / Авдеева Е. В., Надеянов В. Ф., Черникова К. В., Громыко С. В. – Красноярск : СибГТУ, 2016. – 35 с. – Текст : непосредственный.
32. Боговая, И. О. Озеленение населенных мест / И. О. Боговая, В. С. Теодоронский. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 239 с. – Текст : непосредственный.
33. Бондаренко, Н. Я. О размещении сосны в культуре. – Текст : непосредственный / Н. Я. Боговая / Лесное хозяйство. – 1972. – № 11. – С. 33-35.
34. Брусника. – Текст : электронный // Википедия : свободная энциклопедия : сайт. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения : 22.06.2021).
35. Бурков, В. Н. Влияние противогололедных солей на древесные растения / В. Н. Бурков, Л. В. Моисеева, Н. Г. Горбова. – Текст : непосредственный //

Техногенные воздействия на лесные сообщества и проблемы их восстановления и сохранения. – Екатеринбург : Наука, 1992. – С. 28-35.

36. 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. – Текст : непосредственный.

37. Волков, Ф. А. Исследование возрастной динамики деревьев в парковых насаждениях г. Москвы / Ф. А. Волков, Ю. В. Разумовский. – Текст : непосредственный // Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство : науч. тр. – Москва : Моск. лесотехн. ин-т, 1991. – Вып. 246. – С. 93-99.

38. Временная методика по учёту сосновых насаждений, подверженных влиянию промышленных выбросов (для опытно-производственной проверки). – Москва : ВНИИЛМ Гослесхоза СССР, 1986. – 34 с. – Текст : непосредственный.

39. Встовская, Т. Н. Древесные растения - интродуценты Сибири (*Lonicera-Sorbus*) / Т. Н. Встовская ; отв. ред. И. Ю. Коропачинский. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1986. – 287 с. – Текст : непосредственный.

40. Гайдин, С. Т. К вопросу об озеленении города Красноярска / С. Т. Гайдин. – Текст : непосредственный // Исторические этапы социально-экономического и культурного развития Красноярского Края. – Красноярск, 1998. – С.46-47.

41. Голубев, И. Р. Окружающая среда и транспорт / И. Р. Голубев, Ю. В. Новиков. – Москва : Транспорт, 1987. – 206 с. – Текст : непосредственный.

42. Голубика. – Текст : электронный // Википедия : свободная энциклопедия : сайт. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения : 22.06.2021).

43. Городков. А. В. Ландшафтно-защитное озеленение и его влияние на экологическое состояние крупных городов центральной России : специальность 03.00.16 «Экология» : диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Александр Васильевич Городков ; Брянская государственная инженерно-технологическая академия. – Санкт-Петербург, 2000. – 425 с. – Текст : непосредственный.

44. Горохов, В. А. Зеленая природа города : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности направления "Архитектура" / В. А. Горохов. – Москва : Архитектура-С, 2005. – 591 с. – Текст : непосредственный.
45. Гостев, В. Ф. Проектирование садов и парков / В. Ф. Гостев, Н. Н. Юскевич. – Москва : Стройиздат, 1991. – 339 с. – Текст : непосредственный.
46. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники : монография / под ред. О. В. Смирновой. – Москва : Прометей, 1989. – 105 с. – Текст : непосредственный.
47. Дубенок, Н. Н. Рост и продуктивность древостоев сосны и лиственницы в условиях городской среды / Н. Н. Дубенок, В. В. Кузьмичев, А. В. Лебедев. – Текст : непосредственный // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2018. – № 1 (37). – С. 54-71.
48. Дубовицкая, О. Ю. Декоративнолиственные и хвойные деревья и кустарники для озеленения населенных мест / О. Ю. Дубовицкая, Е. В. Золотарева. – Текст : непосредственный // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – Т. 29. – № 23 (194). – С. 38-43.
49. Дубовицкая, О. Ю. Красивоцветущие деревья и кустарники для озеленения объектов малоэтажного строительства / О. Ю. Дубовицкая, Е. В. Золотарева. – Текст : непосредственный // Вестник Орел ГАУ. – 2010. – № 2(23). – С. 72-77.
50. Евгеньев, И. В. Автомобильные дороги в окружающей среде / И. В. Евгеньев, Б. Б. Каримов. – Москва : Трансдорнаука, 1997. – 285 с. – Текст : непосредственный.
51. Евстигнеев, О. И. Онтогенез сосны обыкновенной в разных экологических условиях Неруссо-Деснянского полесья / О. И. Евстигнеев, Н. А. Татаренкова // Деп. в ВНИИЦлесресурс. – 1995. – № 933-ЛХ55. – Текст : непосредственный.
52. Енисей. – Текст : электронный // Википедия : свободная энциклопедия : сайт. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Енисей> (дата обращения : 22.06.2021).

53. Журкова, Н. В. Сравнительный анализ состояния древесных пород в условиях большого города и пригорода / Н. В. Журкова. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы экологии и природопользования. – 2003. – № 1. – С. 47-50.
54. Загреев, В. В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев / В. В. Загреев. – Москва : Лесная промышленность, 1978. – 240 с.
55. Залесская, Л. С. Ландшафтная архитектура : учеб. для студ. вузов / Л. С. Залесская, Е. М. Микулина. – Москва : Стройиздат, 1979. – 235 с. – Текст : непосредственный.
56. Заманская, И. Ш. Влияние автотранспорта на экологическое состояние городской среды и человека / И. Ш. Заманская, К. А. Гар. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1996. – 131 с. – Текст : непосредственный.
57. Зарубина, И. А. Оценка состояния культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях аэротехногенного загрязнения (Усть-Илимский район Иркутской области) : специальность 06.03.01 «Лесные культуры, селекция, семеноводство» : диссертация на соискание кандидата сельскохозяйственных наук / Зарубина Ирина Александровна ; ГОУ ВПО Сибирский государственный технологический университет. – Красноярск, 2011. – 188 с. – Текст : непосредственный.
58. Зарцына, С. С. Исследование загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта / С. С. Зарцына, М. И. Саликова. – Воронеж : ВГТА, 2001. – 256 с. – Текст : непосредственный.
59. Зубарева, О. Н. Влияние выбросов промышленных предприятий в Средней Сибири на сосну обыкновенную (*Pinus sylvestris* L.) : специальность 03.00.16 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Зубарева Ольга Николаевна ; Института леса имени В. Н. Сукачева СО РАН. – Красноярск, 1993. – 21 с. – Текст : непосредственный.

60. Зубкус, Л. П. Озеленение Новосибирска : монография / Л. П. Зубкус, А. В. Скворцова, Т. Н. Хормачева. – Новосибирск : Наука, 1962. – 340 с. – Текст : непосредственный.
61. Ижевский, С. Аллелопатия. Как растения влияют друг на друга / С. Ижевский. – Текст : электронный // Живой журнал. – 2015. – URL: <https://givoyles.ru/articles/nauka/vliyanie-rastenii-allelopatiya/>
62. Инженерная защита окружающей среды : материалы V Междунар. симпоз. молодых ученых, аспирантов и студентов = Environmental engineering / ред. Д.А.Баранов. – Москва : МГУИЭ, 2002. – 336 с. – Текст : непосредственный.
63. Инструкция по проведению инвентаризации и паспортизации городских озелененных территорий / Московский государственный университет леса ГУП Академия коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова ЗАО «ПРИМА-М». – Москва, 2002. – 22 с.
64. Каменецкая, И. В. Изменение массы и морфологии хвои разных возрастов в кронах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по годам в разных типах леса / И. В. Каменецкая. – Текст : непосредственный // Продуктивность и структура молодых сосняков. – Москва : Наука, 1973. – С. 63-86.
65. Каталог древесных растений. Деревья, кустарники, лианы / гл. ред. М. Ахмечет. – Москва : АППМ, 2017. – 420 с. – Текст : непосредственный.
66. Каталог многолетних травянистых растений, выращиваемых в питомниках АППМ / гл. ред. И. В. Бочкова. – изд. второе, доп. – Москва : АППМ, 2018. – 296 с. – Текст : непосредственный.
67. Кивисте, А. К. Функции роста леса : учебно-справочное пособие / А. К. Квитке. – Тарту : Эстонская сельскохозяйственная академия. – 1988. – 171 с. – Текст : непосредственный.
68. Кищенко, И. Т. Сезонный рост сосны в различных условиях местопроизрастания в связи с температурным режимом воздуха и почвы / И. Т. Кищенко. – Текст : непосредственный // Формирование продуктивных сосновых

насаждений Карел. АССР и Мурманской области. – Петрозаводск : Карел. филиал АН СССР, 1978. – С. 12-30.

69. Климат Красноярска / Краснояр. гидрометеорол. обсерватория [и др.] ; под ред. Ц. А. Швер, А. С. Герасимовой. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1982. – 230 с. – Текст : непосредственный.

70. Ковалев, А. Г. Рост хвои сосны обыкновенной при разной освещенности / А. Г. Ковалев, О. В. Антипова. – Текст : непосредственный // Лесоведение. – 1984. – № 6. – С. 22-28.

71. Колесников, А. И. Декоративная дендрология / А. И. Колесников ; под ред. А. М. Бачурина, Г. Л. Карлова. – Москва : Лесная промышленность, 1974. – 745 с. – Текст : непосредственный.

72. Коропачинский, И. Ю. Древесные растения для озеленения Красноярска / И. Ю. Коропачинский, Р. И. Лоскутов ; Сиб. отд-ние Рос. Акад. наук ; Центральный сибирский ботанический сад ; Институт леса им. В.Н. Сукачева. – Новосибирск : Гео, 2014. – 320 с. – Текст : непосредственный.

73. Коропачинский, И. Ю. Древесные растения Сибири / И. Ю. Коропачинский. – Новосибирск : Наука, 1983. – 382 с. – Текст : непосредственный.

74. Коропачинский, И. Ю. Озеленение промышленных городов Красноярского края (практические рекомендации) / И. Ю. Коропачинский. – Красноярск, 1987. – 65 с. – Текст : непосредственный.

75. Костин, Н. В. Размеры и масса хвои сосны обыкновенной в связи с производительностью насаждений / Н. В. Костин, Ю. В. Преснухин, Т. Я. Тумашевич. – Текст : непосредственный // Моделирование лесных биогеоценозов. – Петрозаводск, 1986. – С. 99-105.

76. Кофман, Г. Б. Рост и форма деревьев / Г. Б. Кофман ; ред. В. В. Кузьмичев. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1986. – 209 с. – Текст : непосредственный.

77. Красноярск : очерки истории города / П. Н. Мешалкин. – Красноярск : Книжное издательство, 1988. – 372 с. – Текст : непосредственный.

78. Крокус. – Текст : электронный // Cvet – dom.ru : сайт. – URL: <http://cvet-dom.ru/> (дата обращения : 22.06.2021).
79. Крушлинский, В. И. Город и природа Сибири: архитектурно-планировочные аспекты / В. И. Крушлинский. – Красноярск : Изд-во Красноярского университета, – 1986. – 232 с. – Текст : непосредственный.
80. Кузьмичев, В. В. Закономерности динамики древостоев: принципы и модели / В. В. Кузьмичев. – Новосибирск : Наука, 2013. – 208 с. – Текст : непосредственный.
81. Кузьмичев, В. В. Закономерности роста древостоев / В. В. Кузьмичев. – Новосибирск : Наука, 1977. – 160 с. – Текст : непосредственный.
82. Лебедев, А. В. Динамика продуктивности и средообразующих свойств древостоев в условиях городской среды (на примере Лесной опытной дачи Тимирязевской академии) : специальность 06.03.02 «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация» : автореферат на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / А. В. Лебедев. – Красноярск, 2019. – 20 с. – Текст : непосредственный.
83. Ли, Фенжи Эффективная структура крон и рост стволов лиственницы ольгинской в Северо-Восточном Китае / Фенжи Ли, Цзянь Инь. – Текст : непосредственный // Лесоведение. – 1998. – №2. – С. 69-79.
84. Лобанов, А. И. Воздействие автотранспортного комплекса на природную среду Красноярья / А. И. Лобанов, Р. А. Степень. – Красноярск : [б. и.], 2003. – 129 с. – Текст : непосредственный.
85. Лобанов, А. И. Оценка воздействия выбросов автотранспортных средств на воздушную среду города и их минимизация : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 03.00.16 : защищена 29.06.2004 / А.И. Лобанов ; науч. рук. Р. А. Степень ; Сиб. гос. технол. ун-т . – Красноярск, 2004. – 22 с. – Текст : непосредственный.
86. Ловелиус, Н. В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий / Н. В. Ловелиус. – Ленинград : Наука, 1979. – 232 с. – Текст : непосредственный.

87. Лосев, А. П. Агрометеорология : учеб. для студентов вузов по агроном. специальностям / Лосев А. П., Журина Л. Л. – Москва : Колос, 2001. – 300 с. – Текст : непосредственный.
88. Лоскутов, Р. И. Декоративные древесные растения для озеленения городов и поселков : монография / Р. И. Лоскутов. – Красноярск : Изд-во КГУ, 1993. – 184 с.. – Текст : непосредственный.
89. Лоскутов, Р. И. Декоративные древесные растения для озеленения населенных пунктов Красноярского края / Р. И. Лоскутов, И. Ю. Коропачинский, Т. Н. Встовская. – Красноярск : ИЛИД СО АН СССР, 1985. – 100 с. – Текст : непосредственный.
90. Луканин, В. Н. Автотранспортные потоки и окружающая среда-2 : учебное пособие / В. Н. Луканин, А. П. Буслаев, М. В. Яшина. – Москва : ИНФРА-М, 2001. – 646 с. – Текст : непосредственный.
91. Лунц, Л. Б. Городское зеленое строительство / Л. Б. Лунц. – Москва : Стройиздат, 1974. – 279 с. – Текст : непосредственный.
92. Макаренко, Г. П. Сезонный прирост побегов сосны в молодняках в зависимости от интенсивности изреживания / Г. П. Макаренко. – Текст : электронный // Электронный архив УГЛТУ, 2016. – URL: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/4758/1/lesa_urala_6_12.pdf
93. Макаров, В. З. Эколого-географическое картографирование городов / В. З. Макаров, Б. А. Новаковский, А. Н. Чумаченко. – Москва : Научный мир, 2002. – 196 с. – Текст : непосредственный.
94. Малинаускас, А. Влияние начальной густоты на качество древесины и экономическую эффективность выращивания культур ели / А. Малинаускас. – Текст : непосредственный // сб. науч. тр. ин-т леса НАН Беларуси. – 2001. – № 53. – С. 446-448.
95. Мамаев, С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений / С. А. Мамаев. – Москва : Наука, 1972. – 284 с. – Текст : непосредственный.

96. Маслов, Н. В. Градостроительная экология : учебное пособие / Н. В. Маслов ; ред. М. С. Шумилова. – Москва : Высшая школа, 2002. – 284 с. – Текст : непосредственный.
97. Маслов, Н. В. Градостроительная экология : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности "Городское строительство и хозяйство" / Н. В. Маслов. – Москва : Высшая школа, 2003. – 283 с. – Текст : непосредственный.
98. Матяшенко, Г. В. Сосновые леса как индикаторы атмосферного загрязнения / Г. В. Матяшенко, Г. А. Белоголова. – Текст : непосредственный // Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга : 11-й Междунар. симпозиум по биоиндикаторам. – Сыктывкар, 2001. – С. 313-314.
99. Машинский, Л. О. Город и природа (городские зеленые насаждения) / Л. О. Машинский. – Москва : Стройиздат, 1973. – 228 с. – Текст : непосредственный.
100. Машинский, В. Л. О нормировании озелененных территорий в крупных городах / В. Л. Машинский. – Текст : непосредственный // Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство : сб. науч. тр. – Москв : МЛТИ, 1991. – Вып. 246. – С. 99-105.
101. Машинский, В. Л. Проектирование озеленения жилых районов / В. Л. Машинский, Е. Г. Залогина. – Москва : Стройиздат, 1978. – 111 с. – Текст : непосредственный.
102. Методика организации и проведения работ по мониторингу лесов европейской части России по программе ICP-Forest (методика ЕЭК ООН) : утверждена Рослесхозом России от 21.02.1995г. – URL: http://www.innovbusiness.ru/pravo/DocumShow_DocumID_43328.html. – Текст : электронный.
103. Методические рекомендации по проведению государственной инвентаризации лесов : утверждены приказом Рослесхоза от 10.11.2011. – № 472. – URL: <https://bazanpa.ru/rosleskhoz-prikaz-n472-ot10112011-h1828814/metodicheskie-rekomendatsii/prilozhenie13/>. – Текст : электронный
104. Мокринец, К. С. Оценка геоморфологических условий территории г. Красноярска и его окрестностей как среды жизни человека : специальность

- 25.00.25 "Геоморфология и эволюционная география" : диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / Мокринiec Кирилл Сергеевич ; Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева. – Красноярск, 2012. – 144 с. – Текст : непосредственный.
105. Морозова, Г. Ю. Оценка состояния древесно-кустарниковой растительности Хабаровска / Г. Ю. Морозова, А. А. Бабурин. – Текст : непосредственный // Проблемы управления зелеными насаждениями в Хабаровске : материалы IV городск. науч.-практ. конф. – Хабаровск : Тихоокеанский государственный университет, 2009. – С. 89-96.
106. Мускари – изящество «мышинного» гиацинта. – Текст : электронный // Росток : сайт о садовых и комнатных растениях. – URL: <http://rostok.info/sad> (дата обращения : 22.06.2021).
107. Надуткин, В. Д. Надземная фитомасса древесных растений в сосняках зеленомошных / В. Д. Надуткин, А. Н. Модянов. – Текст : непосредственный // Вопросы экологии сосняков Севера : тр. – Сыктывкар : Коми филиала АН СССР, 1972. – Вып. 24. – С. 70-80.
108. Наквасина, Е. Н. Ассимиляционный аппарат как показатель адаптации сосны обыкновенной к изменению климатических условий произрастания / Е. Н. Наквасина. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2009. – № 3. – С. 12-19.
109. Никитана О. Сосна в озеленении / О. Никитина – Текст : электронный // Живой лес журнал : интернет-журнал : сайт. – URL: <https://givoyles.ru/articles/poroda-nomera/sosna>.
110. Николаевская, З. А. Садово-парковый ландшафт / З. А. Николаевская. – Москва : Стройиздат, 1989. – 344 с. – Текст : непосредственный.
111. Николаевский, В. С. Биологические основы газоустойчивости растений / В. С. Николаевский ; отв. ред. В. Ф. Альтерготт ; Центр. сиб. ботан. сад. – Новосибирск : Наука, 1979. – 275 с. – Текст : непосредственный.

112. Николаевский, В. С. Некоторые вопросы методологии и методики фоновое мониторинга / В. С. Николаевский. – Текст : непосредственный // Опыт и методы экологического мониторинга. – Пущино, 1978. – С. 53-59.
113. Николаевский, В. С. Экологическая оценка загрязнений атмосферного воздуха и состояние зеленых насаждений г. Калининграда Московской области / В. С. Николаевский, Н. Г. Николаевская, А. С. Придатченко. – Текст : непосредственный // Известия жилищно-коммунальной академии. Городское хозяйство и экология. – 1996. – № 2. – С. 27-35.
114. Николаевский, В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояние наземных экосистем методами фитоиндикации / В. С. Николаевский. – Пущино, 2002. – 222 с. – Текст : непосредственный.
115. Нифантьев, Е. С. Город на Енисее / Е. Нифантьев. – Красноярск : Книжное издательство, 1954. – 79 с. – Текст : непосредственный.
116. Нормы посадки деревьев и кустарников городских зеленых насаждений : отдел научно-технической информации АКХ : дата утверждения 11.12.1987 / Министерство жилищно-коммунального хозяйства РСФСР. – Москва, 1988. – 82 с. – Текст : непосредственный.
117. О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 1998 году : ежегодный доклад / Гос. ком. по охране окруж. среды Краснояр. края [и др.]. – Красноярск : [б. и.], 1999. – 219 с. – Текст : непосредственный.
118. О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2000 году : ежегодный доклад / Гос. ком. по охране окруж. среды Краснояр. края [и др.]. – Красноярск : [б. и.], 2001. – 220 с. – Текст : непосредственный.
119. О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2001 году : ежегодный доклад / Гос. ком. по охране окруж. среды Краснояр. края [и др.]. – Красноярск : [б. и.], 2002. – 226 с. – Текст : непосредственный.
120. О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2002 году : ежегодный доклад / Гос. ком. по охране окруж. среды Краснояр. края [и др.]. – Красноярск : [б. и.], 2003. – 234 с. – Текст : непосредственный.

- [illegible]

131. О состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 2013 году : ежегодный доклад / Гос. ком. по охране окруж. среды Краснояр. края [и др.]. – Красноярск : [б. и.], 2014. – 234 с. – Текст : непосредственный.
132. 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. – Текст : непосредственный.
133. 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. – Текст : непосредственный.
134. 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. – 234 с. – Текст : непосредственный.
135. 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. – 234 с. – Текст : непосредственный.
136. 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. – Текст : непосредственный.
137. Озеленение населенных мест : справочник / под ред. В. И. Ерохиной. – Москва : Стройиздат, 1987. – 480 с. – Текст : непосредственный.
138. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащих в выбросах предприятий : дата введения 1987-01-01 / разработана ордена Трудового Красного Знамени Главной геофизической обсерваторией им. А.И.Воейкова Госкомгидромета. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000112> (дата обращения : 22.06.2021).
139. Онтогенетический атлас растений : научное издание / отв. и науч. ред. проф. Л. А. Жукова ; Мар. гос. ун-т. – Йошкар-Ола, 2013. – Том VII. – 364 с. – Текст : непосредственный.

140. Онучин, А. А. Закономерности изменения массы хвои в хвойных древостоях / А. А. Онучин, Н. Т. Спицына. – Текст : непосредственный // Лесоведение. – 1995. – № 5. – С. 48-58.
141. Орнатский, Н. П. Автомобильные дороги и охрана природы / Н. П. Орнатский. – Москва : Транспорт, 1982. – 176 с. – Текст : непосредственный.
142. Оценка антропогенного воздействия на окружающую среду эксплуатируемого (проектируемого) участка автомобильной дороги. – Красноярск : КрасГАСА, 2002. – 42 с. – Текст : непосредственный.
143. Оценка методами биоиндикации техногенного воздействия на популяции *Pinus sylvestris* в районе предприятия по хранению радиоактивных отходов / С. А. Гераськин, Д. В. Васильев, В. Г. Дикарев [и др.]. – Текст : непосредственный // Экология. – 2005. – № 4. – С. 275-285.
144. Оценка состояния зеленых насаждений улиц центральной части Хабаровска / И. А. Соловьева, А. А. Нечаев, В. С. Грек, В. А. Морин [и др.]. – Текст : непосредственный // Динамика и состояние лесных ресурсов Дальнего Востока : материалы регион. конф. – Хабаровск : ФГУ ДальНИИЛХ, 2002. – С. 154-159.
145. Павлов, И. Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения / И. Н. Павлов. – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2006. – 360 с. – Текст : непосредственный.
146. Павлов, И. Н. Культуры сосны обыкновенной экологического назначения / И. Н. Павлов. – Текст : непосредственный // Инвестиционный потенциал лесного комплекса Красноярского края : сб. док. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2002. – С.138-143.
147. Палентреер, С. Н. Садово-парковое и ландшафтное искусство: Избранные труды / С. Н. Палентреер. – изд. 3-е. – Москва : МГУЛ, 2008. – 307 с. – Текст : непосредственный.
148. Патов, А. И. Сезонная динамика роста надземных органов сосны и ели / А. И. Патов – Текст : непосредственный // Комплексные биогеоценологические исследования хвойных лесов Европейского Северо-Востока. – Сыктывкар : Коми филиал, 1985. – Вып. 73. – С. 15-24.

149. Паутова, Н. В. Структура кроны лиственницы сибирской / Н. В. Паутова. – Текст : непосредственный // Лесоведение. – 2002. – № 7. – С. 3-13.
150. Посадка нарциссов в открытом грунте, правила выращивания и ухода. – Текст : электронный // Naogorode.net : сайт. – URL: <https://naogorode.net/narcissy> (дата обращения : 22.06.2021).
151. Правдин, Л. Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция / Л. Ф. Правдин. – Москва : Наука, 1964. – 192 с. – Текст : непосредственный.
152. Правила проведения инвентаризации зеленых насаждений и паспортизация озелененных территорий. – Москва : Прима-Пресс, 1998. – 40 с. – Текст : непосредственный.
153. Праходский, А. Н. Рост и продуктивность культур сосны на мелиорируемых песчаных землях / А. Н. Праходский. – Текст : непосредственный // Лесоведение и лесное хозяйство. – 1988. – Вып. 23. – С. 58-62.
154. Пшеничникова, Л. С. Биоиндикация лесных экосистем / Л. С. Пшеничникова. – Красноярск : СибГТУ, 2004. – 111 с. – Текст : непосредственный.
155. Раздорский, В. Ф. Архитектоника растений / В. Ф. Раздорский. – Москва : Советская наука. – 1955. – 254 с. – Текст : непосредственный.
156. Разумовский, Ю. В. К вопросу о возрастных изменениях объемно-пространственной структуры парковых территорий / Ю. В. Разумовский, Л. М. Фурсова. – Текст : непосредственный // Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство : науч. тр. / Моск. лесотехн. ин-т. – Москва, 1991. – Вып. 246. – С. 84-93.
157. Рекомендации по озеленению городов и рабочих поселков Средней Сибири / сост. Е. Н. Протопопова. – Красноярск : Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1972. – 148 с. – Текст : непосредственный.
158. Розенберг, Г. С. Фрактальные методы анализа структуры сообществ / Г. С. Розенберг. – Текст : непосредственный // Принципы экологии. – 2018. – № 4. – С. 4-43.

159. Рубцов, Л. И. Справочник по зеленому строительству / Л. И. Рубцов, А. А. Лаптев. – Киев : Будивельник, 1968. – 280 с. – Текст : непосредственный.
160. Ружже, В. Л. Красноярск : вопросы формирования и развития / В. Л. Ружже ; отв. ред. К. К. Крупица ; худож. оформ. В. К. Шадрина ; Гос. ком. по делам строительства при Совете Министров СССР, Проект и НИИ Красноярский промстройниипроект. – Красноярск : Книжное издательство, 1966. – 194 с. – Текст : непосредственный.
161. Северин, С. И. Комплексное озеленение в благоустройстве городов. – Киев : Будівельник, 1975. – 232 с. – Текст : непосредственный.
162. Серебряков, И. Г. Экологическая морфология растений / И. Г. Серебряков. – Москва : Высшая школа, 1962. – 378 с. – Текст : непосредственный.
163. Сидоренко, Г. И. Исследования в области защиты воздуха населенных мест от загрязнения отработанных газов автотранспорта / Г. И. Сидоренко, Ю. Г. Фельдман. – Текст : непосредственный // Гигиена и санитария. – 1984. – № 3. – С. 7-10.
164. Словарь ботанических терминов / коллектив авт.: И. А. Дудка [и др.] ; под общ. ред. И. А. Дудки. – Киев : Наукова думка, 1984. – 307 с. – Текст : непосредственный.
165. Смирнов, В. В. Сезонный прирост главнейших древесных пород / В. В. Смирнов. – Мочква : Наука, 1964. – 167 с. – Текст : непосредственный.
166. Смирнов, Н. С. Озеленение городов: из практики советского градостроительства : монография / Н. С. Смирнов, Л. О. Машинский, О. А. Иванова ; под ред. Н. С. Смирнова ; Моск. гос. ун-т леса. – Москва : Московский государственный университет леса, 2008. – 105 с. : ил., табл. – Текст : непосредственный.
167. Соколова, Э. Нельзя сажать рядом / Э. Соколова, Т. Галасьева. – Текст : электронный // Живой лес : интернет-журнал. – 2015. – URL: <https://givoyles.ru/articles/uhod/nelzya-sazhat-ryadom/#respond> (дата обращения : 21.06.2021)

168. Сомов, Е. В. Таксация насаждений сосны обыкновенной в городских посадках на примере г. Хабаровска : специальность 06.03.02 «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация» : автореферат на соискание ученой степени кандидат сельскохозяйственных наук / Сомов Евгений Владимирович ; ФГБОУ ВПО Тихоокеанский государственный университет. – Красноярск, 2012. – 18 с. – Текст : непосредственный.
169. Справочник архитектора / Акад. стр-ва и архитектуры СССР, Ин-т градостроительства и район планировки ; ред. В. А. Шквариков [и др.]. – Москва : Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам. Т. 3, 2 полутом : Озеленение городов / составитель: Л. С. Залесская, В. Д. Александрова. – 1960. – 463 с. – Текст : непосредственный.
170. Средняя Сибирь : природные условия и естественные ресурсы СССР / Акад. наук СССР, Ин-т географии. – Москва : Наука, 1964. – 480 с. – Текст : непосредственный.
171. Сродных, Т. Б. Анализ состояния озеленения г. Белоярского Ханты-Мансийского автономного округа / Т. Б. Сродных, С. Е. Спирина. – Текст : непосредственный // Леса Урала и хозяйство в них : сб. науч. тр. – 2006. – Вып. 28. – С. 266-271.
172. Сродных, Т. Б. Озеленение городов Тюменского Севера : монография / Т. Б. Сродных ; Минобрнауки России, Уральский государственный лесотехнический университет. – Переиздание. – Екатеринбург, 2011. – 140 с. – Текст : непосредственный.
173. Старокожева, Е. А. Управление качеством атмосферы на улицах промышленного города / Е. А. Старокожева, О. В. Чекмарева. – Текст : непосредственный // Проблемы экологии на пути к устойчивому развитию регионов. – Вологда, 2001. – С. 23-25.
174. Степанов, А. П. Енисейская губерния. – Санкт-Петербург, 1835. – Ч. 1. – 1835. – 176 с. – Текст : непосредственный.
175. Стратегическое направление развития «ЖКХ и городская среда» : Формирование комфортной городской среды : Приоритетный проект :

официальный сайт. – Москва. – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/zhilishno-kommunalnoe-hozyajstvo/strategicheskoe-napravlenie-razvitiya-zhkkh-i-gorodskaya-sreda/>. – Текст : электронный.

176. Сычева, А. В. Ландшафтная архитектура : учебное пособие по специальности «Архитектура» / А. В. Сычева. – Москва : Оникс, 2006. – 85 с. – Текст : непосредственный.

177. Теодоронский, В. С. К вопросу жизнеспособности пересаживаемых деревьев в городах / В. С. Теодоронский, Г. Г. Лопатина, Г. П. Жеребцова. – Текст : непосредственный // Передовые приемы агротехники в озеленении городов. – Москва, 1985. – С. 28-35.

178. Теодоронский, В. С. Ландшафтно-архитектурные аспекты мониторинга зеленого фонда города / В. С. Теодоронский. – Текст : непосредственный // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 1999. – № 2. – С. 22-25.

179. Теодоронский, В. С. Об озеленении магистралей и улиц Москвы / В. С. Теодоронский. – Текст : непосредственный // Экология большого города. – Вып. 5. Проблемы содержания зеленых насаждений в условиях Москвы. – Москва, 2001. – С. 14 – 23.

180. Торлопова, Н. В. Влияние поллютантов на хвойные фитоценозы (на примере Сыктывкарского лесопромышленного комплекса) / Н. В. Торлопова, Е. А. Робакидзе. – Екатеринбург : УрО РАН, 2003. – 146 с. – Текст : непосредственный.

181. Туточкин, Б. Г. Проявление работы внутренних и внешних сил Земли в районе г. Красноярска / Б. Г. Туточкин. – Текст : непосредственный // Красноярский край : материалы по географии и истории. – Красноярск, 1960. – Т. 30. – С. 146-151.

182. Тюкавина, О. Н. Черты сходства динамики длины хвои по годам роста сосны обыкновенной в различных условиях произрастания / О. Н. Тюкавина, Д. Н. Клевцов, Н. А. Бабич. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2017. – № 173. – С. 73-85.

183. 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.
184. Урусов, В. М. Использование хвойных пород в декоративных посадках Приморского края / В. М. Урусов. – Текст : непосредственный // Озеленение городов Дальнего Востока : материалы координацион. совещ. / ДВНЦ АН СССР. – Владивосток, 1975. – С. 3-13.
185. Урусов, В. М. Хвойные Российского Дальнего Востока - ценные объекты изучения, охраны, разведения и использования / В. М. Урусов, И. И. Лобанова, Л. И. Варченко. – Владивосток : Дальнаука, 2007. – 440 с. – Текст : непосредственный.
186. Усольцев, В. А. Биоэкологические аспекты таксации фитомассы деревьев / В. А. Усольцев. – Екатеринбург : Изд-во УРО РАН, 1997. – 216 с. – Текст : непосредственный.
187. Усольцев, В. А. Методы определения биологической продуктивности насаждений / В. А. Усольцев, С. В. Залесов. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005. – 147 с. – Текст : непосредственный.
188. Усольцев, В. А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев / В. А. Усольцев. – Красноярск : Издательство Красноярского университета, 1985. – 192 с. – Текст : непосредственный.
189. Усольцев, В. А. Рост и структура фитомассы древостоев / В. А. Усольцев. – Новосибирск : Наука, 1988. – 254 с. – Текст : непосредственный.
190. Уфимцева, М. Д. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга / М. Д. Уфимцева, Н. В. Терехина. – Санкт-Петербург : Наука, 2005. – 340 с. – Текст : непосредственный.
191. Уход за тюльпанами. – Текст : электронный // Дарвин : сеть садовых гипермаркетов : сайт. – URL: <https://darwin.ru> (дата обращения : 22.06.2021).
192. Феклистов, П. А. Биометрические показатели ассимиляционного аппарата культур сосны / П. А. Феклистов, Н. А. Бабич. – Текст : непосредственный // Экология и защита леса. – Ленинград : ЛТА, 1990. – С. 56-59.

193. Феклистов, П. А. Особенности ассимиляционного аппарата, водного режима и роста деревьев сосны в осушенных сосняках / П. А. Феклистов, О. Н. Тюкавина. – Архангельск : САФУ, 2014. – 179 с. – Текст : непосредственный.
194. Феклистов, П. А. Сезонный рост сосен скрученной и обыкновенной в северной подзоне тайги / П. А. Феклистов, С. Ю. Бирюков. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2006. – № 6. – С. 24-29.
195. Формирование комфортной городской среды : Приоритетный проект / разработан Минстроем России : официальный сайт. – Москва. – URL: <https://www.krasnadzor.ru/gosudarstvennyj-zhilishchnyj-kontrol/munitsipalnyj-zhilishchnyj-kontrol/munjilfond/2-uncategorised/3522-formirovanie-komfortnoy-gorodskoy-sredi>. – Текст : электронный.
196. 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.
197. Хвойные породы в озеленении Центральной России / М. П. Чернышов, Ю. Ф. Арефьев, Е. В. Титов ; под общей редакцией профессора М. П. Чернышова. – Москва : Колос, 2007. – 328 с. – Текст : непосредственный.
198. Хромов, С. П. Метеорология и климатология для географических факультетов : учебник для географических факультетов университетов / С. П. Хромов. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1983. – 455 с. – Текст : непосредственный.
199. Хромов, Ю. Б. Ландшафтная архитектура городов Сибири и Европейского Севера : монография / Ю. Б. Хромов. – Ленинград : Стройиздат, Ленинградское отделение, 1987. – 200 с. – Текст : непосредственный.
200. Царев, В. И. Красноярск : история и развитие градостроительства / В. И. Царев, В. И. Крушлинский ; НИИ теории архитектуры и градостроительства, Краснояр. краеведческий музей, НПЦ "Архсиб". – Красноярск : Кларетианум, 2001. – 247 с. – Текст : непосредственный.

201. Царев, В. И. Центральный парк в городе Красноярске: история формирования и архитектурно-планировочные преобразования / В. И. Царев, В. Л. Чобанян. – Текст : непосредственный // Вестник Крас ГАУ. – 2013. – № 7. – С. 281-288.
202. Цельникер, Ю. Л. Морфологические и физиологические исследования кроны деревьев (литературный обзор) / Ю. Л. Цельникер, М. Д. Корзухин, Б. Б. Зейде. – Москва : Урания, 1997. – 93 с. – Текст : непосредственный.
203. Цельникер, Ю. Л. Структура кроны ели / Ю. Л. Цельникер. – Текст : непосредственный // Лесоведение. – 1994. – № 4. – С. 35-44.
204. Цельникер, Ю. Л. Структура кроны лиственницы / Ю. Л. Цельникер. – Текст : непосредственный // Лесоведение. – 1997. – № 3. – С. 40-50.
205. Цельникер, Ю. Л. Физиологические основы теневыносливых древесных растений / Ю. Л. Цельникер. – Москва : Наука, 1978. – 121 с. – Текст : непосредственный.
206. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / отв. ред. А. А. Уранов, Т. И. Серебрякова. – Москва : Наука, 1976. – 217 с. – Текст : непосредственный.
207. Циркуляр о проведении праздника древонасаждения. – Красноярск : Государственный архив Красноярского края, 1901. – ф. 348, оп.1, д.183, л.97. – Текст : непосредственный.
208. Чернышенко, О. В. Поглощительная способность и газоустойчивость древесных растений в условиях города / О. В. Чернышенко. – Москва : МГУЛ, 2002. – 120 с. – Текст : непосредственный.
209. Чжан, С. А. Лесоводственная оценка состояния сосновых насаждений в условиях длительного техногенного загрязнения / Чжан Светлана Анатольевна : специальность 06.03.02 "Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация" : диссертация на соискание степени доктора сельскохозяйственных наук. – Красноярск : СибГТУ, 2014. – 262 с. – Текст : непосредственный.
210. Шегалов, И. П. Системный подход к проблеме сравнения экологических ущербов воздушным и водным средам от транспортных тепловых двигателей / И.

- П. Шегалов. – Текст : непосредственный // Двигателестроение. – 1983. – № 10. – С. 55-59.
211. Шелухо, В. П. Биоиндикация хронического промышленного воздействия щелочного типа на компоненты хвойных лесонасаждений / В. П. Шелухо. – Брянск, 2001. – 205 с. – Текст : непосредственный.
212. Шрингер, А. А. Автотранспортное загрязнение атмосферы центрального района города Новокузнецка / А. А. Шрингер. – Новокузнецк, 2001. – 134 с. – Текст : непосредственный.
213. Шумовская, Д. А. Нормы озеленения современного города: мечты и реальность / Д. А. Шумовская. – Текст : непосредственный // Проблемы региональной экологии. – 2000. – № 2. – С. 45-50.
214. Шутов, И. В. Значение неравномерного размещения деревьев в культурах сосны / И. В. Шутов. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2002. – № 1. – С. 47-55.
215. Шяпетене, Я. А. Закономерности усыхания сосняков в зоне интенсивных промышленных выбросов / Я. А. Шяпетене. – Текст : непосредственный // Лесное хозяйство. – 1988. – №2. – С. 43-46.
216. Экология городской среды : учебное пособие / сост. И. С. Швабенланд, М. Л. Махрова, С. А. Кырова. – Томск : Изд-во ТГУ, 2007. – 108 с. – Текст : непосредственный.
217. Якубов, Х. Г. Экологический мониторинг зеленых насаждений в Москве / Х. Г. Якубов. – Москва : Стагирит-Н, 2005. – 264 с. – Текст : непосредственный.
218. Якшина, А. М. Структура кроны дуба в связи с расходом органического вещества на дыхание / А. М. Якшина. – Текст : непосредственный // Световой режим, фотосинтез и продуктивность леса. – Москва : Наука, 1967. – С. 200-218.
219. Ярмишко, В. Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на европейском Севере / В. Т. Ярмишко. – Санкт-Петербург : Издательство НИИ химии Санкт-Петербургского университета, 1997. – 210 с. – Текст : непосредственный.

220. Ballarin-Denti A. Environmental Pollution and Forest Stress: a Multidisciplinary Approach Study on Alpine Forest Ecosystems / A. Ballarin-Denti, S. M. Cocucci, F. Di Girolamo // *Chemo-sphere*. – 1998. – № 36. – P. 1049-1054. – direct text.
221. Bezrukikh, V. A. Substantiation of species composition of woody plants taking into account dendroclimatic zoning of the territory of Krasnoyarsk / V. A. Bezrukikh, E. V. Avdeeva, E. A. Selenina, A. I. Panov // *Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф.* – Красноярск, 2020. – С. 16-32. – direct text.
222. Borgman, E. M. Assessing the Potential for Maladaptation during Active Management of Limber Pine Populations: a Common Garden Study Detects Genetic Differentiation in Response to Soil Moisture in the Southern Rocky Mountains / E. M. Borgman, A.W. Schoettle, A. L. Angert // *Canadian Journal of Forest Research*. – 2015. – vol. 45, iss. 4. – P. 496-505. – direct text.
223. Herrero A., Zamora R. Plant Responses to Extreme Climatic Events: a Field Test of Resilience Capacity at the Southern Range Edge. *PLoS ONE*, 2014, vol. 9(1), pp. 136–147. – direct text.
224. Jager, E. J. Indikation von Luftverunreinigungen durch morphometrische Untersuchungen an Hoheren Pflanzen / In: R. Schubert, J. Schuh (Hrsg.) // *Bioindikation, Teil. 3, Wiss. Beitr. Martin-Luther-Univ., Halle-Wittenberg*. – 1980. – № 2. – direct text.
225. Junttila, O. Shoot and Needle Growth in *Pinus sylvestris* as Related to Temperature in Northern Fennoscandia / O. Junttila, O. M. Heide // *Forest Science*. – 1981. – vol. 27. – № 3. – P. 423-430. – direct text.
226. Nikolić. B. Morpho-Anatomical Traits of *Pinus Peuce* Needles from Natural Populations in Montenegro and Serbia / B. Nikolić, S. Bojović, P. D. Marin // *Plant Biosystems*. – 2015. – vol. 150(5). – P. 1038-1045. – direct text.
227. Pretzsch H. Climate change accelerates growth of urban trees in metropolises worldwide / H. Pretzsch, P. et al Biber // *Scientific Reports*. – 2017. – direct text.

228. Simple Key to the Pines. A Continuation of the Bulletin of Popular Information of the Arnold Arboretum // Harvard university. – 1951. – vol. 11(9). – P. 63-70. – direct text.
229. Wood, P. J. Sampling Systems to Assess Variability in the Needles of Twelve Mexican Pines / P. J. Wood. – New Phytologist. – 1972. – vol. 71(5). – P. 925-936. – direct text.
- 230 Zwolinski, J. B. Pine mortality after planting on post-agricultural lands in South Africa / J. B. Zwolinski, D. B. South, E. A. Droomer // Silva fenn. – 1998.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица - Статистические показатели морфометрических параметров сосны обыкновенной на объектах озеленения г. Красноярска

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости признака	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$		Точность опыта
	Удовлетворительный / мкр. Удачный / V1 -виргинильное												t _{фак}		
	М	M _{max}													
1	Высота штамба, м		0,42	0,48	0,35	0,13	0,06	0,00	15,55	с.	7,78	0,03	12,86	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		1,67	1,92	1,41	0,51	0,26	0,07	15,57	с.	7,79	0,13	12,84	в.	н
3	Высота дерева, м		3,09	3,41	2,65	0,76	0,32	0,10	10,42	н	5,21	0,16	19,19	в.	н
4	Длина освещенной части кроны	м	1,42	1,73	1,16	0,57	0,27	0,07	18,76	с.	9,38	0,13	10,66	в.	н
5		%	53,00	60,00	45,00	15,00	6,16	38,00	11,63	н	5,82	3,08	17,20	в.	н
6	Длина затененной части кроны	м	1,25	1,44	1,04	0,40	0,20	0,04	15,77	с.	7,89	0,10	12,68	в.	н
7		%	47,00	55,00	40,00	15,00	6,16	38,00	13,12	с.	6,56	3,08	15,25	в.	н
8	Протяженность кроны	м	2,67	2,95	2,28	0,67	0,30	0,09	11,26	н	5,63	0,15	17,77	в.	н
9		%	86,50	89,00	84,00	5,00	2,08	4,33	2,41	о.н.	1,20	1,04	83,11	в.	о.в.
10	Диаметр ствола, см		5,49	5,73	5,10	0,64	0,30	0,09	5,55	о.н.	2,78	0,15	36,03	в.	д.
11	Максимальный диаметр кроны, м		1,42	1,63	0,95	0,68	0,32	0,10	22,41	пв.	11,21	0,16	8,92	в.	н
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		3,61	4,79	1,98	2,81	1,19	1,41	32,91	в.	16,45	0,59	6,08	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		3,29	4,23	1,71	2,53	1,10	1,21	33,49	в.	16,75	0,55	5,97	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		6,90	8,27	3,69	4,58	2,15	4,64	31,21	в.	15,61	1,08	6,41	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		0,79	1,16	0,29	0,87	0,36	0,13	45,98	о.в.	22,99	0,18	4,35	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		0,71	1,00	0,25	0,76	0,32	0,11	45,88	о.в.	22,94	0,16	4,36	в.	н
17	Объем кроны, м ³		1,50	1,92	0,54	1,38	0,65	0,42	43,01	о.в.	21,51	0,32	4,65	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$		Точность опыта
	Удовлетворительный мкр. Удачный V2 -виргинильное												t _{фак}		
	М	M _{max}													
1	Высота штамба, м		0,42	0,48	0,35	0,13	0,06	0,00	15,55	с.	7,78	0,03	12,86	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		1,67	1,92	1,41	0,51	0,26	0,07	15,57	с.	7,79	0,13	12,84	в.	н
3	Высота дерева, м		3,49	3,95	2,77	1,18	0,54	0,29	15,32	с.	7,66	0,27	13,05	в.	н
4	Длина освещенной части кроны	м	1,83	2,47	1,36	1,11	0,49	0,24	26,79	пв.	13,39	0,24	7,47	в.	н
5		%	59,00	69,00	53,00	16,00	6,93	48,00	11,74	н	5,87	3,46	17,03	в.	н
6	Длина затененной части кроны	м	1,25	1,44	1,04	0,40	0,20	0,04	15,77	с.	7,89	0,10	12,68	в.	н
7		%	41,00	47,00	31,00	16,00	6,93	48,00	16,90	с.	8,45	3,46	11,84	в.	н
8	Протяженность кроны	м	3,08	3,60	2,40	1,20	0,53	0,28	17,07	с.	8,54	0,26	11,72	в.	н
9		%	88,25	91,00	87,00	4,00	1,89	3,58	2,15	о.н.	1,07	0,95	93,24	в.	о.в.
10	Диаметр ствола, см		5,81	6,37	5,41	0,96	0,40	0,16	6,89	о.н.	3,45	0,20	29,01	в.	д.
11	Максимальный диаметр кроны, м		1,66	1,94	1,29	0,65	0,31	0,10	18,91	с.	9,45	0,16	10,58	в.	н
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		5,38	8,08	3,05	5,03	2,27	5,15	42,13	о.в.	21,07	1,13	4,75	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		3,97	5,11	2,48	2,63	1,14	1,30	28,74	пв.	14,37	0,57	6,96	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		9,35	12,62	5,53	7,09	3,27	10,72	35,02	в.	17,51	1,64	5,71	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		1,43	2,43	0,59	1,84	0,84	0,70	58,49	о.в.	29,25	0,42	3,42	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		0,93	1,35	0,45	0,89	0,39	0,15	41,25	о.в.	20,62	0,19	4,85	в.	н
17	Объем кроны, м ³		2,37	3,55	1,05	2,50	1,17	1,38	49,58	о.в.	24,79	0,59	4,03	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости показателя	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$	Точность опыта	
	Удовлетворительный Пос. Удачный g1-1 – молодая генеративная особь														
	М	М _{max}													М _{min}
1	Высота штамба, м		0,70	0,97	0,50	0,47	0,20	0,04	28,40	пв.	14,20	0,10	7,04	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		2,39	2,81	1,97	0,84	0,45	0,21	18,99	с.	9,50	0,23	10,53	в.	н
3	Высота дерева, м		5,71	7,19	5,06	2,13	0,99	0,98	17,37	с.	8,69	0,50	11,51	в.	н
4	Длина освещенной части кроны	м	3,32	5,16	2,25	2,91	1,32	1,74	39,74	в.	19,87	0,66	5,03	в.	н
5		%	64,50	83,00	49,00	34,00	15,80	249,67	24,50	пв.	12,25	7,90	8,16	в.	н
6	Длина затененной части кроны	м	1,70	2,31	1,06	1,25	0,60	0,36	35,45	в.	17,72	0,30	5,64	в.	н
7		%	35,50	51,00	17,00	34,00	15,80	249,67	44,51	о.в.	22,25	7,90	4,49	в.	н
8	Протяженность кроны	м	5,02	6,22	4,56	1,66	0,80	0,65	16,02	с.	8,01	0,40	12,48	в.	н
9		%	88,00	90,00	87,00	3,00	1,41	2,00	1,61	о.н.	0,80	0,71	124,45	0,00	о.в.
10	Диаметр ствола, см		9,87	10,83	8,92	1,91	0,82	0,68	8,33	н	4,16	0,41	24,01	в.	д.
11	Максимальный диаметр кроны, м		4,24	4,46	4,03	0,43	0,23	0,05	5,34	о.н.	2,67	0,11	37,45	в.	д.
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		26,62	38,85	19,32	19,54	8,49	72,08	31,90	в.	15,95	4,25	6,27	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		18,31	21,45	15,24	6,21	2,76	7,61	15,06	с.	7,53	1,38	13,28	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		44,93	55,79	38,92	16,87	7,68	59,02	17,10	с.	8,55	3,84	11,70	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		15,82	26,26	9,70	16,55	7,23	52,22	45,67	о.в.	22,84	3,61	4,38	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		7,97	10,93	5,39	5,54	2,88	8,31	36,16	в.	18,08	1,44	5,53	в.	н
17	Объем кроны, м ³		23,80	31,65	19,67	11,98	5,58	31,13	23,45	пв.	11,72	2,79	8,53	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$		Точность опыта
	Удовлетворительный Ботанический бульвар g1-2 - молодая генеративная особь												t _{фак}		
	М	M _{max}													
1	Высота штамба, м		0,78	0,91	0,66	0,25	0,09	0,01	11,34	н	5,07	0,04	19,71	в.	д.
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		2,97	3,66	2,38	1,28	0,50	0,25	16,75	с.	7,49	0,22	13,35	в.	н
3	Высота дерева, м		6,52	7,09	5,86	1,23	0,49	0,24	7,47	о.н.	3,34	0,22	29,93	в.	д.
4	Длина освещенной части кроны	м	3,55	3,91	2,64	1,27	0,55	0,30	15,38	с.	6,88	0,24	14,54	в.	н
5		%	61,60	69,00	52,00	17,00	8,14	66,30	13,22	с.	5,91	3,64	16,92	в.	н
6	Длина затененной части кроны	м	2,19	2,87	1,72	1,15	0,49	0,24	22,26	пв.	9,95	0,22	10,05	в.	н
7		%	38,40	48,00	31,00	17,00	8,14	66,30	21,20	пв.	9,48	3,64	10,55	в.	н
8	Протяженность кроны	м	5,74	6,30	5,08	1,22	0,47	0,23	8,27	н	3,70	0,21	27,03	в.	д.
9		%	88,00	89,00	86,00	3,00	1,41	2,00	1,61	о.н.	0,72	0,63	139,14	в.	о.в.
10	Диаметр ствола, см		10,51	11,15	9,55	1,59	0,68	0,46	6,43	о.н.	2,87	0,30	34,79	в.	д.
11	Максимальный диаметр кроны, м		3,49	3,91	3,07	0,84	0,39	0,15	11,27	н	5,04	0,18	19,84	в.	д.
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		21,64	26,70	19,86	6,84	2,87	8,26	13,28	с.	5,94	1,29	16,84	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		15,45	19,19	11,96	7,23	3,03	9,20	19,63	с.	8,78	1,36	11,39	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		37,09	42,70	33,06	9,64	4,13	17,04	11,13	н	4,98	1,85	20,09	в.	д.
15	Объем освещенной части кроны, м ³		11,23	15,52	9,64	5,88	2,43	5,91	21,65	пв.	9,68	1,09	10,33	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		7,00	9,76	4,70	5,07	2,08	4,32	29,69	пв.	13,28	0,93	7,53	в.	н
17	Объем кроны, м ³		18,23	22,45	14,99	7,45	3,23	10,40	17,69	с.	7,91	1,44	12,64	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{\text{фак}}$		Точность опыта
	Удовлетворительный СФУ g2 – средневозрастная генеративная особь												t _{фак}		
	М	M _{max}													
1	Высота штамба, м		2,59	3,18	2,13	1,05	0,44	0,19	16,79	с.	6,85	0,18	14,59	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		4,88	6,69	3,36	3,33	1,17	1,37	24,04	пв.	9,81	0,48	10,19	в.	н
3	Высота дерева, м		15,26	17,00	12,51	4,49	1,73	3,01	11,37	н	4,64	0,71	21,55	в.	д.
4	Длина освещенной части кроны	м	10,38	13,64	5,82	7,82	2,64	6,95	25,39	пв.	10,37	1,08	9,65	в.	н
5		%	81,00	92,00	62,00	30,00	10,28	105,60	12,69	н	5,18	4,20	19,31	в.	н
6	Длина затененной части кроны	м	2,29	3,51	1,23	2,28	0,88	0,77	38,33	в.	15,65	0,36	6,39	в.	н
7		%	19,00	38,00	8,00	30,00	10,28	105,60	54,09	о.в.	22,08	4,20	4,53	в.	н
8	Протяженность кроны	м	12,67	14,87	9,33	5,54	2,12	4,49	16,72	с.	6,83	0,86	14,65	в.	н
9		%	82,50	87,00	75,00	12,00	4,85	23,50	5,88	о.н.	2,40	1,98	41,69	в.	д.
10	Диаметр ствола, см		36,31	38,54	31,85	6,69	2,52	6,37	6,95	о.н.	2,84	1,03	35,24	в.	д.
11	Максимальный диаметр кроны, м		9,70	11,71	7,50	4,21	1,73	3,00	17,86	с.	7,29	0,71	13,71	в.	н
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		175,44	235,26	138,07	97,18	43,75	1914,38	24,94	пв.	10,18	17,86	9,82	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		84,44	125,50	48,05	77,45	29,90	893,89	35,41	в.	14,45	12,21	6,92	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		259,88	337,28	186,13	151,15	62,71	3932,93	24,13	пв.	9,85	25,60	10,15	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		255,44	380,05	163,53	216,52	98,58	9718,06	38,59	в.	15,76	40,25	6,35	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		61,08	125,94	23,70	102,24	40,59	1647,80	66,46	о.в.	27,13	16,57	3,69	в.	н
17	Объем кроны, м ³		316,52	476,53	187,22	289,31	113,11	12792,82	35,73	в.	14,59	46,18	6,85	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$		Точность опыта
	Напряженный Цирк V1 -виргинильное												t _{фак}		
	М	M _{max}													
1	Высота штамба, м		0,14	0,25	0,00	0,25	0,09	0,01	61,28	о.в.	25,02	0,04	4,00	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		1,11	1,57	0,86	0,71	0,25	0,06	22,22	пв.	9,07	0,10	11,02	в.	н
3	Высота дерева, м		2,68	2,85	2,51	0,34	0,11	0,01	4,28	о.н.	1,75	0,05	57,22	в.	о.в.
4	Длина освещенной части кроны	м	1,57	1,82	1,28	0,54	0,19	0,04	12,13	н	4,95	0,08	20,20	в.	д.
5		%	62,17	75,00	48,00	27,00	9,41	88,57	15,14	с.	6,18	3,84	16,18	в.	н
6	Длина затененной части кроны	м	0,97	1,40	0,61	0,79	0,28	0,08	28,52	пв.	11,64	0,11	8,59	в.	н
7		%	37,83	52,00	25,00	27,00	9,41	88,57	24,87	пв.	10,16	3,84	9,85	в.	н
8	Протяженность кроны	м	2,54	2,68	2,36	0,32	0,12	0,02	4,89	о.н.	1,99	0,05	50,14	в.	о.в.
9		%	94,83	100,00	91,00	9,00	3,19	10,17	3,36	о.н.	1,37	1,30	72,85	в.	о.в.
10	Диаметр ствола, см		3,82	4,46	3,50	0,96	0,35	0,12	9,13	н	3,73	0,14	26,83	в.	д.
11	Максимальный диаметр кроны, м		1,40	1,58	1,19	0,39	0,16	0,03	11,48	н	4,69	0,07	21,34	в.	д.
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		3,77	4,60	2,91	1,69	0,58	0,33	15,28	с.	6,24	0,24	16,03	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		2,66	3,99	2,22	1,77	0,67	0,45	25,29	пв.	10,33	0,27	9,68	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		6,43	7,72	5,36	2,36	0,87	0,76	13,55	с.	5,53	0,36	18,07	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		0,81	1,06	0,53	0,52	0,19	0,04	23,36	пв.	9,54	0,08	10,49	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		0,50	0,91	0,35	0,56	0,21	0,04	41,50	о.в.	16,94	0,09	5,90	в.	н
17	Объем кроны, м ³		1,31	1,75	0,97	0,78	0,29	0,08	22,07	пв.	9,01	0,12	11,10	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$		Точность опыта
	Напряженный Парк имени 1 мая V2 -виргинильное												t _{фак}		
	М	M _{max}													
1	Высота штамба, м		0,32	0,51	0,16	0,35	0,15	0,02	46,30	о.в.	23,15	0,07	4,32	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		1,79	2,20	1,41	0,79	0,33	0,11	18,36	с.	9,18	0,16	10,90	в.	н
3	Высота дерева, м		3,43	3,94	2,59	1,35	0,59	0,35	17,27	с.	8,63	0,30	11,58	в.	н
4	Длина освещенной части кроны	м	1,64	2,02	1,18	0,84	0,35	0,12	21,27	пв.	10,63	0,17	9,40	в.	н
5		%	52,75	58,00	49,00	9,00	3,86	14,92	7,32	о.н.	3,66	1,93	27,32	в.	д.
6	Длина затененной части кроны	м	1,46	1,69	1,25	0,44	0,18	0,03	12,33	н	6,16	0,09	16,23	в.	н
7		%	47,25	51,00	42,00	9,00	3,86	14,92	8,17	н	4,09	1,93	24,47	в.	д.
8	Протяженность кроны	м	3,11	3,46	2,43	1,03	0,48	0,23	15,42	с.	7,71	0,24	12,97	в.	н
9		%	91,00	94,00	87,00	7,00	3,16	10,00	3,48	о.н.	1,74	1,58	57,55	в.	о.в.
10	Диаметр ствола, см		6,85	7,32	6,37	0,96	0,41	0,17	6,00	о.н.	3,00	0,21	33,31	в.	д.
11	Максимальный диаметр кроны, м		1,67	1,79	1,49	0,30	0,14	0,02	8,51	н	4,26	0,07	23,49	в.	д.
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		4,87	6,21	3,26	2,94	1,22	1,48	25,02	пв.	12,51	0,61	7,99	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		4,42	4,77	3,40	1,36	0,68	0,46	15,29	с.	7,65	0,34	13,08	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		9,29	10,97	6,67	4,31	1,84	3,40	19,85	с.	9,92	0,92	10,08	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		1,22	1,69	0,69	1,01	0,42	0,18	34,18	в.	17,09	0,21	5,85	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		1,07	1,21	0,73	0,48	0,23	0,05	21,64	пв.	10,82	0,12	9,24	в.	н
17	Объем кроны, м ³		2,30	2,90	1,41	1,49	0,63	0,40	27,66	пв.	13,83	0,32	7,23	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$		Точность опыта
	Напряженный УЗС g1 – 1 -генеративное														
													M	M _{max}	
1	Высота штамба, м		1,27	1,45	1,10	0,35	0,12	0,01	9,65	Н	3,22	0,04	31,08	в.	д.
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		3,51	5,83	2,00	3,83	1,17	1,36	33,27	в.	11,09	0,39	9,02	в.	н
3	Высота дерева, м		6,01	7,62	4,70	2,92	1,18	1,40	19,72	с.	6,57	0,39	15,21	в.	н
4	Длина освещенной части кроны	м	2,50	3,35	1,79	1,56	0,54	0,30	21,81	пв.	7,27	0,18	13,76	в.	н
5		%	54,67	76,00	28,00	48,00	13,75	189,00	25,15	пв.	8,38	4,58	11,93	в.	н
6	Длина затененной части кроны	м	2,24	4,57	0,83	3,74	1,16	1,34	51,69	о.в.	17,23	0,39	5,80	в.	н
7		%	45,33	72,00	24,00	48,00	13,75	189,00	30,33	пв.	10,11	4,58	9,89	в.	н
8	Протяженность кроны	м	4,74	6,36	3,53	2,83	1,16	1,36	24,58	пв.	8,19	0,39	12,20	в.	н
9		%	78,22	85,00	73,00	12,00	4,02	16,19	5,14	о.н.	1,71	1,34	58,31	в.	о.в.
10	Диаметр ствола, см		9,24	11,78	6,37	5,41	1,46	2,13	15,80	с.	5,27	0,49	18,98	в.	н
11	Максимальный диаметр кроны, м		2,91	3,43	2,18	1,25	0,46	0,21	15,77	с.	5,26	0,15	19,02	в.	н
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		13,45	19,77	7,89	11,88	4,02	16,13	29,87	пв.	9,96	1,34	10,04	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		12,80	23,99	5,20	18,79	6,15	37,81	48,04	о.в.	16,01	2,05	6,25	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		26,25	36,85	14,91	21,94	8,72	75,99	33,21	в.	11,07	2,91	9,03	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		5,79	9,90	2,52	7,37	2,54	6,44	43,86	о.в.	14,62	0,85	6,84	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		5,40	11,94	1,17	10,77	3,64	13,28	67,47	о.в.	22,49	1,21	4,45	в.	н
17	Объем кроны, м ³		11,19	18,22	4,69	13,54	5,25	27,54	46,91	о.в.	15,64	1,75	6,40	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$		Точность опыта
	Напряженный Ботанический бульвар g1 – 2 -генеративное												t _{фак}		
	М	M _{max}													
1	Высота штамба, м		0,82	1,02	0,57	0,45	0,16	0,02	19,18	с.	7,83	0,06	12,77	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		3,22	4,39	2,11	2,28	0,78	0,61	24,19	пв.	9,88	0,32	10,13	в.	н
3	Высота дерева, м		6,29	8,51	4,15	4,36	1,38	1,91	21,96	пв.	8,96	0,56	11,16	в.	н
4	Длина освещенной части кроны	м	3,07	5,08	1,87	3,21	1,16	1,35	37,90	в.	15,47	0,47	6,46	в.	н
5		%	55,67	66,00	36,00	30,00	11,29	127,47	20,28	с.	8,28	4,61	12,08	в.	н
6	Длина затененной части кроны	м	2,41	3,37	1,27	2,10	0,74	0,54	30,69	пв.	12,53	0,30	7,98	в.	н
7		%	44,33	64,00	34,00	30,00	11,29	127,47	25,47	пв.	10,40	4,61	9,62	в.	н
8	Протяженность кроны	м	5,47	7,66	3,31	4,35	1,39	1,93	25,36	пв.	10,35	0,57	9,66	в.	н
9		%	86,50	91,00	80,00	11,00	4,23	17,90	4,89	о.н.	2,00	1,73	50,08	в.	о.в.
10	Диаметр ствола, см		10,30	11,15	9,55	1,59	0,66	0,43	6,39	о.н.	2,61	0,27	38,34	в.	д.
11	Максимальный диаметр кроны, м		3,30	3,87	2,57	1,30	0,46	0,21	13,97	с.	5,70	0,19	17,54	в.	н
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		18,63	33,03	9,73	23,30	8,05	64,74	43,20	о.в.	17,64	3,28	5,67	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		15,48	19,96	7,29	12,67	5,02	25,21	32,43	в.	13,24	2,05	7,55	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		34,11	52,62	17,02	35,61	11,63	135,31	34,10	в.	13,92	4,75	7,18	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		9,38	19,91	3,53	16,38	5,73	32,84	61,08	о.в.	24,94	2,34	4,01	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		7,24	10,37	2,19	8,17	3,25	10,55	44,84	о.в.	18,30	1,33	5,46	в.	н
17	Объем кроны, м ³		16,63	30,02	5,72	24,30	8,05	64,86	48,44	о.в.	19,77	3,29	5,06	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариаций	Уровень изменчивости	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$	Точность опыта	
	Напряженный Ярыгинский проезд g2 – средневозрастное генеративное														
	М	M _{max}													
1	Высота штамба, м		3,04	4,05	2,57	1,48	0,60	0,36	19,67	с.	8,80	0,27	11,37	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		5,75	9,33	4,04	5,29	2,23	4,97	38,79	в.	17,35	1,00	5,76	в.	н
3	Высота дерева, м		10,67	12,49	9,59	2,90	1,08	1,17	10,12	н	4,53	0,48	22,09	в.	д.
4	Длина освещенной части кроны	м	4,92	6,34	3,16	3,18	1,34	1,80	27,28	пв.	12,20	0,60	8,20	в.	н
5		%	65,80	87,00	37,00	50,00	21,30	453,70	32,37	в.	14,48	9,53	6,91	в.	н
6	Длина затененной части кроны	м	2,71	5,28	0,97	4,31	1,84	3,37	67,81	о.в.	30,32	0,82	3,30	в.	н
7		%	34,20	63,00	13,00	50,00	21,30	453,70	62,28	о.в.	27,85	9,53	3,59	в.	н
8	Протяженность кроны	м	7,63	8,44	6,72	1,72	0,65	0,42	8,48	н	3,79	0,29	26,37	в.	д.
9		%	71,60	75,00	68,00	7,00	3,21	10,30	4,48	о.н.	2,00	1,44	49,89	в.	0,00
10	Диаметр ствола, см		21,97	22,93	21,02	1,91	0,71	0,51	3,24	о.н.	1,45	0,32	69,00	в.	о.в.
11	Максимальный диаметр кроны, м		3,78	5,05	1,43	3,62	1,46	2,14	38,74	в.	17,32	0,65	5,77	в.	н
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		33,91	54,11	7,27	46,83	18,79	353,04	55,41	о.в.	24,78	8,40	4,04	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		19,25	22,67	11,96	10,71	4,25	18,06	22,08	пв.	9,88	1,90	10,13	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		53,15	75,55	19,24	56,32	21,89	479,35	41,19	о.в.	18,42	9,79	5,43	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		23,09	42,31	1,69	40,62	16,32	266,40	70,70	о.в.	31,62	7,30	3,16	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		7,71	11,71	2,83	8,88	3,33	11,06	43,12	о.в.	19,29	1,49	5,19	в.	н
17	Объем кроны, м ³		30,80	48,78	4,52	44,26	17,34	300,74	56,31	о.в.	25,18	7,76	3,97	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$		Точность опыта
	Конфликтный Сквер Панюковский V1 -возрастное												t _{фак}		
	M	M _{max}													
1	Высота штамба, м		0,42	0,53	0,32	0,21	0,07	0,01	17,29	с.	7,06	0,03	14,17	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		1,50	1,70	1,38	0,32	0,13	0,02	8,73	н	3,56	0,05	28,07	в.	д.
3	Высота дерева, м		2,60	3,28	2,21	1,07	0,40	0,16	15,34	с.	6,26	0,16	15,97	в.	н
4	Длина освещенной части кроны	м	1,10	1,79	0,65	1,14	0,41	0,17	37,46	в.	15,29	0,17	6,54	в.	н
5		%	48,83	60,00	34,00	26,00	9,00	80,97	18,43	с.	7,52	3,67	13,29	в.	н
6	Длина затененной части кроны	м	1,09	1,24	0,90	0,34	0,14	0,02	13,32	с.	5,44	0,06	18,39	в.	н
7		%	51,17	66,00	40,00	26,00	9,00	80,97	17,59	с.	7,18	3,67	13,93	в.	н
8	Протяженность кроны	м	2,18	2,96	1,68	1,28	0,46	0,21	21,14	пв.	8,63	0,19	11,59	в.	н
9		%	83,33	90,00	76,00	14,00	4,89	23,87	5,86	о.н.	2,39	1,99	41,78	в.	д.
10	Диаметр ствола, см		3,61	5,10	2,87	2,23	0,80	0,64	22,09	пв.	9,02	0,33	11,09	в.	н
11	Максимальный диаметр кроны, м		1,05	1,17	0,88	0,29	0,11	0,01	10,55	н	4,31	0,05	23,21	в.	д.
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		2,02	3,33	1,61	1,72	0,66	0,44	32,71	в.	13,36	0,27	7,49	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		2,00	2,52	1,67	0,85	0,33	0,11	16,77	с.	6,85	0,14	14,60	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		4,01	5,64	3,51	2,13	0,83	0,68	20,59	с.	8,41	0,34	11,90	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		0,31	0,60	0,23	0,37	0,14	0,02	44,87	о.в.	18,32	0,06	5,46	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		0,32	0,44	0,24	0,20	0,08	0,01	26,01	пв.	10,62	0,03	9,42	в.	н
17	Объем кроны, м ³		0,63	0,99	0,48	0,51	0,19	0,03	29,53	пв.	12,05	0,08	8,30	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$		Точность опыта
	Конфликтный Парк им. 1 Мая V 2-возрастное												t _{фак}		
	M	M _{max}													
1	Высота штамба, м		0,50	0,79	0,30	0,49	0,21	0,04	42,30	о.в.	21,15	0,11	4,73	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		1,79	2,20	1,41	0,79	0,33	0,11	18,36	с.	9,18	0,16	10,90	в.	н
3	Высота дерева, м		3,23	3,94	2,59	1,35	0,70	0,49	21,55	пв.	10,78	0,35	9,28	в.	н
4	Длина освещенной части кроны	м	1,45	2,02	0,85	1,17	0,53	0,28	36,60	в.	18,30	0,26	5,46	в.	н
5		%	52,50	69,00	36,00	33,00	13,53	183,00	25,77	пв.	12,88	6,76	7,76	в.	н
6	Длина затененной части кроны	м	1,29	1,69	0,91	0,78	0,38	0,15	29,81	пв.	14,91	0,19	6,71	в.	н
7		%	47,50	64,00	31,00	33,00	13,53	183,00	28,48	пв.	14,24	6,76	7,02	в.	н
8	Протяженность кроны	м	2,73	3,43	2,19	1,24	0,56	0,31	20,53	с.	10,26	0,28	9,74	в.	н
9		%	85,00	89,00	79,00	10,00	4,32	18,67	5,08	о.н.	2,54	2,16	39,35	в.	д.
10	Диаметр ствола, см		6,13	6,69	5,41	1,27	0,54	0,30	8,87	н	4,44	0,27	22,54	в.	д.
11	Максимальный диаметр кроны, м		1,42	1,49	1,34	0,15	0,07	0,00	4,90	о.н.	2,45	0,03	40,81	в.	д.
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		3,62	5,04	2,57	2,47	1,10	1,21	30,40	пв.	15,20	0,55	6,58	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		3,28	3,89	2,65	1,24	0,67	0,45	20,39	с.	10,19	0,33	9,81	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		6,90	7,79	5,61	2,18	1,06	1,12	15,35	с.	7,67	0,53	13,03	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		0,76	1,17	0,47	0,70	0,31	0,10	40,42	в.	20,21	0,15	4,95	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		0,67	0,85	0,50	0,35	0,18	0,03	26,81	пв.	13,41	0,09	7,46	в.	н
17	Объем кроны, м ³		1,43	1,70	1,09	0,61	0,28	0,08	19,41	с.	9,71	0,14	10,30	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое М	Максимальное значение M _{max}	Минимальное значение M _{min}	Размах вариации R	Стандартное отклонение σ	Дисперсия σ ²	Коэффициент вариации V, %	Уровень изменчивости	Точность опыта P, %	Ошибка среднего значения ±m	Достоверность среднего значения при t _{0,5} ≈ 2,04 < t _{фак}		
	Конфликтный УЗС g1 – 1 -возрастное												t _{фак}		
1	Высота штамба, м		1,46	1,62	1,05	0,57	0,23	0,05	15,86	с.	7,09	0,10	14,09	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		3,86	4,73	2,92	1,81	0,65	0,43	16,96	с.	7,58	0,29	13,19	в.	н
3	Высота дерева, м		5,36	6,65	4,01	2,64	1,01	1,03	18,92	с.	8,46	0,45	11,82	в.	н
4	Длина освещенной части кроны, м	м	1,50	2,70	-0,02	2,72	1,38	1,91	92,38	о.в.	41,31	0,62	2,42	в.	н
5		%	32,40	58,00	-1,00	59,00	29,72	883,30	91,73	о.в.	41,02	13,29	2,44	в.	н
6	Длина затененной части кроны,	м	2,40	3,19	1,87	1,32	0,50	0,25	20,80	с.	9,30	0,22	10,75	в.	н
7		%	67,60	101,00	42,00	59,00	29,72	883,30	43,97	о.в.	19,66	13,29	5,09	в.	н
8	Протяженность кроны,	м	3,90	5,03	2,47	2,56	1,04	1,07	26,60	пв.	11,89	0,46	8,41	в.	н
9		%	72,00	81,00	62,00	19,00	7,31	53,50	10,16	н	4,54	3,27	22,01	в.	д.
10	Диаметр ствола, см		8,15	8,92	7,64	1,27	0,53	0,28	6,54	о.н.	2,92	0,24	34,21	в.	д.
11	Максимальный диаметр кроны, м		2,80	3,33	2,40	0,93	0,39	0,15	13,77	с.	6,16	0,17	16,24	в.	н
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		10,04	14,22	4,87	9,35	3,93	15,46	39,16	в.	17,51	1,76	5,71	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		12,36	16,80	8,37	8,43	3,21	10,33	26,02	пв.	11,64	1,44	8,59	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		22,40	28,31	15,75	12,56	4,91	24,16	21,94	пв.	9,81	2,20	10,19	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		3,10	6,24	-0,03	6,27	2,94	8,65	94,71	о.в.	42,36	1,31	2,36	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		5,05	7,66	2,82	4,84	1,89	3,57	37,40	в.	16,72	0,84	5,98	в.	н
17	Объем кроны, м ³		8,15	12,39	4,01	8,38	3,17	10,05	38,88	в.	17,39	1,42	5,75	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$		Точность опыта
	Конфликтный Комсомольский проспект g1 – 2 - возрастное												t _{фак}		
	М	M _{max}													
1	Высота штамба, м		0,59	1,33	0,30	1,03	0,42	0,18	71,55	о.в.	29,21	0,17	3,42	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		2,19	2,71	1,75	0,96	0,37	0,14	16,84	с.	6,88	0,15	14,54	в.	н
3	Высота дерева, м		6,13	7,63	5,14	2,49	0,96	0,93	15,70	с.	6,41	0,39	15,60	в.	н
4	Длина освещенной части кроны	м	3,94	5,29	2,84	2,45	0,93	0,86	23,55	пв.	9,62	0,38	10,40	в.	н
5		%	70,67	84,00	62,00	22,00	8,82	77,87	12,49	н	5,10	3,60	19,62	в.	0,00
6	Длина затененной части кроны	м	1,60	2,41	1,01	1,40	0,48	0,23	29,92	пв.	12,21	0,20	8,19	в.	н
7		%	29,33	38,00	16,00	22,00	8,82	77,87	30,08	пв.	12,28	3,60	8,14	в.	н
8	Протяженность кроны	м	5,55	6,47	4,38	2,09	0,83	0,69	14,94	с.	6,10	0,34	16,39	в.	н
9		%	90,83	96,00	83,00	13,00	5,74	32,97	6,32	о.н.	2,58	2,34	38,75	в.	д.
10	Диаметр ствола, см		8,60	9,55	7,96	1,59	0,64	0,41	7,41	о.н.	3,02	0,26	33,07	в.	д.
11	Максимальный диаметр кроны, м		3,08	4,12	2,41	1,71	0,61	0,37	19,69	с.	8,04	0,25	12,44	в.	н
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		20,33	23,65	14,51	9,14	3,69	13,61	18,15	с.	7,41	1,51	13,50	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		11,12	16,64	6,88	9,76	4,19	17,55	37,67	в.	15,38	1,71	6,50	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		31,45	39,52	24,65	14,87	6,68	44,58	21,23	пв.	8,67	2,73	11,54	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		9,62	12,61	6,13	6,48	2,73	7,46	28,38	пв.	11,59	1,11	8,63	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		4,24	7,38	2,00	5,38	2,33	5,45	55,00	о.в.	22,46	0,95	4,45	в.	н
17	Объем кроны, м ³		13,87	19,80	8,97	10,84	4,68	21,91	33,76	в.	13,78	1,91	7,26	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$		Точность опыта
	Конфликтный Кача g2												t _{фак}		
			M	M _{max}	M _{min}	R	σ	σ ²	V,%		P,%	±m	t _{фак}		
1	Высота штамба, м		1,45	1,92	1,06	0,86	0,32	0,10	21,93	пв.	9,81	0,14	10,20	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		3,88	4,90	2,84	2,06	1,01	1,02	25,98	пв.	11,62	0,45	8,61	в.	н
3	Высота дерева, м		8,18	9,90	7,19	2,71	1,09	1,18	13,27	с.	5,94	0,49	16,85	в.	н
4	Длина освещенной части кроны	м	4,29	7,03	3,01	4,02	1,61	2,58	37,41	в.	16,73	0,72	5,98	в.	н
5		%	63,00	82,00	47,00	35,00	14,16	200,50	22,48	пв.	10,05	6,33	9,95	в.	н
6	Длина затененной части кроны	м	2,43	3,38	1,58	1,80	0,87	0,76	35,97	в.	16,09	0,39	6,22	в.	н
7		%	37,00	53,00	18,00	35,00	14,16	200,50	38,27	в.	17,11	6,33	5,84	в.	н
8	Протяженность кроны	м	6,72	8,61	5,48	3,13	1,19	1,42	17,71	с.	7,92	0,53	12,62	в.	н
9		%	82,00	87,00	74,00	13,00	5,00	25,00	6,10	о.н.	2,73	2,24	36,67	в.	д.
10	Диаметр ствола, см		16,43	17,52	15,92	1,59	0,66	0,44	4,02	о.н.	1,80	0,30	55,64	в.	о.в.
11	Максимальный диаметр кроны, м		3,46	4,63	3,02	1,61	0,67	0,44	19,25	с.	8,61	0,30	11,62	в.	н
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		26,46	53,80	17,77	36,03	15,48	239,58	58,50	о.в.	26,16	6,92	3,82	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		16,45	20,37	12,07	8,30	3,97	15,74	24,12	пв.	10,79	1,77	9,27	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		42,91	74,17	29,84	44,33	17,75	314,95	41,36	о.в.	18,50	7,94	5,41	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		15,47	39,43	8,19	31,25	13,48	181,73	87,11	о.в.	38,96	6,03	2,57	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		7,35	9,69	4,89	4,80	2,27	5,13	30,85	пв.	13,79	1,01	7,25	в.	н
17	Объем кроны, м ³		22,82	48,30	13,08	35,22	14,38	206,85	63,02	о.в.	28,18	6,43	3,55	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$		Точность опыта
	Критический Леруа Мерлет, ТРЦ Планета, ул. Королева V1 -виргинильное												t _{фак}		
	М	M _{max}													
1	Высота штамба, м		0,26	0,55	0,00	0,55	0,16	0,03	61,15	о.в.	15,29	0,04	6,54	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		1,05	1,82	0,60	1,22	0,40	0,16	37,96	в.	9,49	0,10	10,54	в.	н
3	Высота дерева, м		2,40	3,05	1,72	1,33	0,43	0,18	17,79	с.	4,45	0,11	22,48	в.	д.
4	Длина освещенной части кроны	м	1,34	1,89	0,82	1,07	0,27	0,07	20,01	с.	5,00	0,07	19,99	в.	0,00
5		%	64,19	87,00	39,00	48,00	12,87	165,76	20,06	с.	5,01	3,22	19,94	в.	0,00
6	Длина затененной части крон	м	0,79	1,36	0,28	1,08	0,38	0,14	47,57	о.в.	11,89	0,09	8,41	в.	н
7		%	35,81	61,00	13,00	48,00	12,87	165,76	35,95	в.	8,99	3,22	11,13	в.	н
8	Протяженность кроны	м	2,13	2,72	1,57	1,15	0,41	0,17	19,38	с.	4,85	0,10	20,64	в.	д.
9		%	88,88	100,00	79,00	21,00	6,53	42,65	7,35	о.н.	1,84	1,63	54,44	в.	о.в.
10	Диаметр ствола, см		3,46	3,82	3,18	0,64	0,26	0,07	7,41	о.н.	1,85	0,06	53,96	в.	о.в.
11	Максимальный диаметр кроны, м		1,15	1,85	0,91	0,94	0,23	0,05	19,77	с.	4,94	0,06	20,23	в.	д.
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		2,66	4,61	1,77	2,84	0,75	0,56	28,19	пв.	7,05	0,19	14,19	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		1,85	4,49	0,87	3,62	0,88	0,77	47,45	о.в.	11,86	0,22	8,43	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		4,51	9,10	3,30	5,81	1,46	2,12	32,28	в.	8,07	0,36	12,39	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		0,48	1,16	0,25	0,91	0,23	0,05	47,33	о.в.	11,83	0,06	8,45	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		0,30	1,11	0,07	1,04	0,25	0,06	83,39	о.в.	20,85	0,06	4,80	в.	н
17	Объем кроны, м ³		0,78	2,27	0,46	1,80	0,45	0,20	57,42	о.в.	14,36	0,11	6,97	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$		Точность опыта
	Критический Ул. 9 Мая V2 -виргинильное												t _{фак}		
	М	M _{max}													
1	Высота штамба, м		0,50	0,86	0,24	0,62	0,25	0,06	50,14	о.в.	20,47	0,10	4,88	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		1,89	3,12	0,96	2,16	0,74	0,55	39,06	в.	15,95	0,30	6,27	в.	н
3	Высота дерева, м		3,07	3,87	2,47	1,40	0,48	0,23	15,64	с.	6,39	0,20	15,66	в.	н
4	Длина освещенной части кроны, м	м	1,18	2,16	0,54	1,62	0,61	0,38	52,29	о.в.	21,35	0,25	4,68	в.	н
5		%	46,50	76,00	21,00	55,00	22,27	495,90	47,89	о.в.	19,55	9,09	5,11	в.	н
6	Длина затененной части кроны,	м	1,40	2,76	0,68	2,08	0,77	0,60	55,47	о.в.	22,65	0,32	4,42	в.	н
7		%	53,50	79,00	24,00	55,00	22,27	495,90	41,62	о.в.	16,99	9,09	5,88	в.	н
8	Протяженность кроны,	м	2,57	3,51	1,84	1,67	0,57	0,32	22,11	пв.	9,02	0,23	11,08	в.	н
9		%	83,50	91,00	68,00	23,00	9,22	85,10	11,05	н	4,51	3,77	22,17	в.	д.
10	Диаметр ствола, см		5,57	6,37	4,78	1,59	0,69	0,48	12,39	н	5,06	0,28	19,77	в.	д.
11	Максимальный диаметр кроны, м		1,25	1,47	0,99	0,48	0,17	0,03	13,55	с.	5,53	0,07	18,07	в.	н
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		2,71	4,34	1,14	3,20	1,28	1,64	47,16	о.в.	19,25	0,52	5,19	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		3,08	6,26	1,77	4,49	1,62	2,62	52,55	о.в.	21,45	0,66	4,66	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		5,79	8,51	3,88	4,64	1,73	2,99	29,85	пв.	12,19	0,71	8,21	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		0,51	0,94	0,14	0,81	0,32	0,10	62,04	о.в.	25,33	0,13	3,95	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		0,59	1,42	0,27	1,15	0,42	0,17	71,46	о.в.	29,18	0,17	3,43	в.	н
17	Объем кроны, м ³		1,10	1,80	0,57	1,23	0,46	0,21	41,87	о.в.	17,09	0,19	5,85	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости признака	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$		Точность опыта
	Критический Ботанический бульвар g1 – 1 – молодая генеративная особь												t _{фак}		
	М	M _{max}													
1	Высота штамба, м		0,73	0,91	0,58	0,33	0,13	0,02	18,44	с.	7,53	0,05	13,29	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		3,22	5,76	1,77	3,99	1,36	1,86	42,37	о.в.	17,30	0,56	5,78	в.	н
3	Высота дерева, м		4,23	5,78	2,60	3,18	1,15	1,31	27,09	пв.	11,06	0,47	9,04	в.	н
4	Длина освещенной части кроны	м	1,01	2,08	0,02	2,06	0,69	0,47	68,27	о.в.	27,87	0,28	3,59	в.	н
5		%	31,50	48,00	0,00	48,00	17,29	299,10	54,90	о.в.	22,41	7,06	4,46	в.	н
6	Длина затененной части кроны	м	2,49	5,17	1,04	4,13	1,43	2,03	57,21	о.в.	23,36	0,58	4,28	в.	н
7		%	68,50	100,00	52,00	48,00	17,29	299,10	25,25	пв.	10,31	7,06	9,70	в.	н
8	Протяженность кроны	м	3,50	5,19	1,87	3,32	1,22	1,49	34,81	в.	14,21	0,50	7,04	в.	н
9		%	81,33	90,00	72,00	18,00	7,42	55,07	9,12	н	3,72	3,03	26,85	в.	д.
10	Диаметр ствола, см		5,79	6,37	5,41	0,96	0,37	0,14	6,44	о.н.	2,63	0,15	38,06	в.	д.
11	Максимальный диаметр кроны, м		2,50	3,37	1,83	1,54	0,53	0,28	21,30	пв.	8,70	0,22	11,50	в.	н
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		6,66	8,92	5,31	3,61	1,31	1,71	19,62	с.	8,01	0,53	12,49	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		11,78	28,77	6,06	22,71	8,48	71,85	71,98	о.в.	29,38	3,46	3,40	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		18,43	37,69	11,64	26,05	9,60	92,19	52,09	о.в.	21,26	3,92	4,70	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		1,33	1,87	0,06	1,81	0,68	0,46	50,91	о.в.	20,78	0,28	4,81	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		4,83	15,36	1,59	13,77	5,22	27,28	108,22	0,00	44,18	2,13	2,26	в.	н
17	Объем кроны, м ³		6,16	15,42	2,87	12,56	4,62	21,33	75,02	о.в.	30,63	1,89	3,27	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариаций	Уровень изменчивости признака	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$		Точность опыта
	Критический Красмаш, Бадалык g_{1-2} – молодая генеративная особь												$t_{фак}$		
	М	M_{max}													
1	Высота штамба, м		0,78	1,32	0,23	1,09	0,36	0,13	46,32	о.в.	16,38	0,13	6,11	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		2,69	3,49	2,04	1,45	0,57	0,33	21,24	пв.	7,51	0,20	13,31	в.	н
3	Высота дерева, м		6,00	6,72	5,26	1,46	0,48	0,23	7,95	0,00	2,81	0,17	35,59	в.	д.
4	Длина освещенной части кроны, м	м	3,31	3,62	2,91	0,71	0,27	0,07	8,03	н	2,84	0,09	35,21	в.	д.
5		%	64,50	79,00	49,00	30,00	9,90	98,00	15,35	с.	5,43	3,50	18,43	в.	н
6	Длина затененной части кроны,	м	1,92	3,05	0,82	2,23	0,74	0,54	38,44	в.	13,59	0,26	7,36	в.	н
7		%	35,50	51,00	21,00	30,00	9,90	98,00	27,89	пв.	9,86	3,50	10,14	в.	н
8	Протяженность кроны,	м	5,23	6,19	3,94	2,25	0,71	0,50	13,50	с.	4,77	0,25	20,95	в.	д.
9		%	86,88	96,00	75,00	21,00	6,73	45,27	7,74	о.н.	2,74	2,38	36,52	в.	д.
10	Диаметр ствола, см		8,12	9,24	6,69	2,55	0,93	0,87	11,48	н	4,06	0,33	24,64	в.	д.
11	Максимальный диаметр кроны, м		2,88	3,27	2,47	0,80	0,26	0,07	8,95	н	3,17	0,09	31,59	в.	д.
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		16,35	19,74	14,80	4,94	1,60	2,56	9,79	н	3,46	0,57	28,90	в.	д.
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		11,14	16,25	6,90	9,35	3,55	12,59	31,85	в.	11,26	1,25	8,88	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		27,49	35,99	21,69	14,30	4,65	21,67	16,93	с.	5,99	1,65	16,71	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		7,22	9,74	5,76	3,97	1,22	1,49	16,90	с.	5,98	0,43	16,73	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		4,32	7,58	1,97	5,61	2,17	4,73	50,28	о.в.	17,78	0,77	5,63	в.	н
17	Объем кроны, м ³		11,54	17,32	7,81	9,51	3,10	9,63	26,88	пв.	9,50	1,10	10,52	в.	н

Продолжение приложения 1

№	Тип условий произрастания / «Адрес» объекта / Возрастное состояние		Ср. арифметическое значение	Максимальное значение	Минимальное значение	Размах вариации	Стандартное отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Уровень изменчивости	Точность опыта	Ошибка среднего значения	Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{\text{фак}}$		Точность опыта
	Критический Светлогорский переулок g2 – средневозрастная генеративная особь												t _{фак}		
	М	M _{max}													
1	Высота штамба, м		2,05	2,66	1,22	1,44	0,51	0,26	24,78	пв.	10,12	0,21	9,89	в.	н
2	Высота до макс. диаметра кроны, м		4,48	5,03	3,61	1,42	0,56	0,31	12,50	н	5,11	0,23	19,59	в.	н
3	Высота дерева, м		7,49	8,14	6,61	1,53	0,55	0,30	7,34	о.н.	3,00	0,22	33,37	в.	д.
4	Длина освещенной части кроны, м	м	3,01	3,98	1,58	2,40	0,91	0,83	30,39	пв.	12,41	0,37	8,06	в.	н
5		%	55,33	75,00	36,00	39,00	16,55	273,87	29,91	пв.	12,21	6,76	8,19	в.	н
6	Длина затененной части кроны,	м	2,43	3,50	1,30	2,20	0,93	0,86	38,28	в.	15,63	0,38	6,40	в.	н
7		%	44,67	64,00	25,00	39,00	16,55	273,87	37,05	в.	15,13	6,76	6,61	в.	н
8	Протяженность кроны,	м	5,44	6,43	4,41	2,02	0,69	0,48	12,76	н	5,21	0,28	19,20	в.	н
9		%	72,50	83,00	66,00	17,00	6,92	47,90	9,55	н	3,90	2,83	25,66	в.	д.
10	Диаметр ствола, см		15,18	16,88	14,01	2,87	1,04	1,08	6,85	о.н.	2,80	0,42	35,75	в.	д.
11	Максимальный диаметр кроны, м		3,29	4,05	2,81	1,24	0,47	0,22	14,39	с.	5,88	0,19	17,02	в.	н
12	Площадь освещенной поверхности кроны, м ²		17,99	24,78	9,33	15,45	5,34	28,49	29,68	пв.	12,12	2,18	8,25	в.	н
13	Площадь затененной поверхности кроны, м ²		15,61	23,54	8,82	14,72	5,72	32,67	36,63	в.	14,95	2,33	6,69	в.	н
14	Площадь поверхности кроны, м ²		33,59	48,33	23,27	25,06	8,71	75,88	25,93	пв.	10,59	3,56	9,45	в.	н
15	Объем освещенной части кроны, м ³		8,78	14,29	3,26	11,03	3,70	13,71	42,17	о.в.	17,22	1,51	5,81	в.	н
16	Объем затененной части кроны, м ³		7,27	13,31	2,84	10,46	4,02	16,18	55,31	о.в.	22,58	1,64	4,43	в.	н
17	Объем кроны, м ³		16,05	27,60	9,11	18,49	6,59	43,40	41,04	о.в.	16,76	2,69	5,97	в.	н

Условные обозначения в приложении 1.

Уровень изменчивости признака: о.н. (очень низкий), н. (низкий), с (средний), п. (повышенный), в (высокий), о.в. (очень высокий).

Достоверность среднего значения при $t_{0,5} = 2,04 < t_{фак}$: если $t_{фак} > t_{табл}$ ($t_{0,5} = 2,04$), то уровень достоверности результатов – в (высокий).

Точность опыта: при $P > 5\%$ - н. (низкая), при $P < 5\%$ - д. (допустима), при $P < 2\%$ - в. (высокая)

Интегральная оценка состояния фитосреды на локальном уровне

Раздел экологии	Экологические факторы, влияющие на изменения фитосреды Тип условий произрастания – удовлетворительный	Экологическая нагрузка фактора, баллы	Объекты озеленения (название, номер, "адрес")		
			пос. Удачный	Ботанический бульвар	СФУ
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, 3 - 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:	4			
	крутизна склона 30% + южные экспозиции				
	Размещение насаждений ниже по рельефу относительно промпредприятий и автодорог	4	4	4	

Урбоэкология - область экологических знаний, изучающий процесс урбанизации и его влияние на окружающую среду	Техногенные:				
	Фоновое состояние окружающей среды города				
	I- удовлетворительное	15	15	15	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	15	15	
	3000 - 15000	35			35
	15000 - 45000	45			
	45000 и более	60			
	Усиление нагрузки от автотранспортного пресса:	2			
	на светофорах, пешеходных переходах				
	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 проез. части	2	2	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		2	
	брусчатка	1	1		
	Размещение насаждений на расстоянии	2	2		
	от зданий и сооружений до 5 м				
	от края тротуара до 2 м	1	1		

Продолжение приложения 2

от опор освещения до 4 м	2			
от подземных сетей до 2 м	2			
Снижение освещенности от зданий и сооружений	1			
на 30%				
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	4		
Вытаптываемость травяного покрова	2			
Прямое воздействие населения на растения: поломка, срывание соцветий и плодов	2			
Наличие непредусмотренной тропиной сети	2			
Превышение максимальной плотности посещений в перерасчете на 1 га (городские леса - 5 чел./га; лесопарки - 10 чел./га; парки - 100 чел./га; сады - 200 чел./га; скверы, бульвары - 300 чел./га) до 10%	2			
от 10 до 30%	3			
более 30%	5			
Санитарное состояние территории (замусоренность территории, нарушенность территории, агрессивность и безопасность)				
до 10%	1	1	1	
от 10 до 50%	3			
более 50%	5			

Продолжение приложения 2

Раздел экологии	Факторы экологического состояния городской среды	Баллы	пос. Удачный	Ботанический бульвар	СФУ
Ландшафтная	Ландшафтные		4	4	0
Урбоэкология	Техногенные (фоновое состояние среды)		15	15	15
	Автотранспортные		17	17	35
	Градостроительные		4	2	0
	Рекреационные		5	1	0
ИТОГО			45	39	50
Оценка местопроизрастания растений	Тип градорастительных условий		I - удовлетворительный	I - удовлетворительный	I - удовлетворительный
			I	I	I

Продолжение приложения 2

Раздел экологии	Экологические факторы, влияющие на изменения фитосреды Тип условий произрастания – удовлетворительный	Экологическая нагрузка фактора, баллы	Объекты озеленения (название, номер, "адрес")					
			Цирк	Парк имени 1 Мая	Ботанический бульвар	Сквер Мебелева	УЗС	Ярыгинский проезд
Ландшафтная экология, сферой исследования которой являются локальные, региональные, зональные, глобальные, экосистемные, 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, 3 - 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:	4						
	крутизна склона 30% + южные экспозиции							
	Размещение насаждений ниже по рельефу относительно промпредприятий и автодорог	4	4	4	4	4	4	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	35	35	35	35	35	5
	III - конфликтное	45						
	IV - критическое	60						
	Автотранспортные:							
	Валовой выброс вредных веществ от автотранспорта пропорционален плотности транспортного потока , авт./сут.							
	0 - 3000	15		15				
	3000 - 15000	35	35		35	35	35	35
	15000 - 45000	45						
	45000 и более	60						
	Усиление нагрузки от автотранспортного прессы:	2						
	на светофорах, пешеходных переходах							
	на остановках общественного транспорта	2				2		
	в не продуваемых "карманах"	2						
	на магистралях с грузовым движением	2				2	2	
	на участках с низким качеством дорожного полотна	2						2
	в местах образования "пробок"	2					2	
	размещение насаждений на расстоянии до 25 м от проезжей части	2	2	2	2	2	2	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	2	2	2	2	2	2
брусчатка	1						
Размещение насаждений на расстоянии	2	2		2			
от зданий и сооружений до 5 м							
от края тротуара до 2 м	1	1	1			1	
от опор освещения до 4 м	2		2				
от подземных сетей до 2 м	2						
Снижение освещенности от зданий и сооружений на 30%	1		1	1			
на 70%	2						
на 100%	3						
Плотность посадок							
загущенные (расстояния между растениями до 2 м)	3						
разряженные (расстояния между растениями свыше 8м)	2		2				
Наличие дополнительного искусственного вечернего освещения 1м от насаждения	3		3				
Рекреационные:							
Размещение элементов благоустройства (киоски, павильоны) ближе 5 м от растений	4	4					
Вытаптываемость травяного покрова	2						
Прямое воздействие населения на растения: поломка, срывание соцветий и плодов	2		2	2			2

Наличие непредусмотренной тропиночной 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		2				
от 10 до 30%	3						
более 30%	5						
Санитарное состояние территории (замусоренность территории, нарушенность территории, агрессивность и безопасность)			1				
до 10%	1	1	1				
от 10 до 50%	3						
более 50%	5						5

Продолжение приложения 2

Раздел экологии	Факторы экологического состояния городской среды	Баллы	Цирк	Парк имени 1 Мая	Ботанический бульвар	Сквер Мебелева	УЗС	Ярыгинский проезд
Ландшафтная	Ландшафтные		4	4	4	4	4	4
Урбоэкология	Техногенные (фоновое состояние среды)		35	35	35	35	35	5
	Автотранспортные		37	17	37	41	41	39
	Градостроительные	5	11	5	2	3	2	
	Рекреационные	5	6	2	0	0	7	
ИТОГО			86	73	83	82	83	57
Оценка местопроизрастания растений	Тип градостроительных условий	II - напряженный	II - напряженный	II - напряженный	II - напряженный	II - напряженный	II - напряженный	II - напряженный
		II	II	II	II	II	II	II

Раздел экологии	Экологические факторы, влияющие на изменения фитосреды	Экологическая нагрузка фактора, баллы	Объекты озеленения (название, номер, "адрес")					
			Сквер Паноковский	Парк имени 1 Мая	УЗС	Комсомольский проспект	Кача	
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	3	3	3	3	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, 3 - В	1			1		1	
	С - Ю	2						
	СЗ - ЮВ	3				3		
	Пространственная ориентация улиц - изменение температурных условий (перегрев насаждений):							
	З - В, ЮЗ - СВ	3			3		3	
	ЮВ - СЗ	1				1		
	Орографические:							
	сочетание сложности рельефа с экспозицией склонов:	4						
	крутизна склона 30% + южные экспозиции							
	Размещение насаждений ниже по рельефу относительно промпредприятий и автодорог	4	4	4	4	4	4	

Урбоэкологи я - область экологически х 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	45	45	45	45	45
	IV - критическое	60					
	Автотранспортные:						
	Валовой выброс вредных веществ от автотранспорта пропорционален плотности транспортного потока,						
	0 - 3000 авт./сут.	15					
	3000 - 15000	35	35	35	35	35	35
	15000 - 45000	45					
	45000 и более	60					
	Усиление нагрузки от автотранспортного пресса:	2					
	на светофорах, пешеходных переходах						
	на остановках общественного транспорта	2				2	
	в не продуваемых "карманах"	2		2			
	на магистралях с грузовым движением	2	2	2	2	2	
	на участках с низким качеством дорожного полотна	2					2
	в местах образования "пробок"	2			2	2	
	размещение насаждений на расстоянии до 25 м от проезжей части	2	2	2	2	2	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	2	2	2	2	2

Продолжение приложения 2

брусчатка	1					
Размещение насаждений на расстоянии	2	2			2	
от зданий и сооружений до 5 м						
от края тротуара до 2 м	1	1	1	1	1	1
от опор освещения до 4 м	2	2	2	2	2	2
от подземных сетей до 2 м	2					
Снижение освещенности от зданий и сооружений	1	1	1		1	
на 30%						
на 70%	2					
на 100%	3					
Плотность посадок						
загущенные (расстояния между растениями до 2 м)	3					
разряженные (расстояния между растениями свыше 8 м)	2	2	2			
Наличие дополнительного искусственного вечернего освещения 1м от насаждения	3	3	3	3	3	3
Рекреационные:						
Размещение элементов благоустройства (киоски, павильоны) ближе 5 м от растений	4		4		4	
Вытаптываемость травяного покрова	2	2				
Прямое воздействие населения на растения: поломка, срывание соцветий и плодов	2	2	2	2		2
Наличие непредусмотренной тропиной сети	2	2	2		2	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	2				2
от 10 до 30%	3	3	3			
более 30%	5			5	5	

Продолжение приложения 2

	Санитарное состояние территории (замусоренность территории, нарушенность территории, агрессивность и безопасность)						
	до 10%	1	1			1	
	от 10 до 50%	3		3	3		3
	более 50%	5					
Раздел экологии	Факторы экологического состояния городской среды	Баллы	Сквер Панюковски	Парк имени 1 Мая	УЗС	Комсомольский проспект	Кача
Ландшафтная	Ландшафтные		7	7	11	11	11
Урбоэкология	Техногенные (фоновое состояние среды)		45	45	45	45	45
	Автотранспортные		39	41	41	43	39
	Градостроительные		13	11	8	11	8
	Рекреационные		12	14	10	12	9
ИТОГО			116	118	115	122	112
Оценка местопроизрастания растений	Тип градорастительных условий		III - конфликтный	III - конфликтный	III - конфликтный	III - конфликтный	III - конфликтный
			III	III	III	III	III

Раздел экологии и	Экологические факторы, влияющие на изменения фитосреды	Экологическая нагрузка фактора, баллы	Объекты озеленения (название, номер, "адрес")								Примечания, особые условия
			ул. Королева	ТРЦ "Планета"	Леруа Мерлен	ул. 9 Мая	Ботанический бульвар	Бадалык	Светлогорский	Красмаш	
Ландшафтная экология, сферой исследования которой являются локальные, региональные, зональные, глобальные, экосистемные, 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								3	
	на 50%	5				5					
	на 75%	7	7	7	7		7	7	7		
	на 100%	10									
	Микроклиматические										
	Ветровые условия - сочетание господствующего (для Красноярска - юго-западного) направления ветра и ориентации улиц										
	ЮЗ-СВ, 3 - В	1		1	1	1	1	1	1	1	
	С - Ю	2									
	СЗ - ЮВ	3	3								
	Пространственная ориентация улиц - изменение температурных условий (перегрев насаждений):										
	3 - В, ЮЗ - СВ	3		3	3	3	3	3	3	3	
ЮВ - СЗ	1	1									

	Орографические:										
	сочетание сложности рельефа с экспозицией склонов:	4									
	крутизна склона 30% + южные экспозиции										
	Размещение насаждений ниже по рельефу относительно промпредприятий и автодорог	4	4	4	4	4	4	4	4	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	60	60	60	60	60	60	60	60	
	Автотранспортные:										
	Валовой выброс вредных веществ от автотранспорта пропорционален плотности транспортного потока, авт./сут.										
	0 - 3000	15									
	3000 - 15000	35					35				
	15000 - 45000	45						60	45		
	45000 и более	60	60	60	60	60				60	
Усиление нагрузки от автотранспорта от пресса:	2	2	2	2	2	2	2		2		
на светофорах, пешеходных переходах											

Продолжение приложения 2

[illegible]

Продолжение приложения 2

	брусчатка	1									
	Размещение насаждений на расстоянии	2	2		2	2	2				
	от зданий и сооружений до 5 м										
	от края тротуара до 2 м	1	1	1	1	1	1	1			
	от опор освещения до 4 м	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	от подземных сетей до 2 м	2									
	Снижение освещенности от зданий и сооружений	1	1	1	1	1				1	
	на 30%										
	на 70%	2					2		2		
	на 100%	3									
	Плотность посадок										
	загущенные (расстояния между растениями до 2 м)	3					3		3		
	разряженные (расстояния между растениями свыше 8 м)	2	2							2	
	Наличие дополнительного искусственного вечернего освещения 1м от насаждения	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Рекреационные:										
	Размещение элементов благоустройства (киоски, павильоны) ближе 5 м от растений	4	4	4	4		4	4			

Продолжение приложения 2

	Вытаптываемость травяного покрова	2		2	2	2	4	2	2		
	Прямое воздействие населения на растения: поломка, срывание соцветий и плодов	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Наличие непредусмотренн ой тропинойч сети	2		2	2	2	6		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							2		
	от 10 до 30%	3	3								
	более 30%	5		5	5	5	10	5	5	5	
	Санитарное состояние территории (замусоренность территории, нарушенность территории, агрессивность и безопасность)										
	до 10%	1	1								
	от 10 до 50%	3		3		3					
	более 50%	5	5		5		5	5	5	5	

Продолжение приложения 2

[illegible]

Приложение 3

Дополнительный ассортимент видов для создания ландшафтных композиций с участием сосны обыкновенной на городских объектах озеленения

Тип условий произрастания: I – удовлетворительный II – напряженный, III – конфликтный, IV – критический

Размеры растений по: **Коропачинский, 2014; ***Каталог Древесных растений, 2017; ****Каталог Многолетников, 2015

Соответствие условиям среды + соответствие; – не соответствие, ± - пограничные условия (зона риска)

№	Названия растений, морфометрические параметры: высота дерева (h), м; диаметр кроны (d _{кр.}), м	Тип условий произрастания			
		I	II	III	IV
	ПЕРВЫЙ ЯРУС – деревья первой величины – улучшение почвенно-климатических условий на объекте, создают притенение				
1	Сосна кедровая сибирская, кедр сибирский (<i>Pinus sibirica</i> = <i>P. cembra</i> var. <i>sibirica</i>) ***Высота дерева (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	± 40,0 2,0	±	±	–
	ВТОРОЙ ЯРУС - деревья второй группы – улучшение почвенно-климатических условий на объекте				
2	Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.) Сорт “Aurea” ***Высота дерева (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 10,0 7,0	+	±	±
34	Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.) Сорт “Fastigiata” ***Высота дерева (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 10,0 1,2	+	±	±
5	Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.) Сорт “Glaucia” ***Высота дерева (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 15,0 8,0	+	±	±
	ТРЕТИЙ ЯРУС - многоствольные деревья, высокие кустарники – защита внутреннего пространства от перепадов температур, потери влаги, влияния сильных ветров (эффект опушки)				
6	Туя западная (<i>Thuja occidentalis</i>) Сорт “Columna” ***Высота дерева (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 5,0 - 8,0 1,5	+	±	±
	ЧЕТВЕРТЫЙ ЯРУС – средние кустарники – защита внутреннего пространства от перепадов температур, потери влаги, влияния сильных ветров (эффект опушки)				
7	Ель колючая ф. сизая (<i>Picea pungens</i> f. <i>glaucia</i>) Сорт “Waldbrunn” ***Высота дерева (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,8 1,0	+	+	±
8	Ель колючая ф. сизая (<i>Picea pungens</i> f. <i>glaucia</i>) Сорт “Glaucia Globosa” ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 1,5 - 2,0 2,0 - 3,0	+	+	±

Продолжение приложения 3

9	Сосна горная ф. пумилио (<i>Pinus mugo var. pumilio</i>) Сорт "Gnom" ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	2,5 - 3,0 1,5 - 2,5	+	±	±
10	Сосна горная ф. пумилио (<i>Pinus mugo var. pumilio</i>) Сорт "Mini Mops" ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	0,4 1,0	+	±	±
11	Можжевельник горизонтальный (<i>Juniperus horizontalis</i>) Сорт "Blue Forest" ***Высота дерева (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	0,3 1,2	+	+	±
12	Сосна горная ф. пумилио (<i>Pinus mugo var. pumilio</i>) Сорт "Benjamin" ***Высота дерева (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	1,0 1,0	+	±	±
13	Сосна горная ф. пумилио (<i>Pinus mugo var. pumilio</i>) Сорт "Mops" ***Высота дерева (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	1,5 - 2,0 1,5 - 2,0	+	±	±
14	Сосна горная ф. пумилио (<i>Pinus mugo var. pumilio</i>) Сорт "Gnom Findling" ***Высота дерева (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	2,0-3,0 1,5-2,0	+	±	±
15	Сосна горная ф. могус (<i>Pinus mugo subsp. mugo</i>) ***Высота дерева (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	2,0 - 3,0 4,0	+	±	±
16	Туя западная (<i>Thuja occidentalis</i>) Сорт "Danica Aurea" ***Высота дерева (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	0,6 1,0	+	±	±
17	Туя западная (<i>Thuja occidentalis</i>) Сорт "Golden Globe" ***Высота дерева (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	0,8 - 1,0 0,8		±	±
18	Туя западная (<i>Thuja occidentalis</i>) Сорт "Globosa" ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	1,2 1,0	+	±	±
19	Туя западная (<i>Thuja occidentalis</i>) Сорт "Smaragd" ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	4,0 - 6,0 1,0 - 1,8	+	±	±

Продолжение приложения 3

20	Барбарис Тунберга (<i>Berberis thunbergii</i>) Сорт <i>Atropurpurea</i> ***Высота кустарника (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	+
		1,5 2,0-2,5			
21	Барбарис обыкновенный “ <i>Atropurpurea</i> ” (<i>Berberis vulgaris</i> “ <i>Atropurpurea</i> ”) ***Высота кустарника (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	+
		2,0 2,0			
22	Барбарис обыкновенный f. <i>lutea</i> (<i>Berberis vulgaris</i> f. <i>lutea</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	+
		2,5 - 3,0 1,5 - 2,0			
23	Барбарис обыкновенный f. <i>alba</i> (<i>Berberis vulgaris</i> f. <i>alba</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	+
		2,5 1,5 - 2,0			
24	Барбарис Тунберга “ <i>Green Ornament</i> ” (<i>Berberis thunbergii</i> “ <i>Green Ornament</i> ”) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	+
		1,0 - 1,5 1,5 - 2,0			
25	Барбарис Тунберга “ <i>Golden Carpet</i> ” (<i>Berberis thunbergii</i> “ <i>Golden Carpet</i> ”) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	+
		1,0 1,0 - 1,5			
26	Барбарис Тунберга “ <i>Darts Red Lady</i> ” (<i>Berberis thunbergii</i> “ <i>Darts Red Lady</i> ”) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	+
		0,8 - 1,0 0,8 - 1,0			
27	Бузина черная (<i>Sambucus nigra</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	+
		4,0 2,0			
28	Бузина сибирская (<i>Sambucus racemosa</i> L.) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	+
		2,0 - 4,0 2,0 - 3,0			
29	Гортензия метельчатая (<i>Hydrangea paniculata</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	+
		2,5 2,0			
30	Гортензия древовидная (<i>Hydrangea arborescens</i>) Сорт “ <i>Annabelle</i> ” ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	+
		1,6 - 1,8 6,0			
31	Гортензия метельчатая (<i>Hydrangea paniculata</i>) Сорт “ <i>Sundae Fraise</i> ” ***Высота кустарника (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+	+	+	+
		1,0 1,0			

Продолжение приложения 3

32	Гортензия метельчатая (<i>Hydrangea paniculata</i>) Сорт "Bombshell" ***Высота кустарника (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,7-0,9 0,7	+	+	+
33	Гортензия метельчатая (<i>Hydrangea paniculata</i>) Сорт "Dentelle De Gorron" ***Высота кустарника (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 2,3-2,5 2,0	+	+	+
34	Ирга круглолистная, или обыкновенная (<i>Amelanhier spicata</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 2,0 1,7	+	+	+
35	Лапчатка кустарниковая, или курильский чай кустарниковый (<i>Potentilla fruticosa</i> , <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>Dasiphora fruticosa</i>) Сорт "Abbotswood" ***Высота кустарника (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 1,0 1,3	+	+	+
36	Лапчатка кустарниковая, или курильский чай кустарниковый (<i>Potentilla fruticosa</i> , <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>Dasiphora fruticosa</i>) Сорт "Daydawn" ***Высота кустарника (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,6-0,8 0,6	+	+	+
37	Лапчатка кустарниковая, или курильский чай кустарниковый (<i>Potentilla fruticosa</i> , <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>Dasiphora fruticosa</i>) Сорт "New Dawn" ***Высота кустарника (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,8-0,9 1,3-1,4	+	+	+
38	Лапчатка кустарниковая, или курильский чай кустарниковый (<i>Potentilla fruticosa</i> , <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>Dasiphora fruticosa</i>) Сорт "Lovely Pink = "Pink Beauty " ***Высота кустарника (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,5-0,7 0,7	+	+	+
39	Лапчатка кустарниковая, или курильский чай кустарниковый (<i>Potentilla fruticosa</i> , <i>Pentaphylloides fruticosa</i> , <i>Dasiphora fruticosa</i>) Сорт "Princess" ***Высота кустарника (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,6-0,8 1,2	+	+	+
40	Пузыреплодник калинолистный, или спирея калинолистная (<i>Physocarpus opulifolius</i> = <i>Spiraea opulifolius</i>) Сорт "Lady in Red" ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 1,5 1,5	+	+	+

Продолжение приложения 3

41	Пузыреплодник калинолистный, или спирея калинолистная (<i>Physocarpus opulifolius</i> = <i>Spiraea opulifolius</i>) Сорт "Angel Gold" ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 1,5 - 2,0 1,5	+	+	+
42	Пузыреплодник калинолистный, или спирея калинолистная (<i>Physocarpus opulifolius</i> = <i>Spiraea opulifolius</i>) Сорт "Diabolo" ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 2,5 - 3,0 2,5	+	+	+
43	Роза иглистая (<i>Rosa acicularis</i> Lind) **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	+	+	+
44	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	+	+	+
45	Роза морщинистая (<i>Rosa rugose</i> Thunb) Сорт "Alba" **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 1,5 - 2,0 2,0 1,5 - 2,0 2,0	+	+	+
46	Роза морщинистая (<i>Rosa rugose</i> Thunb) Сорт "Rubra" **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 1,5 - 2,0 2,0 1,5 - 2,0 2,0	+	+	+
47	Роза морщинистая (<i>Rosa rugose</i> Thunb) Сорт "Hansa" **Высота (h), м **Диаметр кроны (d _{кр.}), м ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 1,5 - 2,0 2,0 1,5 - 2,0 2,03	+	+	+
48	Снежнаягодник белый, кистевой (<i>Symphoricarpos albus</i> = <i>S. racemosus</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,8 - 1,0 1,0	+	+	+
49	Спирея Дугласа (<i>Spiraea douglasii</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 1,0 - 1,5 1,0	+	+	+
50	Спирея серая пепельная (<i>Spiraea</i> × <i>cinerea</i>) ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 2,0 2,0	+	+	+

51	Спирея японская (<i>Spiraea japonica</i> = <i>S. × bumalda</i>) Сорт “Albiflora” ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,5 - 0,8 1,0	+	+	+
52	Спирея японская (<i>Spiraea japonica</i> = <i>S. × bumalda</i>) Сорт “Golden Princess” ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,5 1,0	+	+	+
53	Спирея японская (<i>Spiraea japonica</i> = <i>S. × bumalda</i>) Сорт “Bullata” ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,4 0,8	+	+	+
54	Туя западная (<i>Thuja occidentalis</i>) Сорт “Globosa Nana” ***Высота (h), м ***Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 0,3 0,3		±	±
55	Голубика, или голубика обыкновенная (<i>Vaccinium uliginosum</i>) [https://ru.wikipedia.org/wiki/Голубика] Высота кустарника (h), м Диаметр кроны (d _{кр.}), м	+ 1,5 1,8	±	±	±
ПЯТЫЙ ЯРУС – низкие кустарники (кустарнички), папоротники, многолетние травянистые растения					
56	Брусника (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>) [https://ru.wikipedia.org/wiki/Брусника] Высота (h), м Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,15 - 0,2 1 - 2		±	±
57	Черника, или черника обыкновенная, или черника миртолистная (<i>Vaccinium myrtillus</i>) ****Высота кустарника (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,1 - 0,5 1 - 2		±	±
58	Тимьян ранний (<i>Thymus praecox</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	0,005 - 0,1 11 - 16			
59	Тимьян лимоннопахнущий (<i>Thymus × citriodorus</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,15 - 0,3 9 - 11	+	+	+
60	Медуница гибридная (<i>Pulmonaria × hybrida</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,3 9	+	+	+
61	Медуница длиннолистная (<i>Pulmonaria longifolia</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,3 - 0,4 9	+	+	+
62	Ветреница войлочная (<i>Anemone tomentosa</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,5 - 0,6 9	+	+	+
63	Примула, или первоцвет (<i>Primula</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,1 - 0,3 9 - 16	+	+	+

64	Многоножка обыкновенная, или сладкий папоротник (<i>Polypodium vulgare</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,2 9-11	+	+	+
ШЕСТОЙ ЯРУС - травянистые растения, почвопокровные – защита почвы от эрозии, чрезмерного испарения влаги, перегрева, переохлаждения					
65	Очиток Эверса (<i>Sedum ewerssi</i> Lebel) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,1 - 0,25 5 - 7	+	+	+
66	Молочай Гриффита (<i>Euphorbia griffithii</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,5 - 0,8 5 - 6	+	+	+
67	Молочай миртолистный (<i>Euphorbia myrsinites</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,25 9 - 11	+	+	+
68	Молочай многоцветный (<i>Euphorbia polychrome</i> = <i>E. lingulata</i> = <i>E. epithymoides</i>) ****Высота (h), м ****Количество штук на м ² (n _{кр.})	+ 0,5 - 0,7 6	+	+	+